

ЛЕКЦИЯ 5

ПРОСТЫЕ ФОРМЫ КРИСТАЛЛОВ (низших и средних сингоний) ОБЛИК и ГАБИТУС



Разминка



Немного повторим

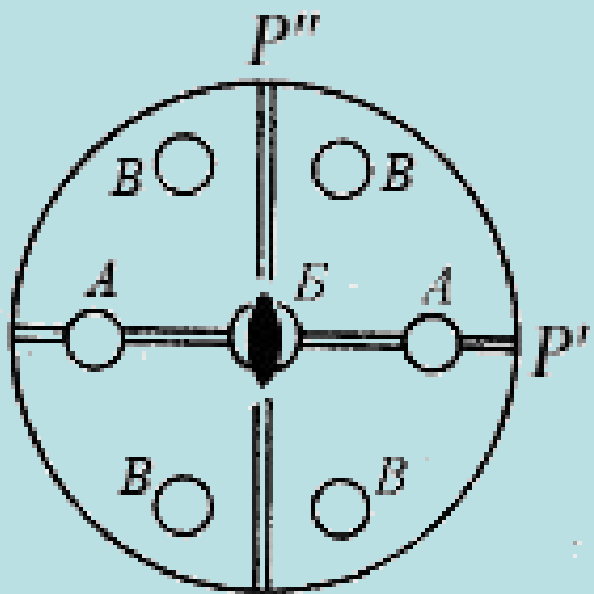
Семейство граней, взаимосвязанных всеми симметрическими операциями точечной группы (класса) симметрии называют простой формой кристалла.

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:

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



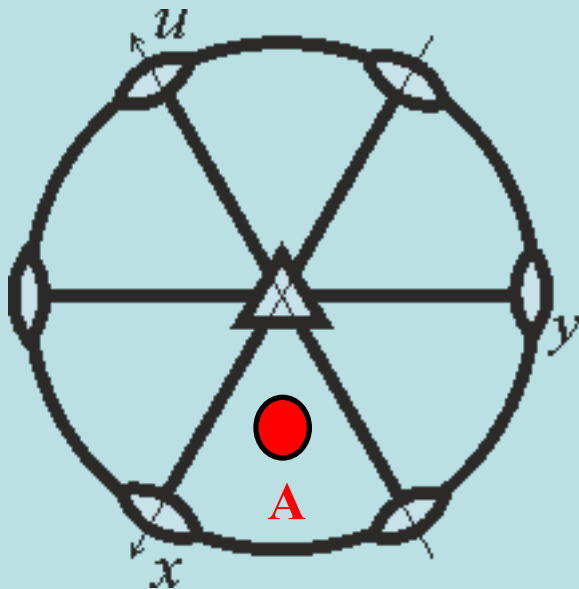
А – собственная симметрия грани m ,
величина собственной симметрии – 2,
количество граней – $4 : 2 = 2$

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

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

Грань частного положения:

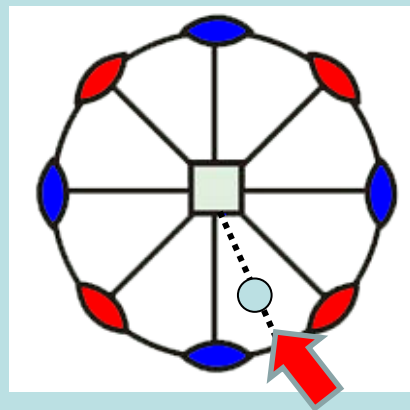
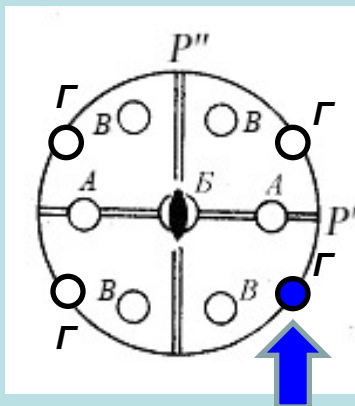
- Перпендикулярна **особому** направлению
- Параллельна **особому** направлению
- **Равнонаклонна к эквивалентным** особым направлениям



Грань A - частная, так как **равнонаклонна к эквивалентным** осям симметрии L_2 (x и $-u$) (кстати она еще и параллельна L_{2y})

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.



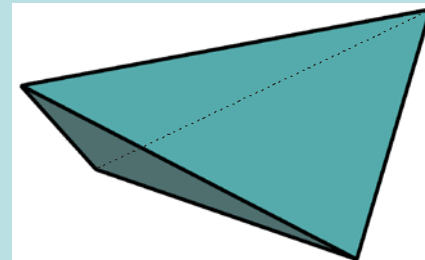
Грань равнонаклонна к неэквивалентным осям 2-ого порядка, следовательно, она находится в общем! положении

Понятия «открытая» и «закрытая» простая форма.

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

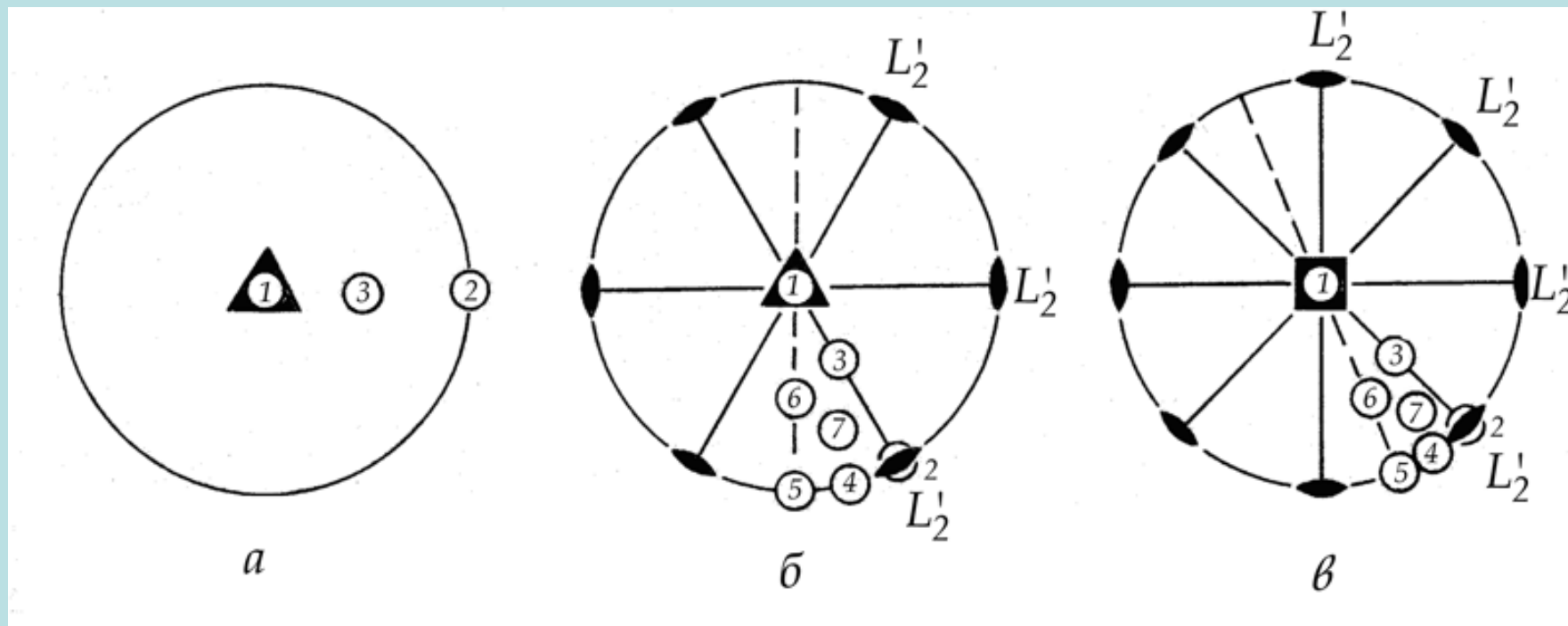
Если совокупность граней одной простой формы не замыкает заключенное между ними пространство, то *она считается открытой*.

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



Открытые формы встречаются в кристаллах низшей и средней категорий, но невозможны в кристаллах кубической сингонии.

Принципиально различные позиции граней
на сферическом треугольнике

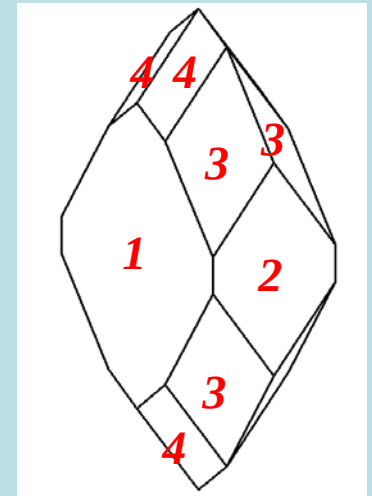


a – с единственным особым направлением (3 – общее положение)

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**).

32 КЛАССА СИММЕТРИИ КРИСТАЛЛОВ

Категория	НИЗШАЯ $a \neq b \neq c$			СРЕДНЯЯ $a = b \neq c$			ВЫСШАЯ $a = b = c$		
Сингония	Триклинная $\alpha \neq \beta \neq \gamma$			Гексагональная $\alpha = \beta = 90^\circ \quad \gamma = 120^\circ$			Кубическая $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$		
	Моноклининая $\alpha = \beta = 90^\circ$ $\gamma \neq 90^\circ$			Ромбическая $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$			Тетрагональная $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$		
				Тригональная подсингония			Гексагональная подсингония		
C_n	$L_1 \quad C_1$ 1 монадр	$L_2 \quad C_2$ 2 осевой диэдр		$L_4 \quad C_4$ 4 тетрагональная пирамида	$L_3 \quad C_3$ 3 тригональная пирамида		$L_6 \quad C_6$ 6 гексагональная пирамида		
C_{ni} (S_n)	$L_1/C \quad C_1/S_2$ 1 линаксид	$L_2/P \quad C_2/S_1$ 2 плоскостной диэдр		$L_4 \quad C_4/S_4$ 4 тетрагональный тетраэдр	$L_3 \quad C_3/S_6$ 3 ромбоэдр		$L_6 \quad C_6/S_3$ 6 тригональный бипирамид		
C_{nh}		$L_2 PC \quad C_{2h}$ 2 ромбическая призма		$L_4 PC \quad C_{4h}$ 4 тетрагональная бипирамида		$L_3 \quad C_{3h}$ 3 ромбоэдр	$L_6 PC \quad C_{6h}$ 6 гексагональная бипирамида		
C_{nv}			$L_2 2P \quad C_{2v}$ 2 ромбическая пирамида	$L_4 4P \quad C_{4v}$ 4 тетрагональная пирамида	$L_3 3P \quad C_{3v}$ 3 тригональная пирамида		$L_6 6P \quad C_{6v}$ 6 гексагональная пирамида		
D_n			$3L_2 \quad D_2$ 222 ромбический тетраэдр	$4L_4 L_2 \quad D_4$ 422 тетрагональный тетраэдр	$3L_3 L_2 \quad D_3$ 32 тригональный тетраэдр		$6L_6 L_2 \quad D_6$ 622 гексагональный тетраэдр	$3L_4 L_3 \quad T$ 23 пентагон-триоктаэдр	$3L_4 L_6 L_2 \quad O$ 432 пентагон-триоктаэдр
D_{nd}				$L_2 2L_2 P \quad D_{2d}$ 42m тетрагональный октаэдр	$L_3 3L_3 PC \quad D_{3d}$ 3m тригональный октаэдр			$3L_4 L_6 P \quad T_d$ 43m гекса-тетраэдр	
D_{nh}			$3L_3 PC \quad D_{2h}$ mmm ромбическая бипирамида	$4L_4 3PC \quad D_{4h}$ 4mm тетрагональная бипирамида		$L_3 3L_4 P \quad D_{3h}$ 6m2 тригональная бипирамида	$L_6 L_7 PC \quad D_{6h}$ 6mm гексагональная бипирамида	$3L_4 L_3 PC \quad T_h$ m3 диэдроктаэдр	$3L_4 L_6 L_9 PC \quad O_h$ m3m 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)



Старое здание Института

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



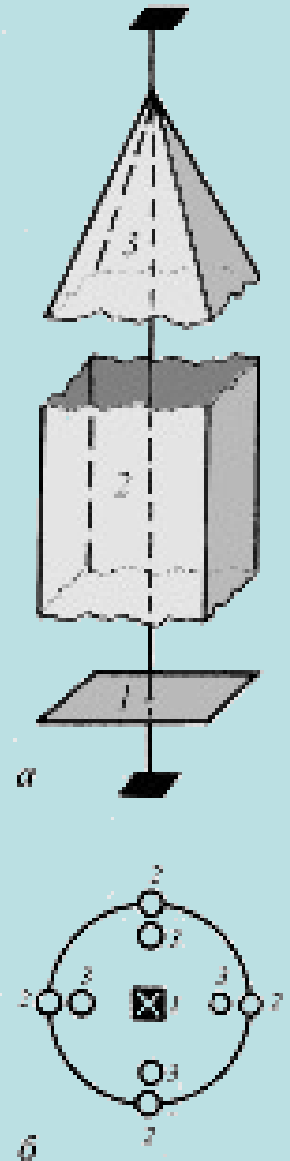
Русско - древнегреческий разговорник

μονο –	МОНО	один
δι –	ДИ	два
τρι –	ТРИ	три
τετρα –	ТЕТРА	четыре
πεντα –	ПЕНТА	пять
εξα –	ГЕКСА	шесть
οκτα –	ОКТА	восемь
δεκα –	ДЕКА	десять
δωδεκα –	ДОДЕКА	двенадцать
εδρα –	ЭДРА	грань
τραπεζιον	ТРАПЕЦА	4-угольник с двумя неравными и двумя равными сторонами
πρισμα	ПРИЗМА	призма
πυραμιζ	ПИРАМИДА	пирамида
πινακοειδης	ПИНАКОИД	имеющий вид доски
σκαληνοζ	СКАЛЕНА	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)

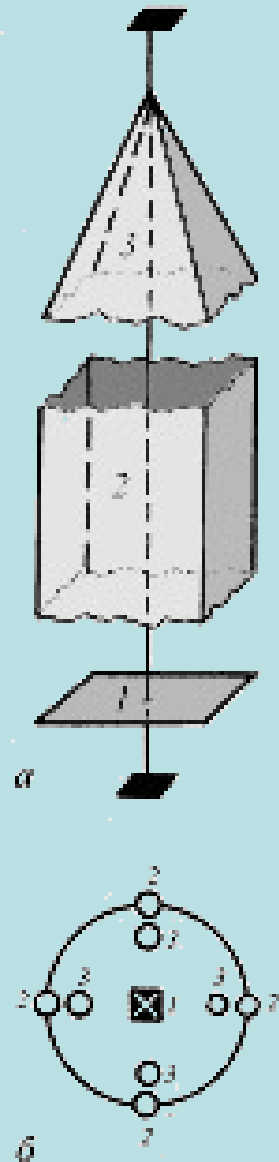
Грань 2, параллельная оси L_n , размножаясь этой осью, создает простую форму, грани которой пересекаются по параллельным ребрам, – ***n*-гональную призму** с правильным *n*-угольником в перпендикулярном этой оси сечении. ***n*-гональные** призмы в зависимости от порядка главной оси могут быть **гексагональными,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

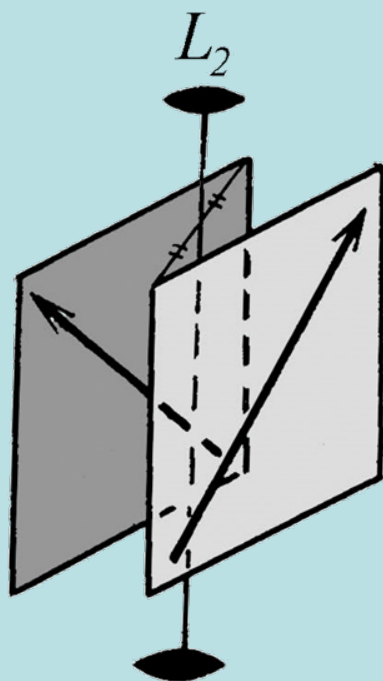


Простые формы кристаллов в классах C_n

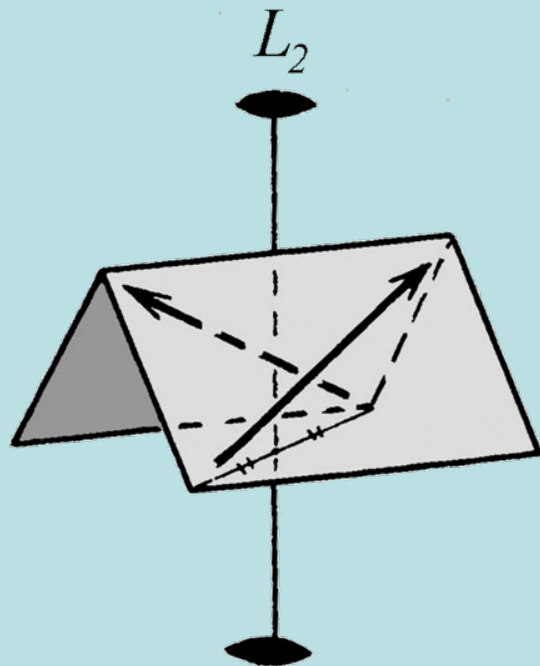
В случае вертикальной оси 2-го порядка (класс C_2) получаем две параллельные грани – «вырожденную» **двугранную** **дигональную** **призму**, называемую **пинакоидом** (от греч. *пинакс* (πίνακος) – дощечка).

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 диздром** (греч. *ди* (δι) – дважды)

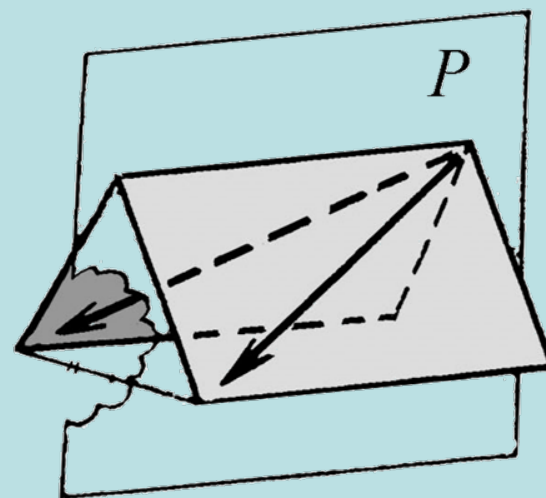




a



б

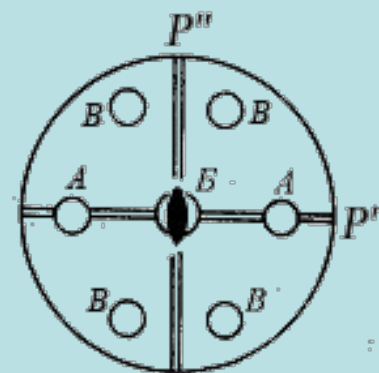


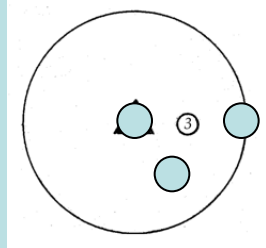
в

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

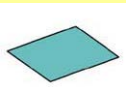
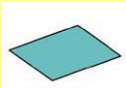
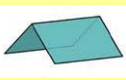
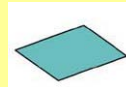
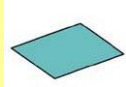


*Совет – нанимайте бригаду,
которая умеет строить
крыши типа «А»
(симметризованный диэдр)*





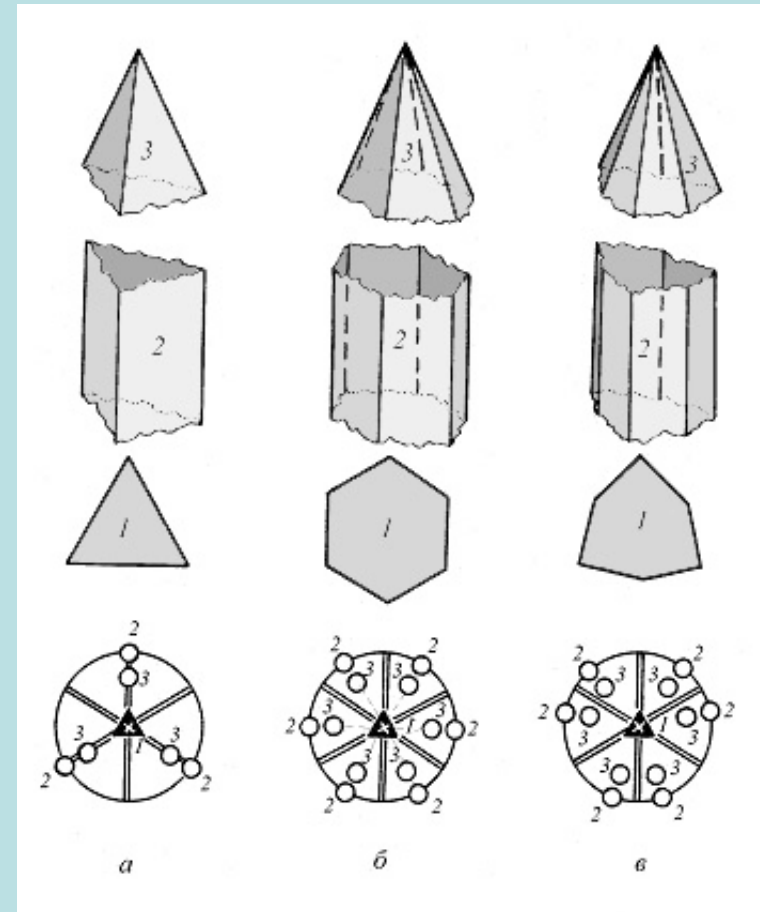
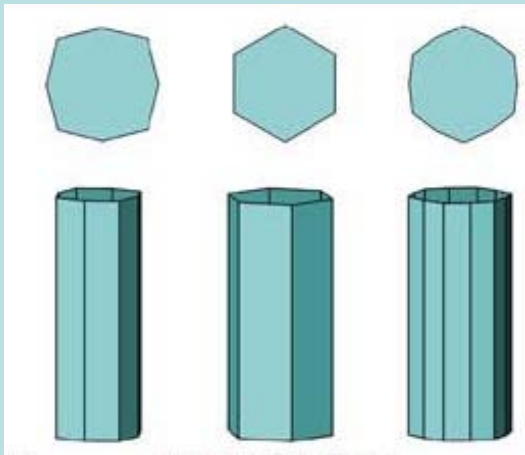
Классы с единственным особым направлением C_n

	Класс	1	2	3	Название по общей форме
1	C_1				<i>монокрический</i>
2	C_2		 пинакоид	 диэдр (ос.)	<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>

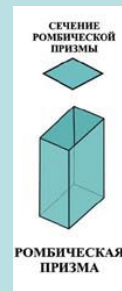
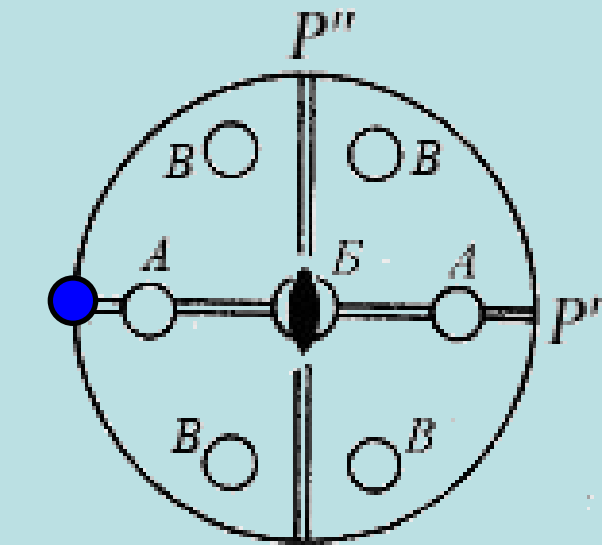
монокристалл n -гональная призма n -гональная пирамида

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**.

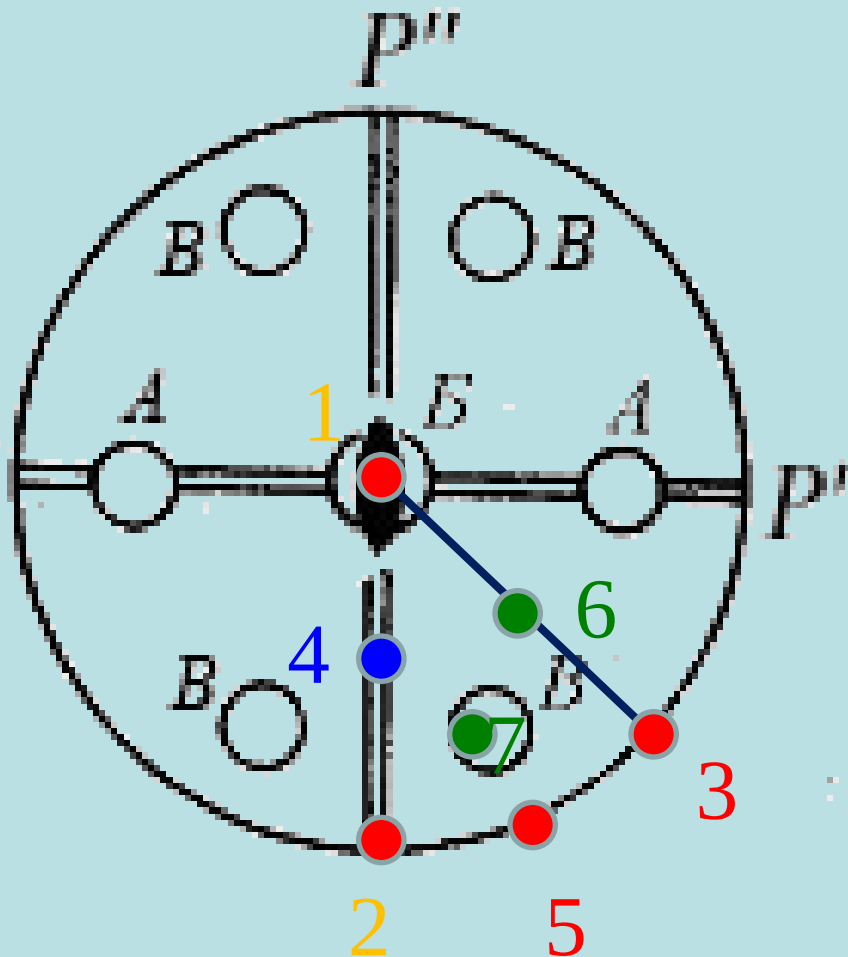


В классе $C_s = P$ грани размножаются лишь отражением в единственной плоскости симметрии, и новой будет лишь общая простая форма, образованная двумя наклонными к плоскости гранями – «прямая крыша», – **диэдр плоскостной**.

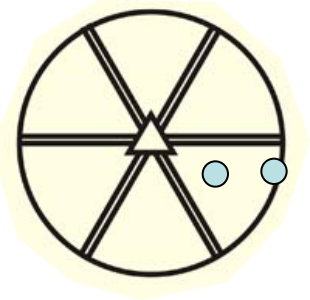


Давайте **разберем** $mm2$ класс, уж больно интересно

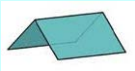
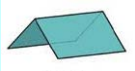
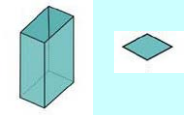
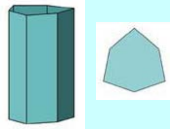
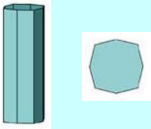
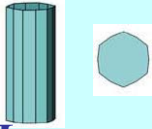
1. Выделим характеристический сферический треугольник (1-2-3)
2. Обозначим все 7 принципиально различные позиции (3 вершины, 3 стороны и внутренняя точка общего положения)
3. Заметим, что в этом классе 6 и 7 одно и тоже так как плоскости неэквивалентны, т.е. 6 – тоже общая простая форма. (Кстати, 3 и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



- | | |
|---|------------------------|
| 1 | <u>Моноэдр</u> |
| 2 | <u>Пинакоид</u> |
| 3 | <u>Ромб. призма</u> |
| 4 | <u>Диэдр (хороший)</u> |
| 5 | <u>Ромб призма</u> |
| 6 | <u>Ромб пирамида</u> |
| 7 | <u>Ромб пирамида</u> |



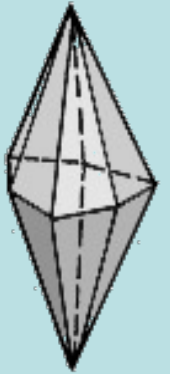
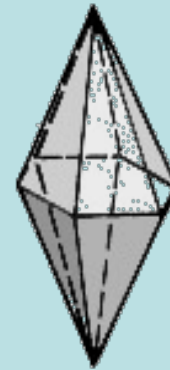
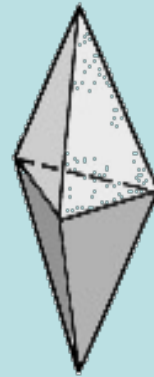
Классы C_{nv}

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

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:



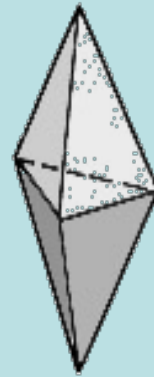
Простые формы кристаллов в классах

$$C_{nh} \text{ и } D_{nh}$$

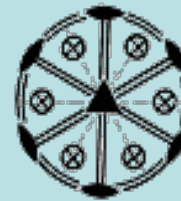
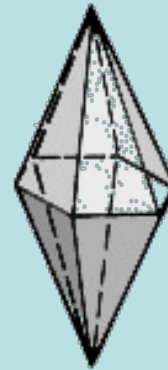
Моноэдры при этом превратятся в *пинакоиды*;

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

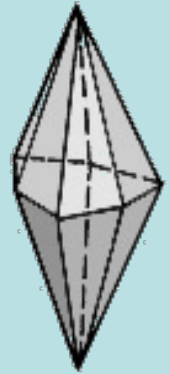
Диэдры из классов L_2 и L_22P превратятся в простую форму из четырех попарно параллельных граней, т. е. призму с ромбическим сечением – *ромбическую призму* (лежащую на боку), геометрически подобную выведенной ранее в классе C_{2v}



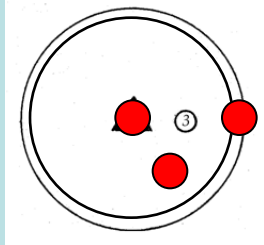
а



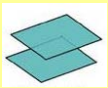
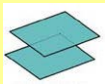
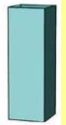
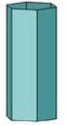
б



в



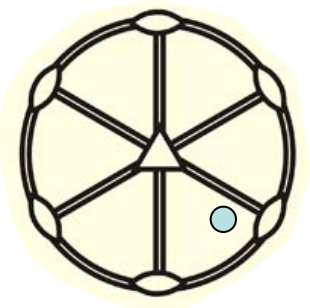
Классы с единственным особым направлением C_{nh}

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

моноэдры
станут
пинакоидами

n -гональная
призма

n -гональная
бипирамида



Классы D_{nh}

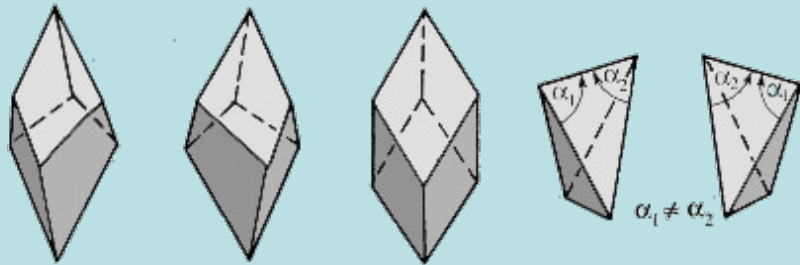
Класс	1-3	4	5	6	7	Название по общей форме
D_{2h}						<i>ромбо- бипирамидальный</i>
D_{3h}						<i>дитригонально- бипирамидальный</i>
D_{4h}						<i>дитетрагонально- бипирамидальный</i>
D_{6h}						<i>дигексагонально- бипирамидальный</i>

Ди-*n*-
гональная
бипирамида

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

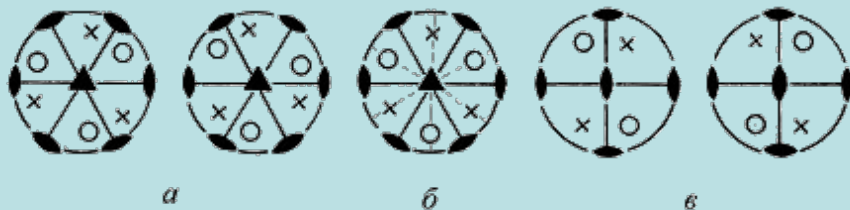
Без изменений из бипирамидальных классов C_{nh} и D_{nh} в группы D_n переходят такие формы, грани которых либо перпендикулярны, либо параллельны главной оси симметрии, – это *пинакоиды* и *n-гональные* или *ди-n-гональные призмы*. Наклонные грани дадут уже выведенные ранее формы – *n-гональные бипирамиды*.

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



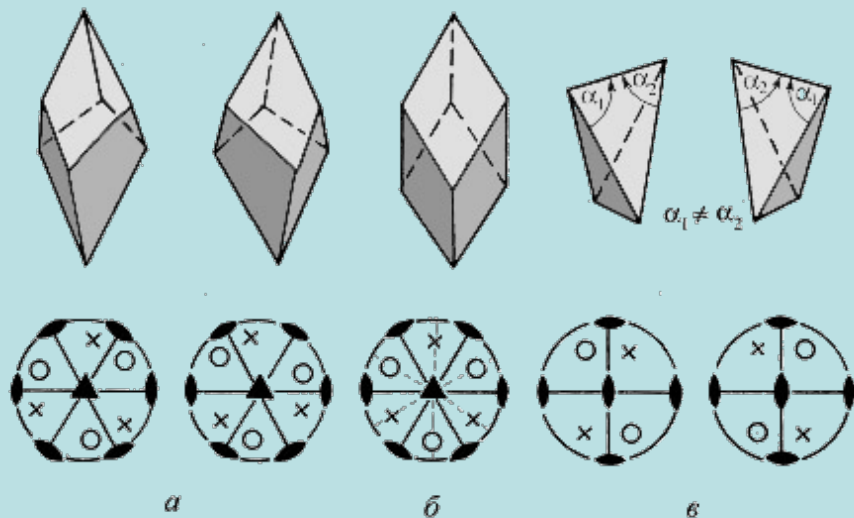
классах C_{nh} и D_{nh} , а за счет поворота вокруг горизонтальной оси L_2 .

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 $D_n = L_n n L_2$

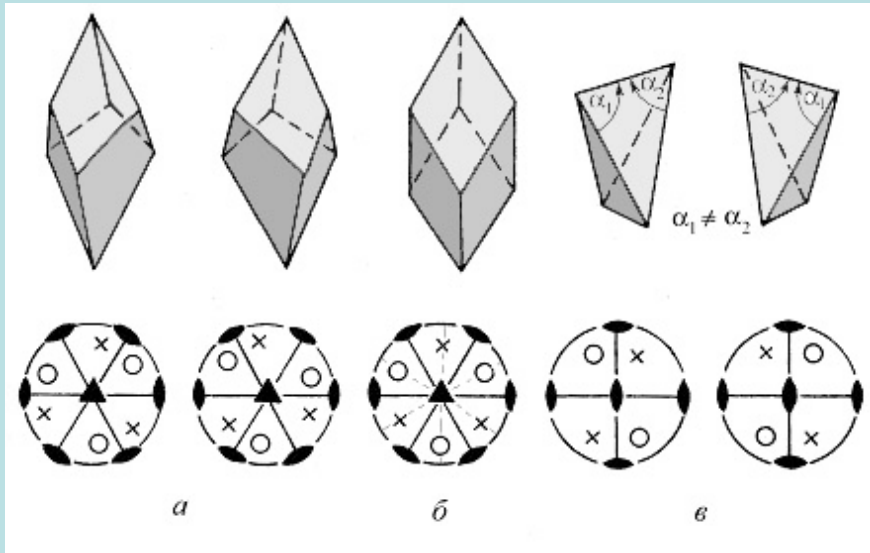
Новые простые формы в классах D_n дадут грани общего положения – это ***n -гональные трапецэдры*** с гранями в форме неправильных четырехугольников (греч. *трапеца* (τραπέζα) – столешница, неправильный четырехугольник).



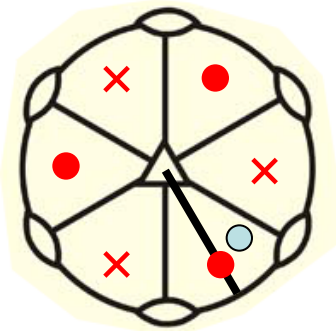
В соответствии с названиями общих простых форм классы D_n называют ***n -гонально-трапецэдрическими***. Класс D_2 называют ***ромбо-тетраэдрическим***.

Простые формы кристаллов в классах D_n

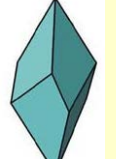
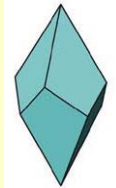
В классе D_3 с нечетным порядком главной оси кроме *тригональных бипирамиды* и *трапецоэдра* появляется новая простая форма, образованная гранями, равнонаклонными к эквивалентным горизонтальным осям L_2 , где каждая верхняя грань расположена симметрично относительно двух нижних граней. Такая частная 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*.



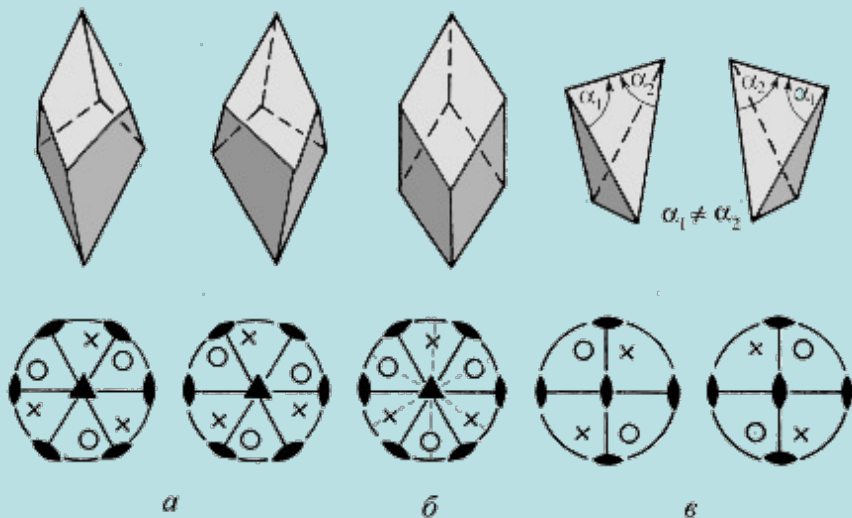
Классы D_n

Класс	1	2	3	4	5	6	7	Название по общей форме
D_2	Пинакоиды	n -гональные Призмы	n -гональные бипирамиды	Дингональные призмы				<i>ромбо-тетраэдрический</i>
D_3								<i>тригонально-трапецоэдрический</i>
D_4					Ромбоэдр			<i>тетрагонально-трапецоэдрический</i>
D_6								<i>гексагонально-трапецоэдрический</i>

n -гональный
трапецоэдр

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.



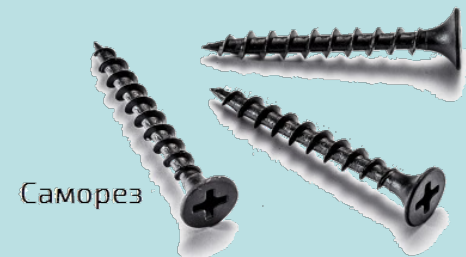
Л. Пастер,
1822-1895

Трапезоэдры не обладают элементами симметрии II рода!

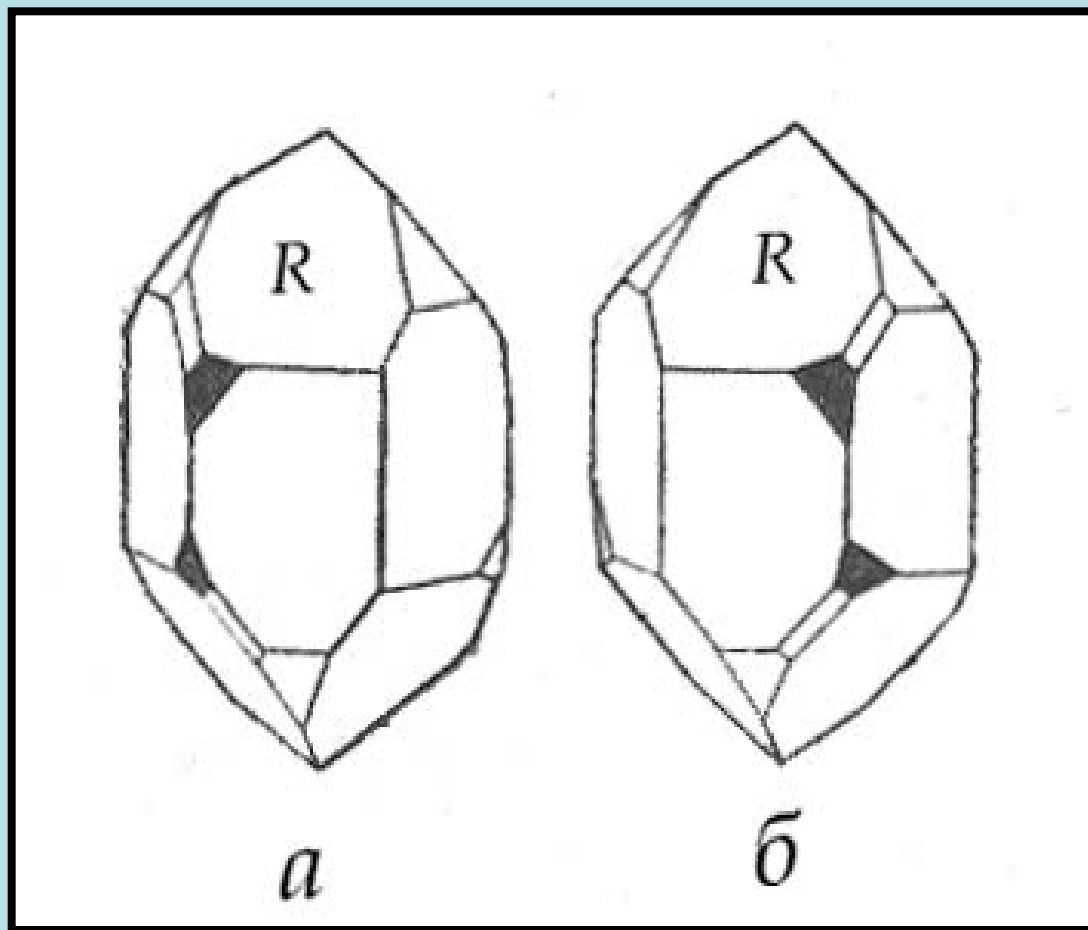
Это значит они умеют быть
правыми и левыми!



Шуруп



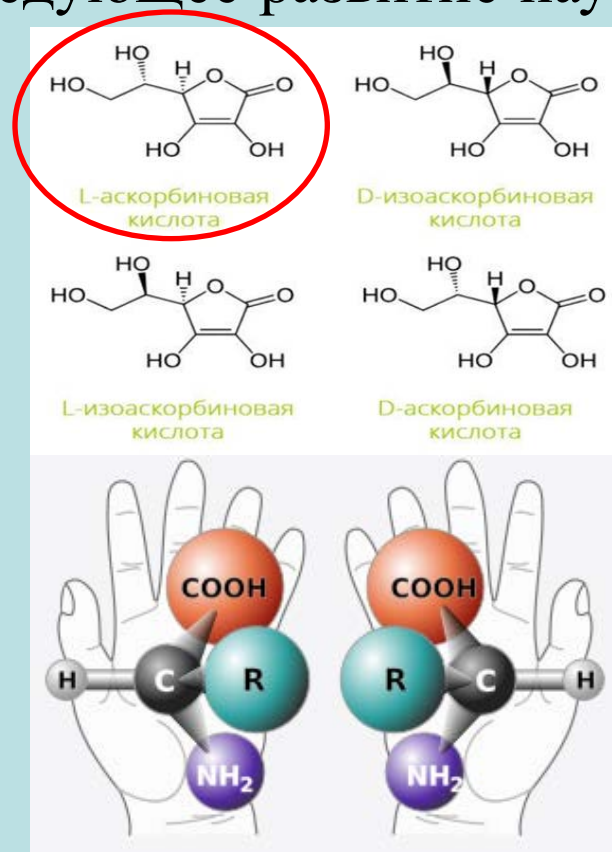
Саморез



Энантиоморфные кристаллы α -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:

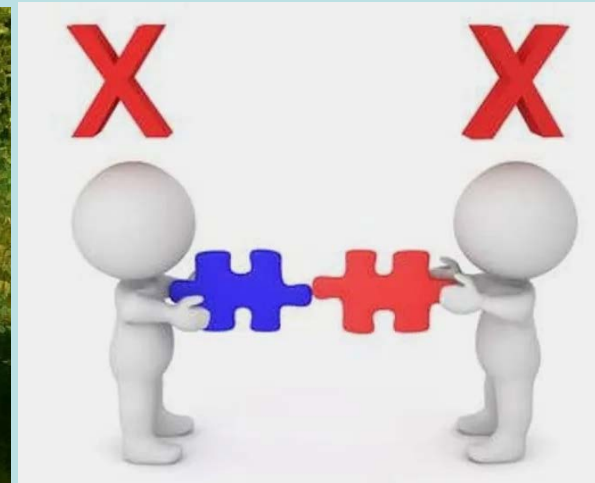
*«Но понравится ли тебе в Зазеркалье, киска? Дадут ли тебе там молочка? Может быть, молоко в Зазеркалье **не** годится для **питья**?»*

Льюис Кэрролл

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

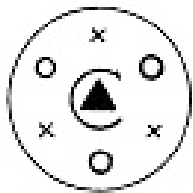
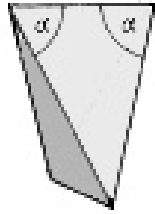
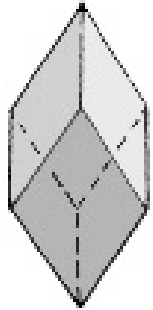
Такие молекулы чужого энантиоморфного мира могут не согласовываться с зеркально-асимметричным человеческим организмом,

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

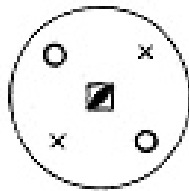


Простые формы кристаллов в классах S_{2n}

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° , – *тетрагональный тетраэдр*; его грани – равнобедренные треугольники.

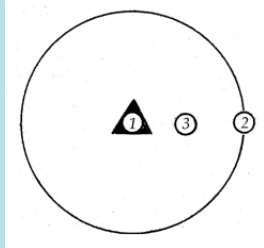


а

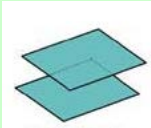
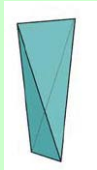


б

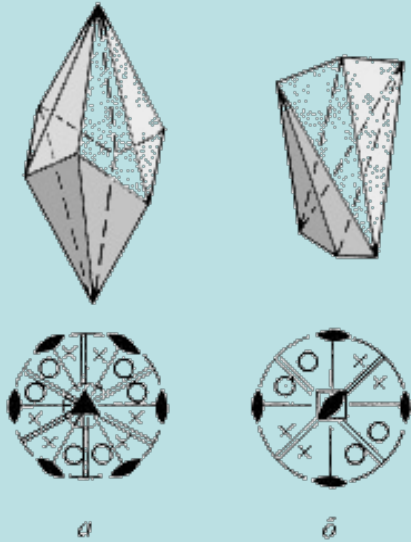
В центросимметричном классе $S_2 = C$ имеются только общие простые формы – *пинакоиды*, образованные двумя параллельными гранями.



Классы с единственным особым
направлением $S_{2n-2, 4, 6}$

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}

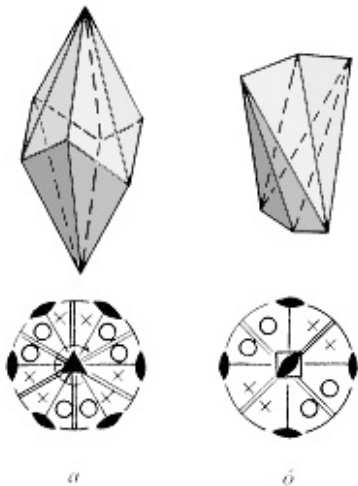


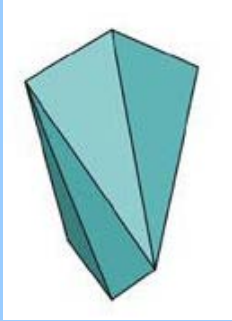
Ромбоэдр в классе D_{3d} и *тетрагональный тетраэдр* в классе D_{2d} – частные простые формы (грани перпендикулярны плоскостям симметрии). В общем положении грани этих простых форм удваиваются – преломляются, образуя новые простые формы – *n-гональные скаленоэдры* (греч. *скаленос* (σκαληνοζ) – разносторонний 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}).

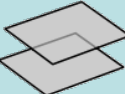
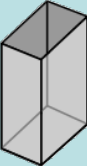
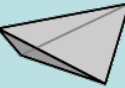
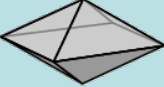
Классы D_{nd} называют *n-гонально-скаленоэдрическими*.

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 Новички ЕГЭ и ГИА Журналы Каталог Как нас найти Книга почтой Наши партнеры Издательство

Занимательная кристаллография



Автор: Гринев И.И., Гриневка Т.А.

Название: Занимательная кристаллография русская

Издательство: МЦНМО ISBN: 978-5-4439-0081-0

Год издания: 2013 Тираж: 2000 экз.

Количество страниц: 152 стр. Размер: 165x235/8

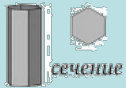
Цена: 135 руб.

В книге в краткой и доступной для школьников форме изложены основы классической кристаллографии. Материал организован в виде лент, каждая из которых дополняется контрольными вопросами и упражнениями. В приложении к пособию приведен дополнительный иллюстративный материал, представленный полными ссылками на литературу и интернет-ресурсы, разработка работа кабинета кристаллографии на сайте школы по геологии в МГУ, а также приведены ответы к упражнениям каждой ленты.

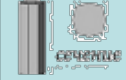
Книга предназначена для школьников, желающих ознакомиться с основами кристаллографии в объеме, достаточном для успешного участия в олимпиадах по геологии, а также для преподавателей геологических кружков.

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

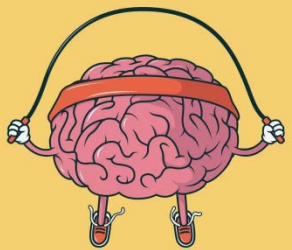
(электронная версия –
100p)

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		3	открытая	L_3, L_33L_24P, L_33P	нет
тетрагональная пирамида		4	открытая	L_4, L_44P	L_4
тетрагональная призма		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		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		12	открытая	$L_66L_2, L_33L_23PC, L_66P, L_66L_27PC$	Нет
дитригональная бипирамида		12	закрытая	L_33L_24P	L_33L_24P
тригональный скаленоедр		12	закрытая	L_33L_23PC	L_33L_23PC
дитетрагональная бипирамида		16	закрытая	L_44L_25PC	L_44L_25PC
дигексагональная бипирамида		24	закрытая	L_66L_27PC	L_66L_27PC

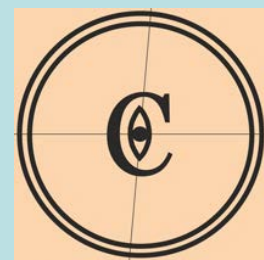
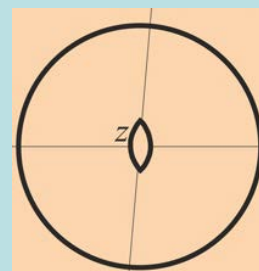
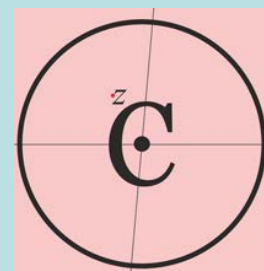
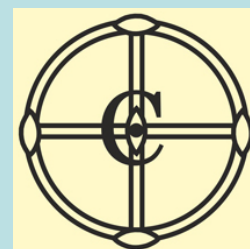
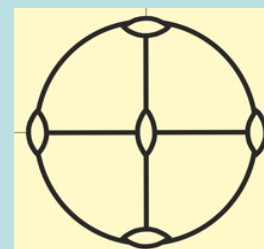
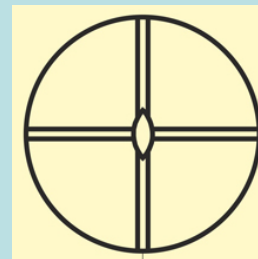
дитригональная пирамида		6	открытая	L_33P	L_33P
дитригональная призма		6	открытая	$L_33L_2, L_33L_24P, L_33P$	нет
ромбоэдр		6	закрытая	$L_3C, L_33L_2, L_33L_23PC$	L_3C
тригональная бипирамида		6	закрытая	L_3P, L_33L_24P, L_33L_2	L_3P
тригональный трапецоэдр		6	закрытая	L_33L_2	L_33L_2
дитетрагональная пирамида		8	открытая	L_44P	L_44P
дитетрагональная призма		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 скаленоедр		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

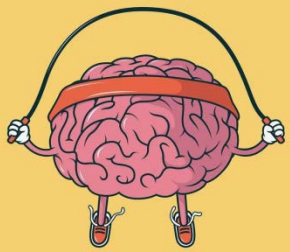
Простые формы средней категории



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: $5 = ?$

$$5 = 1+1+1+1+1 \quad (1)$$

$$5 = 1+1+1+2 \quad (m)$$

$$5 = 1+2+2 \quad (m, 2, mm2)$$

$$5 = 2+3 \quad (-3, 32, -6m2)$$

$$5 = 1+1+3 \quad (3, 3m)$$

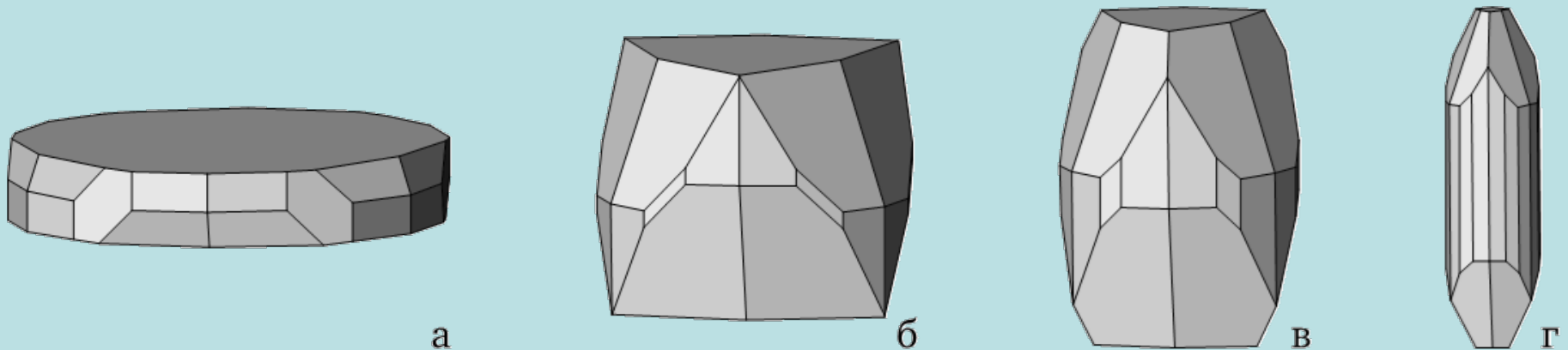
$$5 = 1+4 \quad (mm2, 4, 4mm)$$

32 КЛАССА СИММЕТРИИ КРИСТАЛЛОВ

Категория	НИЗШАЯ $a \neq b \neq c$			СРЕДНЯЯ $a = b \neq c$			ВЫСШАЯ $a = b = c$		
Сингония	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 $\alpha = \beta = 90^\circ \quad \gamma = 120^\circ$		Кубическая $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$		
				Тригональная подсингония	Гексагональная подсингония				
C_n	$L_1 \quad C_1$ 1 моноклидр	$L_2 \quad C_2$ 2 оловий дидр		$L_4 \quad C_4$ 4 тетрагональный пирамида	$L_3 \quad C_3$ 3 тригональный пирамида	$L_6 \quad C_6$ 6 гексагональный пирамида	Обозначения Символ Браве Символ Шенфлиса Стереографическая проекция класса симметрии		
$C_{ni} (S_n)$	$L_1/C_1/S_2$ 1 линакиид	$L_2/P \quad C_2/S_1$ m плоскоотерый дидр		$L_4 \quad C_{4i}/S_4$ 4 тетрагональный бипирамид	$L_3 \quad C_{3i}/S_6$ 3 ромбидр	$L_6 \quad C_{6i}/S_3$ 6 тригональный бипирамид			
C_{nh}		$L_2PC \quad C_{2h}$ 2 ромбическая призма		$L_4PC \quad C_{4h}$ 4 тетрагональный бипирамид		$L_6 \quad C_{3h} \quad L_6PC \quad C_{6h}$ 6 тригональный бипирамид			
C_{nv}			$L_22P \quad C_{2v}$ mm2 ромбическая пирамида	$L_44P \quad C_{4v}$ 4mm дитетрагональная пирамида	$L_33P \quad C_{3v}$ 3m дитригональная пирамида	$L_66P \quad C_{6v}$ 6mm дигексагональная пирамида			
D_n			$3L_2 \quad D_2$ 222 ромбический тетрапид	$4L_4L_2 \quad D_4$ 422 тетрагональный тетрапид	$L_33L_2 \quad D_3$ 32 тригональный тетрапид	$L_66L_2 \quad D_6$ 622 гексагональный тетрапид	$3L_24L_3 \quad T$ 23 пентагон-трипид	$3L_44L_6L_3 \quad O$ 432 пентагон-трипид	
D_{nd}				$L_22L_22P \quad D_{2d}$ 4m2 тетрагональный октапид	$L_33L_23PC \quad D_{3d}$ 3m тригональный октапид		$3L_24L_6P \quad T_d$ 43m гекса-тетрапид		
D_{nh}			$3L_23PC \quad D_{2h}$ mmm ромбическая бипирамид	$L_44L_24PC \quad D_{4h}$ 4m tetragonal бипирамид		$L_34L_4P \quad D_{3h}$ 6m тригональная бипирамид	$L_66L_27PC \quad D_{6h}$ 6m гексагональная бипирамид	$3L_24L_3PC \quad T_h$ m3 додекапид	$3L_44L_69PC \quad O_h$ m3m окта-пид

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»



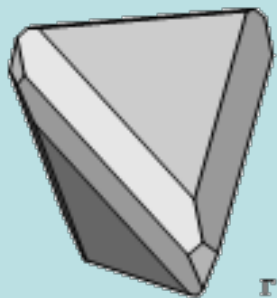
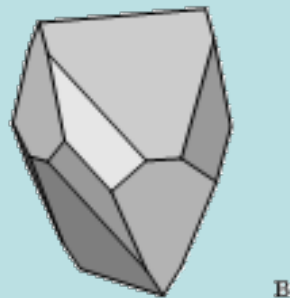
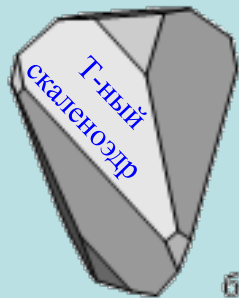
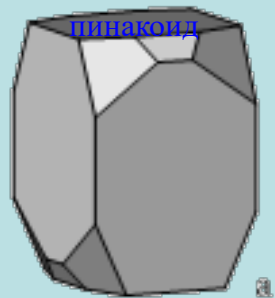
*Пинакодально
гексагонально
призматический*



*Гексагонально
призматически
ромбоэдрический*



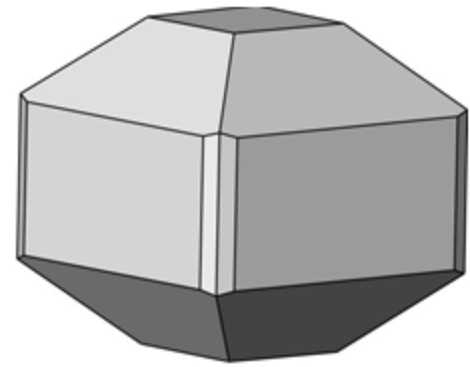
*Тригонально
скаленоэдрически
ромбоэдрически
призматический*



Разберем кристаллы класса D_{2d} удлиненного облика, относящегося к **тетрагональной** сингонии, состоящие из одних и тех же простых форм (пинакоид, тетрагональная призма, тетрагональный тетраэдр и тетрагональный скаленоэдр), но с различной степенью их развития.

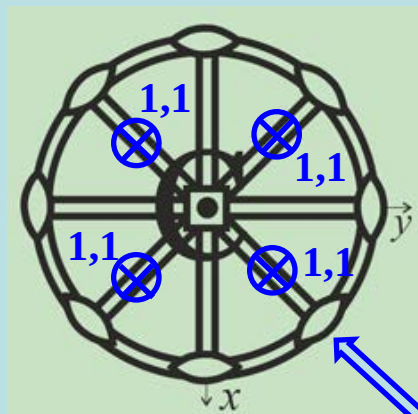
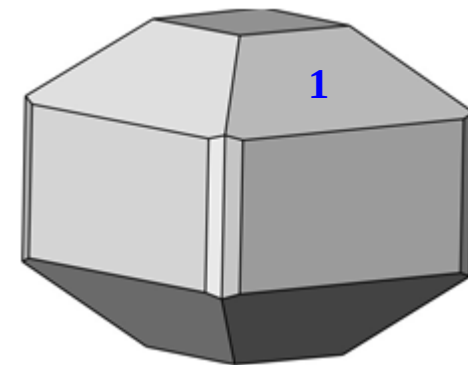
- а - габитус **тетрагонально**призматически-пинакоидально-скаленоэдрически-тетраэдрический;
- б - габитус **тетрагонально**скаленоэдрически-тетраэдрически-призматически-пинакоидальный;
- в - габитус **тетрагонально**тетраэдрически-призматически-скаленоэдрический;
- г - габитус **тетрагонально**тетраэдрически-скаленоэдрически-призматический;
- д - габитус **тетрагонально**призматически-тетраэдрически-пинакоидально-скаленоэдрический;
- е - габитус **тетрагонально**призматически-пинакоидально-скаленоэдрический.

*Как теперь будем
описывать кристалл*



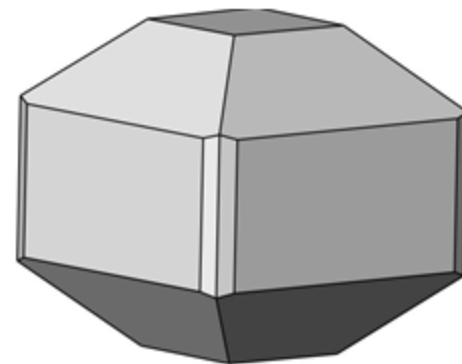
категория	Средняя ($a=b \neq c$)
сингония	Тетрагональная ($\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$)
класс по Г-М	$4/m\ mm$
класс по Ш	D_{4h}
класс по Браве	$L_4 2L_2' 2L_2'' 2P' 2P'' P''' C$
<i>класс по общей форме</i>	<i>дитетрагонально- бипирамидальный</i>
<i>величина симметрии класса (ВСК)</i>	$4 \cdot 2 \cdot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

Как будем описывать кристалл (на контрольной работе)



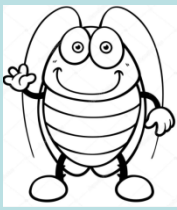
№	1
символ простой формы	Еще не знаем!
собственная симметрия грани (ССГ)	m
величина собственной симметрии (ВСС)	2
число граней	8 (= ВСК(16)/ВСС(2))
открытая – закрытая	закрытая
общая - частная	частная
название	тетрагональная бипирамида

Как будем описывать кристалл
на контрольной
Это почти уже полное описание!



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

Для закрепления материала



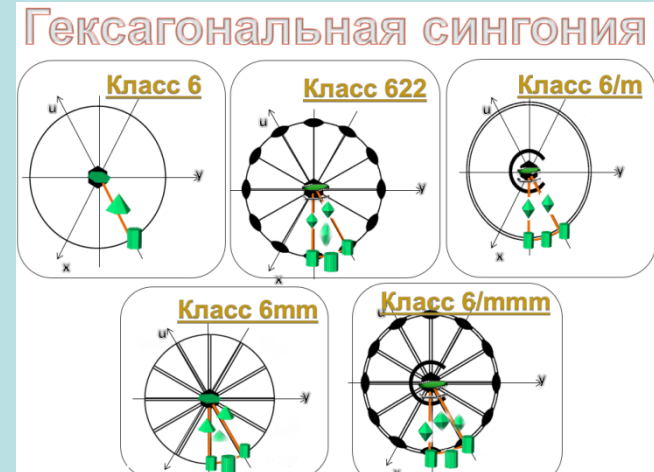
<http://cryst.geol.msu.ru/courses/crgraf/forms/main.html>

Низшая категория



http://cryst.geol.msu.ru/literature/kurs/hex_forms.ppsx

Гексагональная сингония

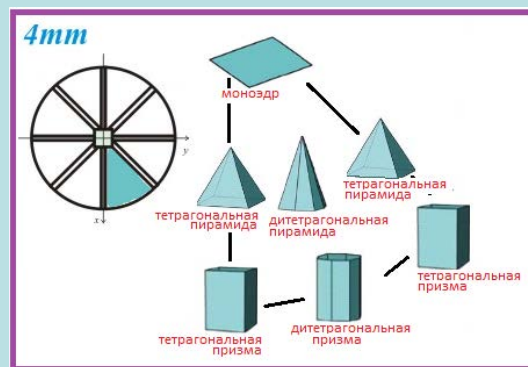
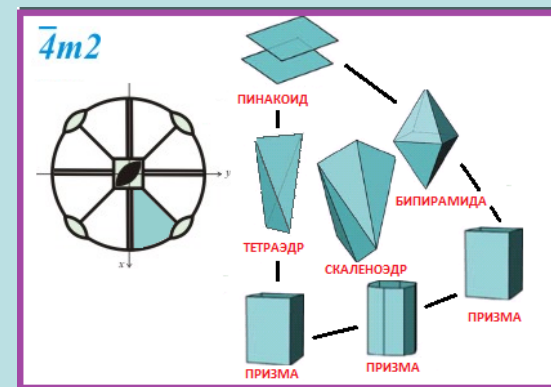
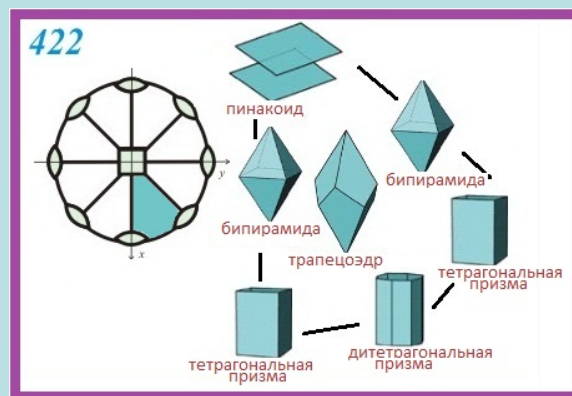
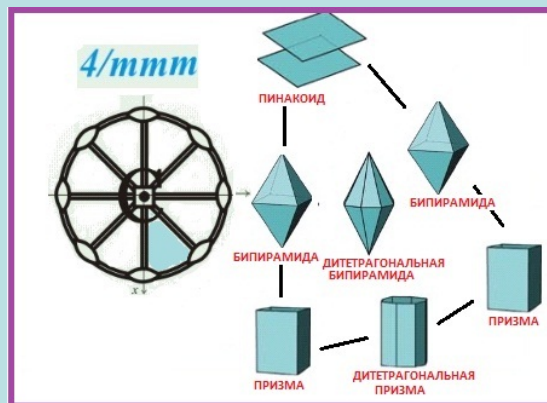
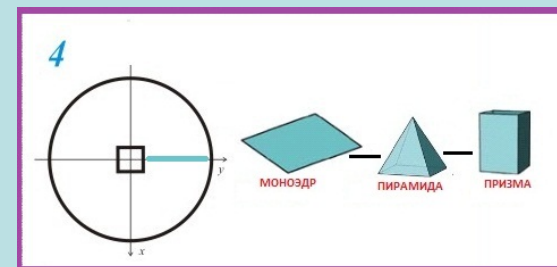
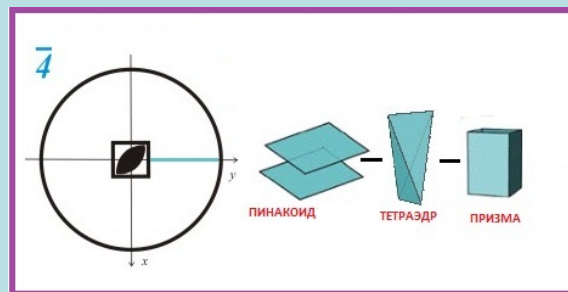
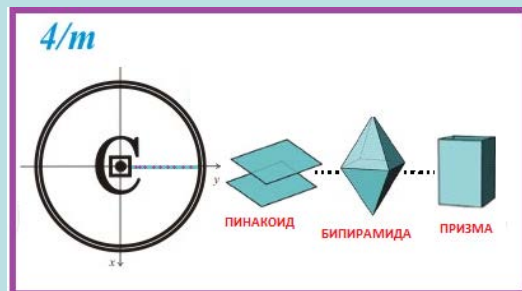
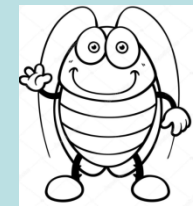


<http://cryst.geol.msu.ru/literature/kurs/tetragonal.pps>

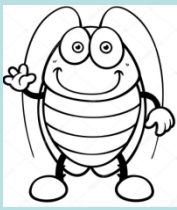
Тетрагональная сингония



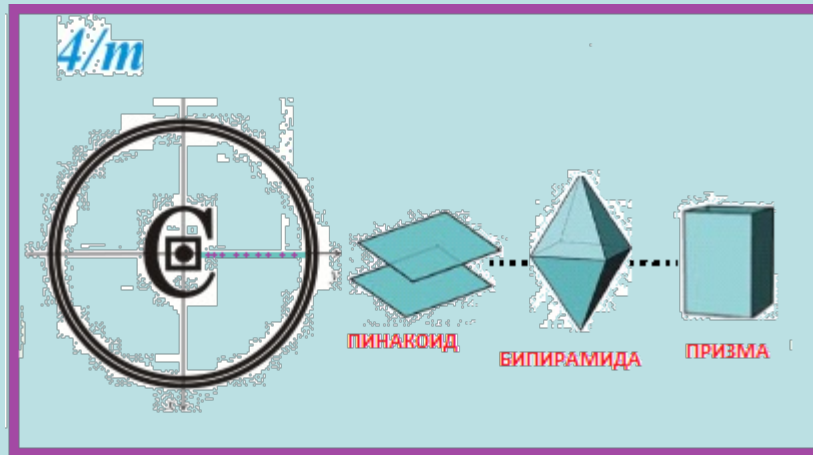
Простые формы классов тетрагональной сингонии



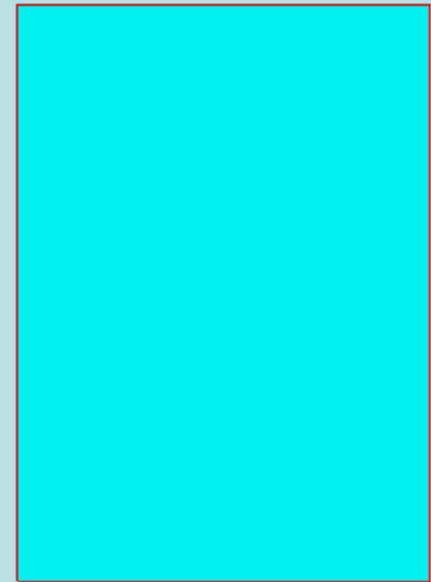
Кстати,
это была
курсовая работа

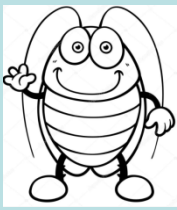


Простые формы класса 4/m

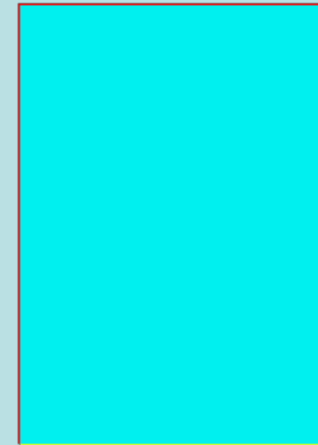
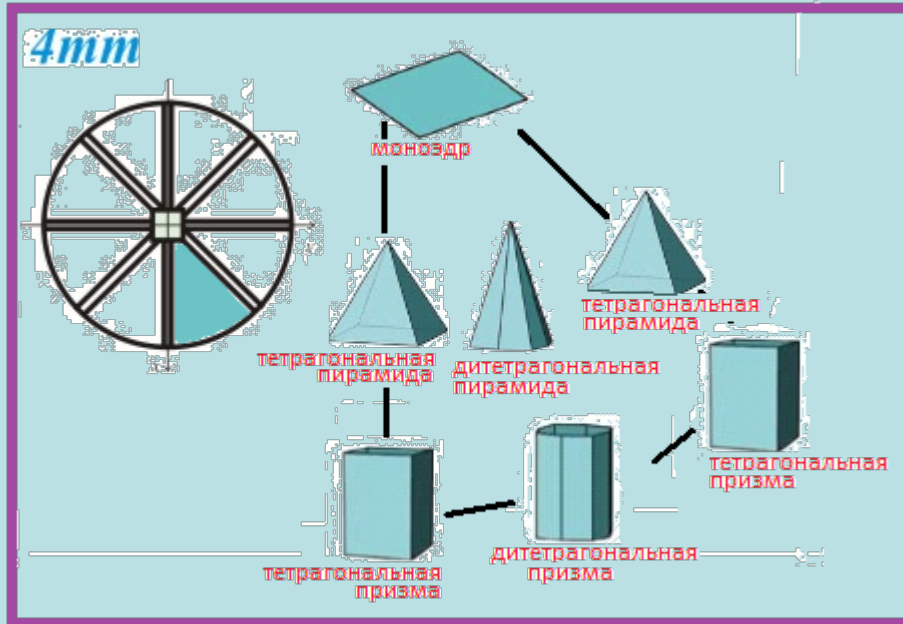


[Возврат к списку классов](#)

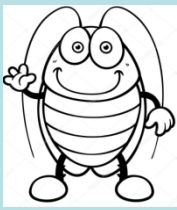




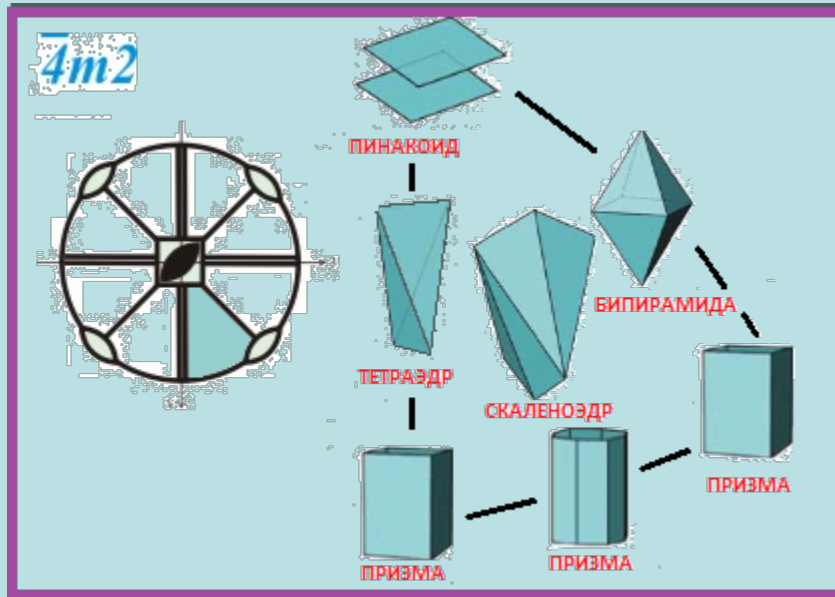
Простые формы класса 4mm



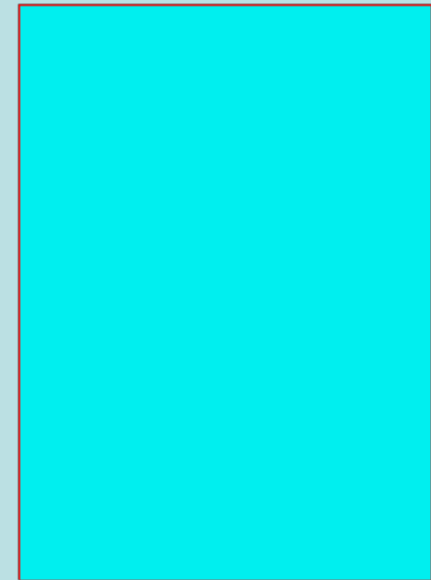
[Возврат к списку классов](#)

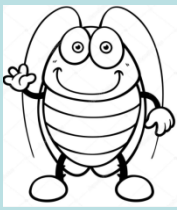


Простые формы класса -4m2

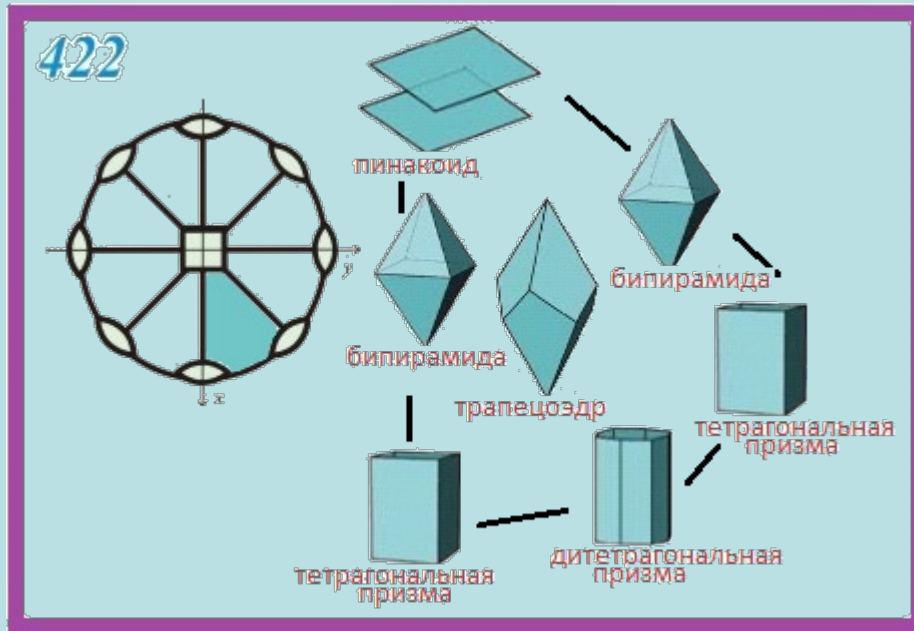


[Возврат к списку классов](#)

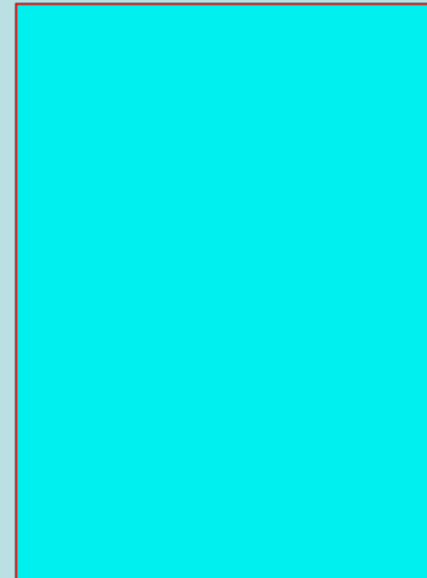


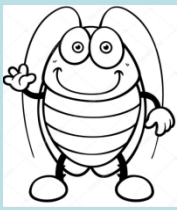


Простые формы класса 422

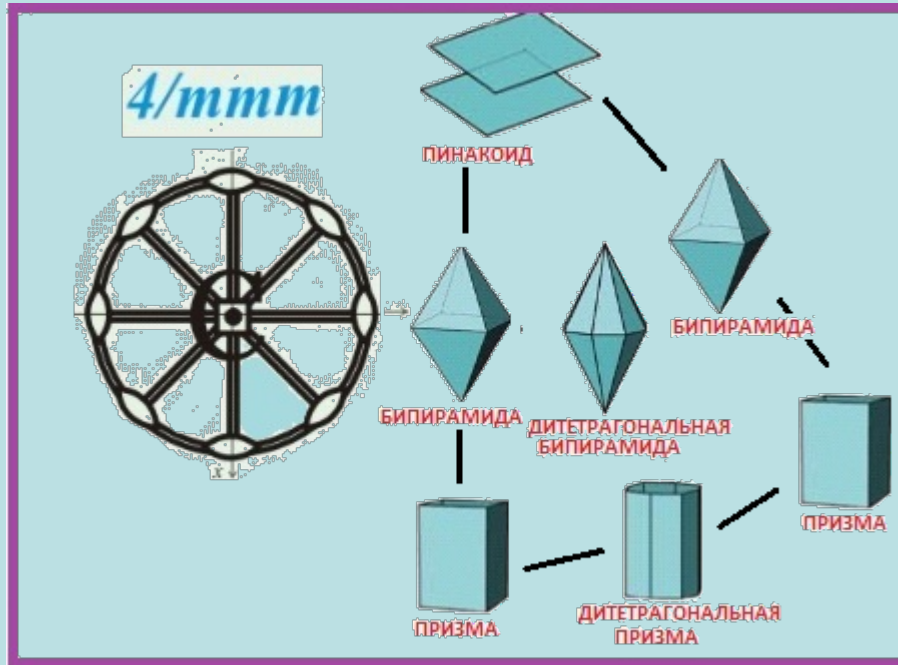


[Возврат к списку классов](#)

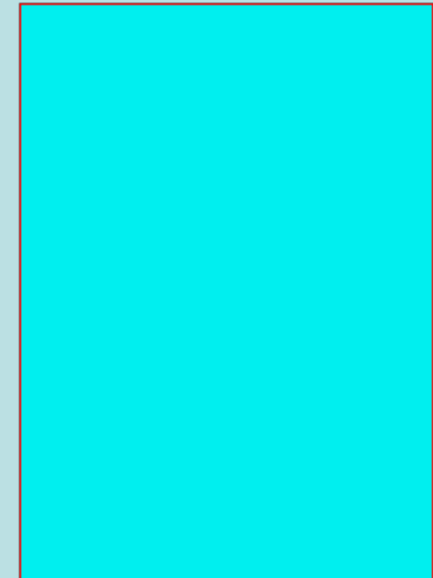


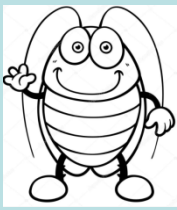


Простые формы класса $4/m\bar{m}$

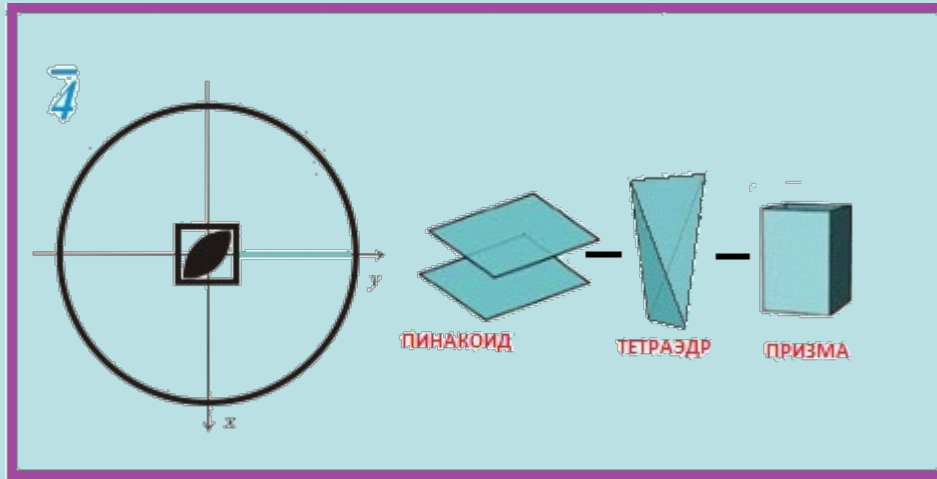


[Возврат к списку классов](#)

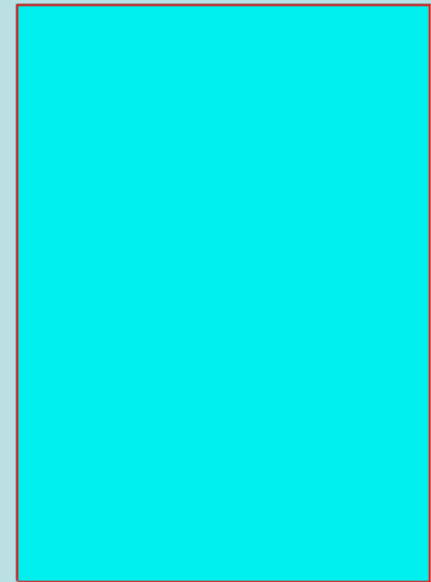


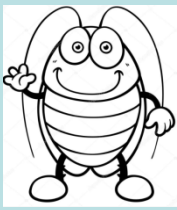


Простые формы класса -4

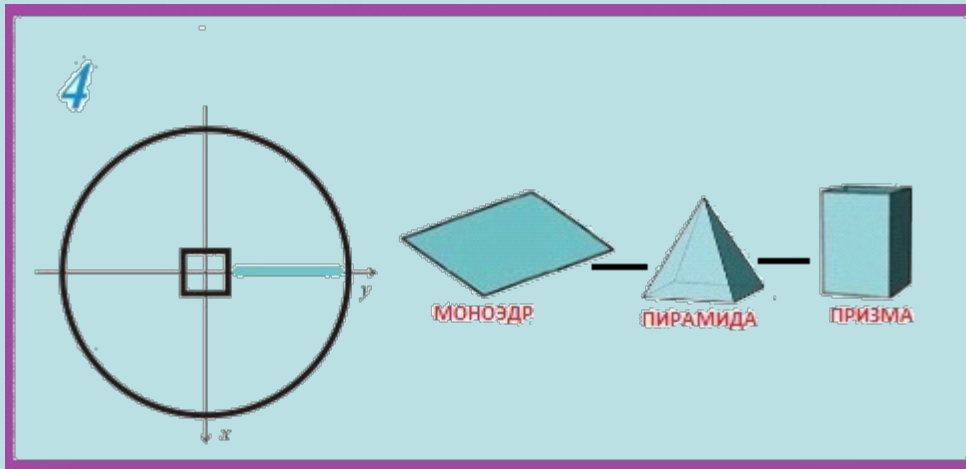


[Возврат к списку классов](#)

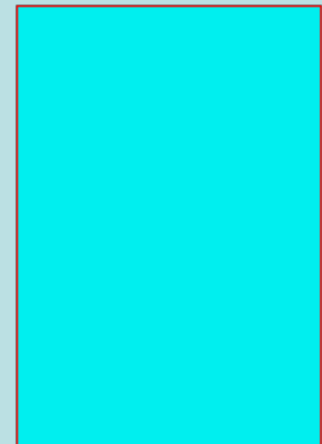




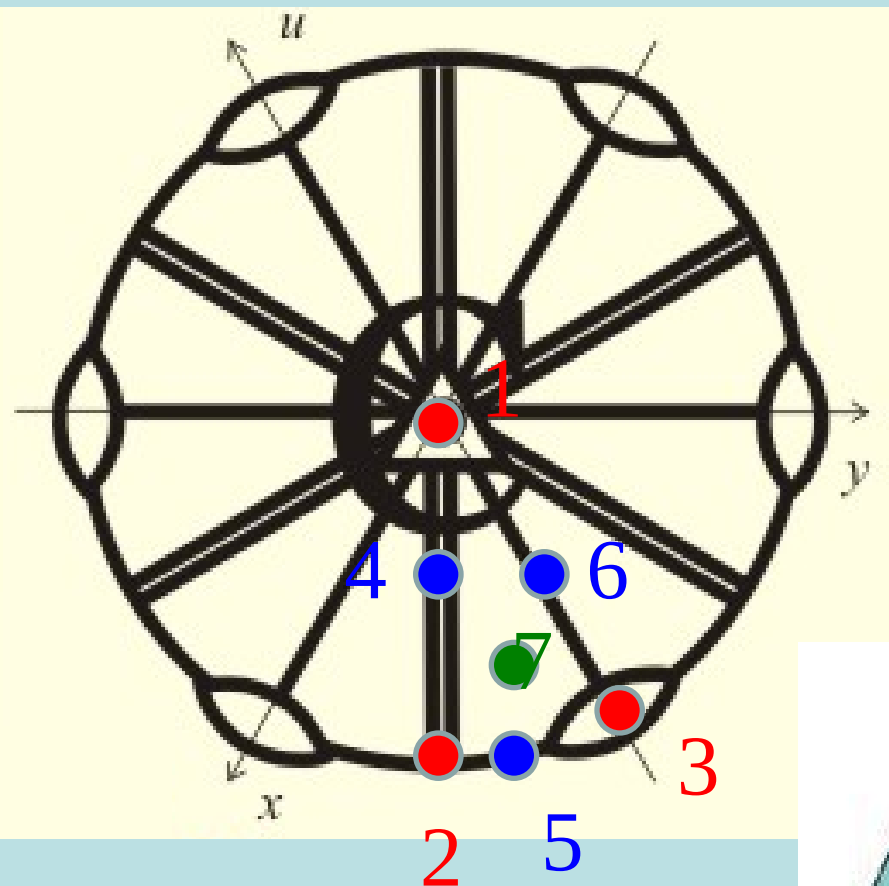
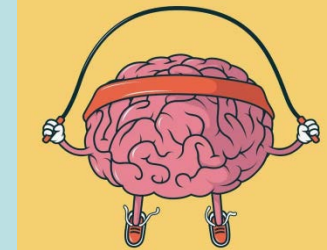
Простые формы класса 4



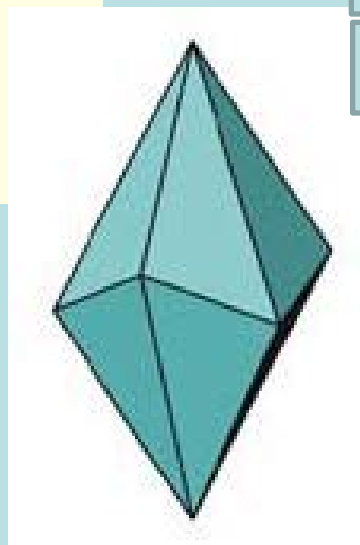
[Возврат к списку классов](#)



Давайте разберем класс



1
2
3
4
5
6



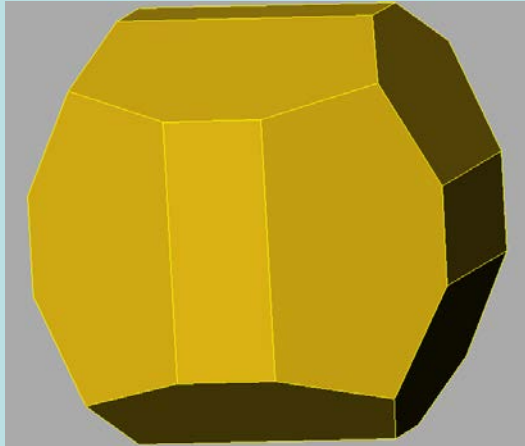
$$\text{ВСК} = 3 * 2 * 2 = 12$$

Позиция 1 ($12/6 = 2$)

Позиции 2,3,4 ($12/2 = 6$)

Позиции 5,6,7 (12)

Следующая лекция



?

Что общего



Самое длинное
ругательное
слово в мире

Кубические классы
и их простые
формы



Первомайские
демонстрации
1937-1941 годов

