

ЛЕКЦИЯ 4

ПРОСТЫЕ ФОРМЫ КРИСТАЛЛОВ

ОБЛИК и ГАБИТУС



Разминка



Немного повторим

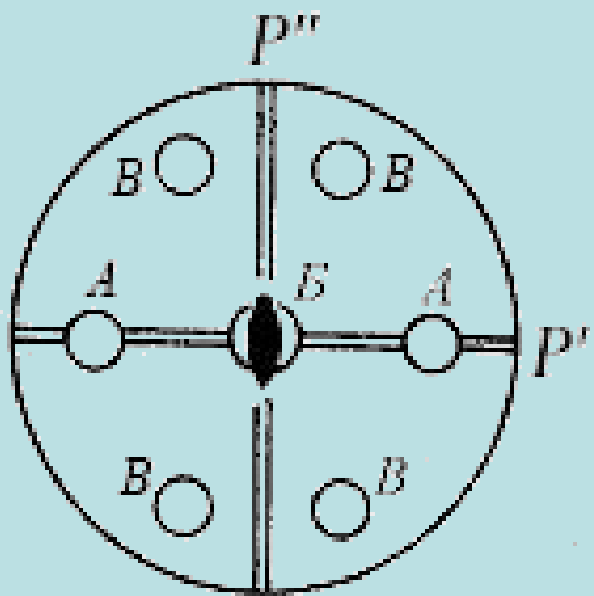
Семейство граней, взаимосвязанных всеми симметрическими операциями точечной группы (класса) симметрии называют простой формой кристалла.

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 однотипные символы!! (узнаем через неделю)

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 – $4 : 4 = 1$

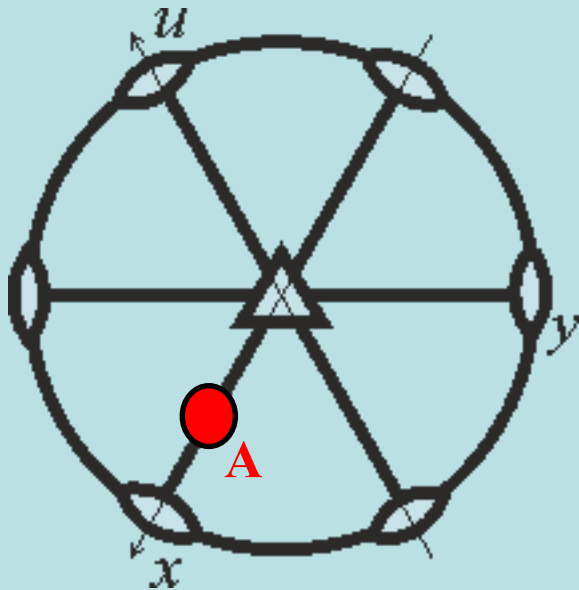
В – собственная симметрия грани 1 ,
величина собственной симметрии – 1,
количество граней – $4 : 1 = 4$

Грань частного положения:

Перпендикулярна **особому** направлению

Параллельна **особому** направлению

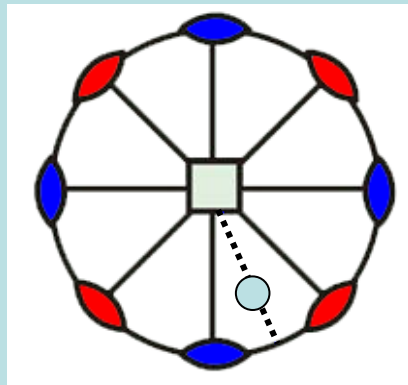
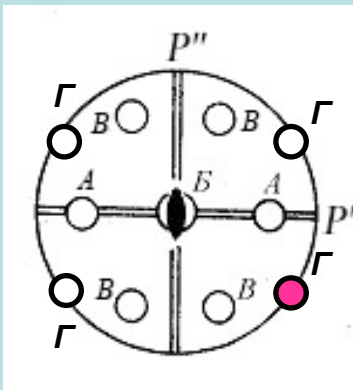
Равнонаклонна к эквивалентным особым направлениям



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

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.



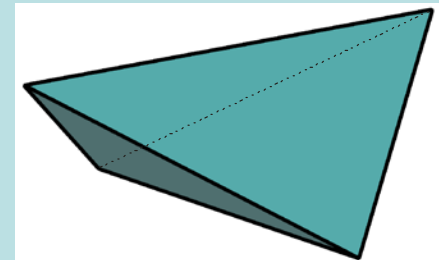
Грань равнонаклонна к неэквивалентным осям 2-ого порядка, следовательно, она находится в общем! положении

Понятия «открытая» и «закрытая» простая форма.

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

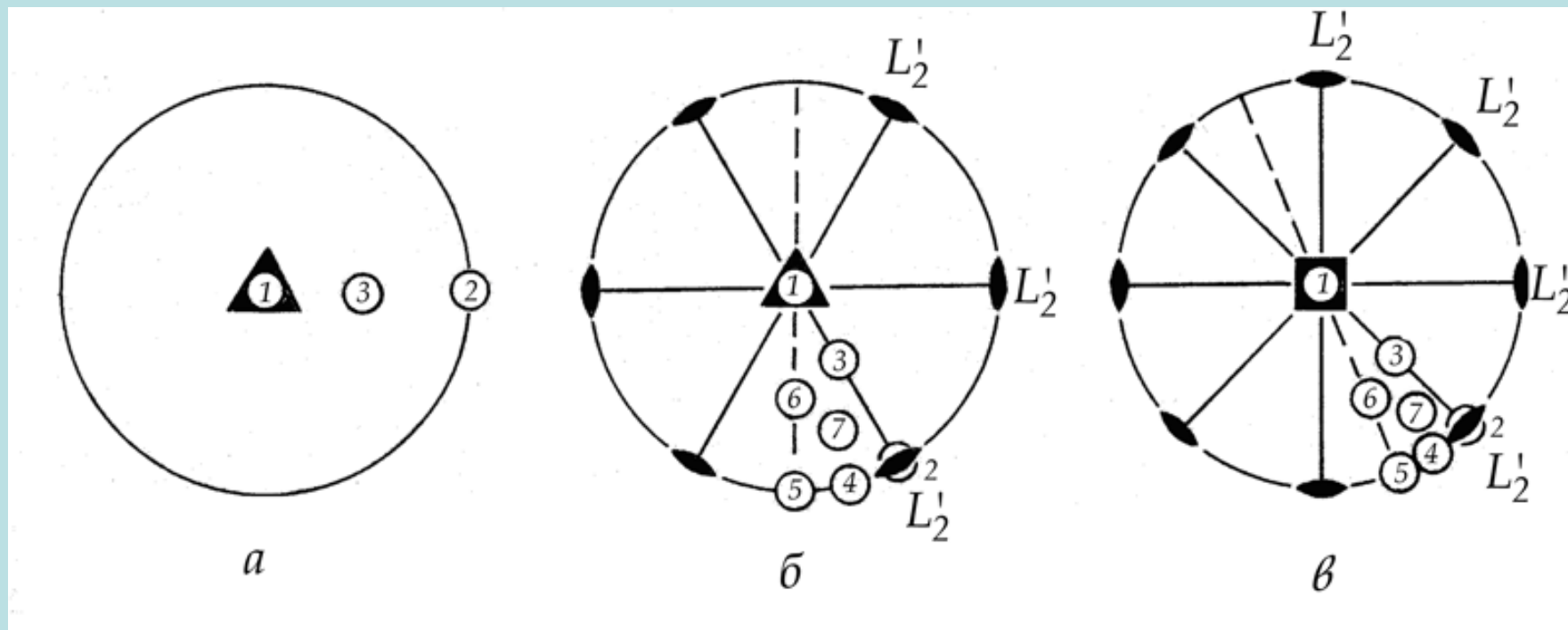
Если совокупность граней одной простой формы не замыкает заключенное между ними пространство, то *она считается открытой* .

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



Открытые формы встречаются в кристаллах низшей и средней категорий, но ***не возможны в кристаллах кубической сингонии***

Принципиально различные позиции граней

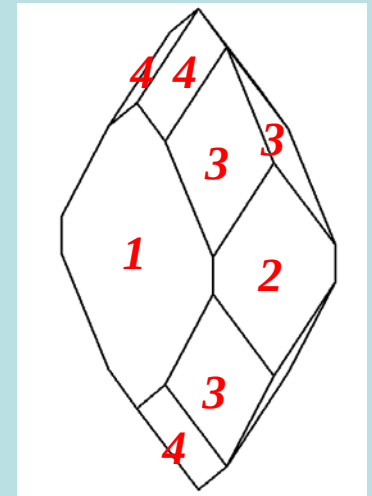


a – с единственным особым направлением (3 – общее положение)

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 $\alpha \neq \beta \neq \gamma$	Моноклинные $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ $\gamma \neq 90^\circ$	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	C_n	C_n	C_n	C_n	C_n	C_n
	1 монотригональный	2 двухосный	3 тетрагональный	4 тетрагональный	6 гексагональный	6 гексагональный	6 гексагональный
	C_{ni} (S_n)	C_{ni} (S_n)	C_{ni} (S_n)	C_{ni} (S_n)	C_{ni} (S_n)	C_{ni} (S_n)	C_{ni} (S_n)
	1 линейный	2 двухосный	3 тетрагональный	4 тетрагональный	6 гексагональный	6 гексагональный	6 гексагональный
	C_{nh}	C_{nh}	C_{nh}	C_{nh}	C_{nh}	C_{nh}	C_{nh}
	1 линейный	2 двухосный	3 тетрагональный	4 тетрагональный	6 гексагональный	6 гексагональный	6 гексагональный
	C_{nv}	C_{nv}	C_{nv}	C_{nv}	C_{nv}	C_{nv}	C_{nv}
	1 линейный	2 двухосный	3 тетрагональный	4 тетрагональный	6 гексагональный	6 гексагональный	6 гексагональный
	D_n	D_n	D_n	D_n	D_n	D_n	D_n
	1 линейный	2 двухосный	3 тетрагональный	4 тетрагональный	6 гексагональный	6 гексагональный	6 гексагональный
	D_{nd}	D_{nd}	D_{nd}	D_{nd}	D_{nd}	D_{nd}	D_{nd}
	1 линейный	2 двухосный	3 тетрагональный	4 тетрагональный	6 гексагональный	6 гексагональный	6 гексагональный
	D_{nh}	D_{nh}	D_{nh}	D_{nh}	D_{nh}	D_{nh}	D_{nh}
	1 линейный	2 двухосный	3 тетрагональный	4 тетрагональный	6 гексагональный	6 гексагональный	6 гексагональный



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



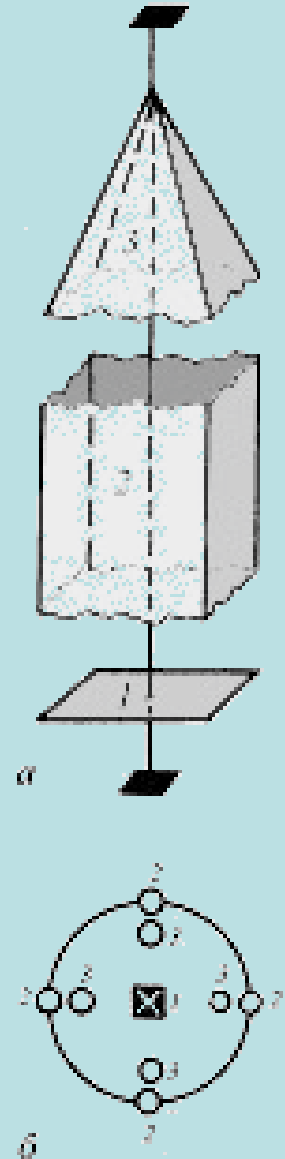
Русско - древнегреческий разговорник

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* (оvоμ) – один, *эдра* (αρδε) – грань)

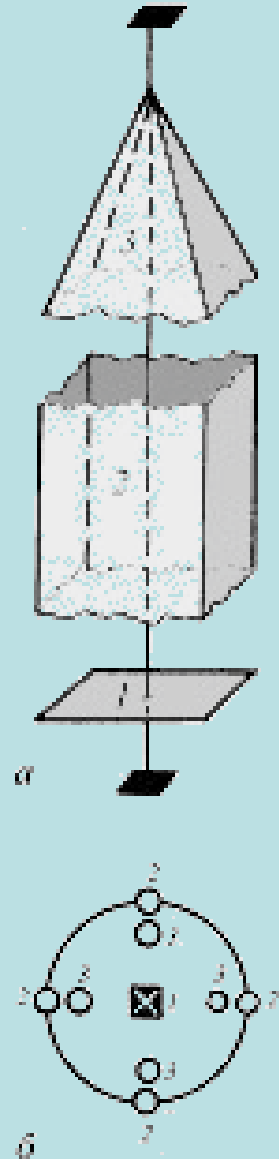
Грань 2, параллельная оси L_n , размножаясь этой осью, создает простую форму, грани которой пересекаются по параллельным ребрам, – ***n*-гональную призму** с правильным *n*-угольником в перпендикулярном этой оси сечении. ***n*-гональные** призмы в зависимости от порядка главной оси могут быть **гексагональными,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

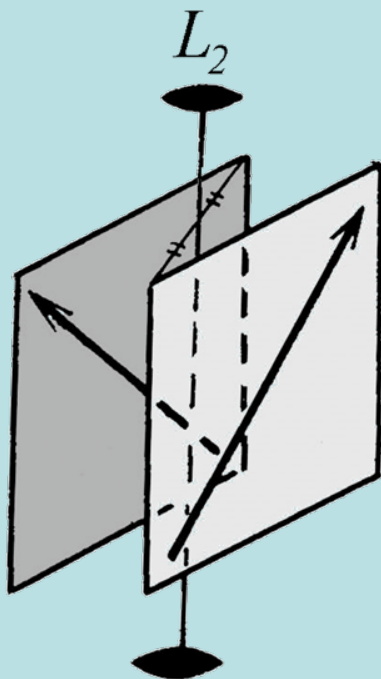


Простые формы кристаллов в классах C_n

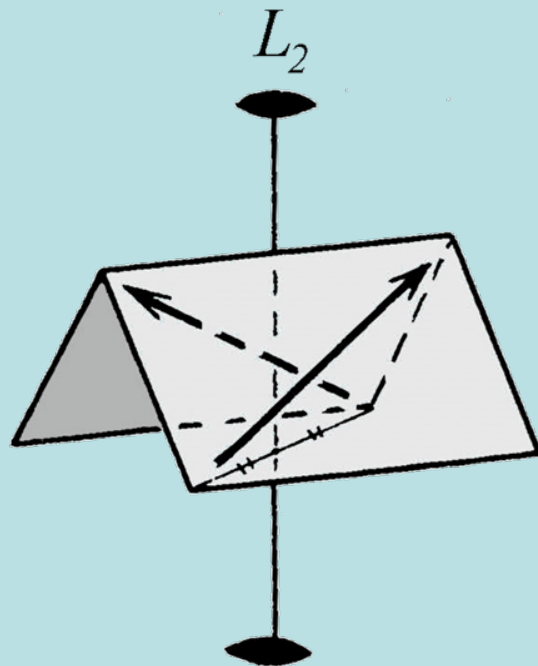
В случае вертикальной оси 2-го порядка (класс C_2) получаем две параллельные грани – «вырожденную» двугранную *дигональную* призму, называемую *пинакоидом* (от греч. *пинакс* (ξανίπ) – дощечка).

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* (ιδ) – дважды)

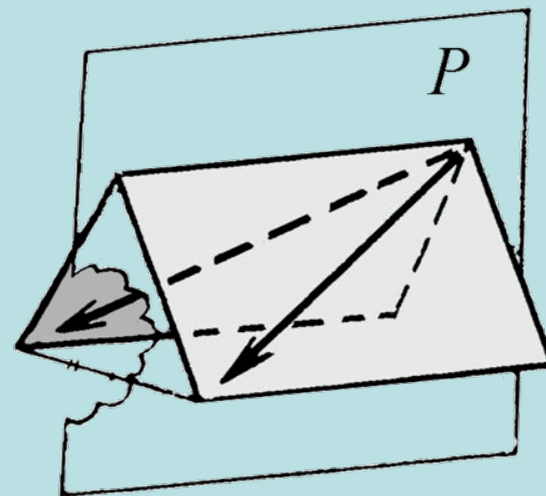




a



б

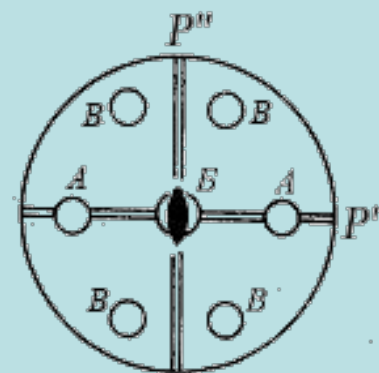


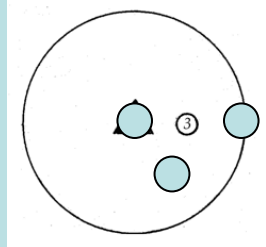
в

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

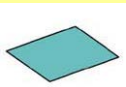
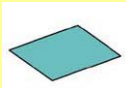
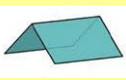
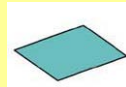
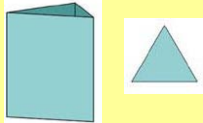
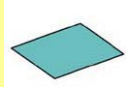
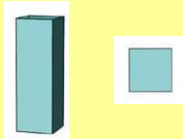
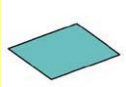
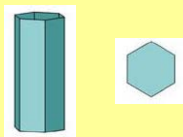


*Совет – нанимайте бригаду,
которая умеет строить
крыши типа «А»
(симметризованный диэдр)*





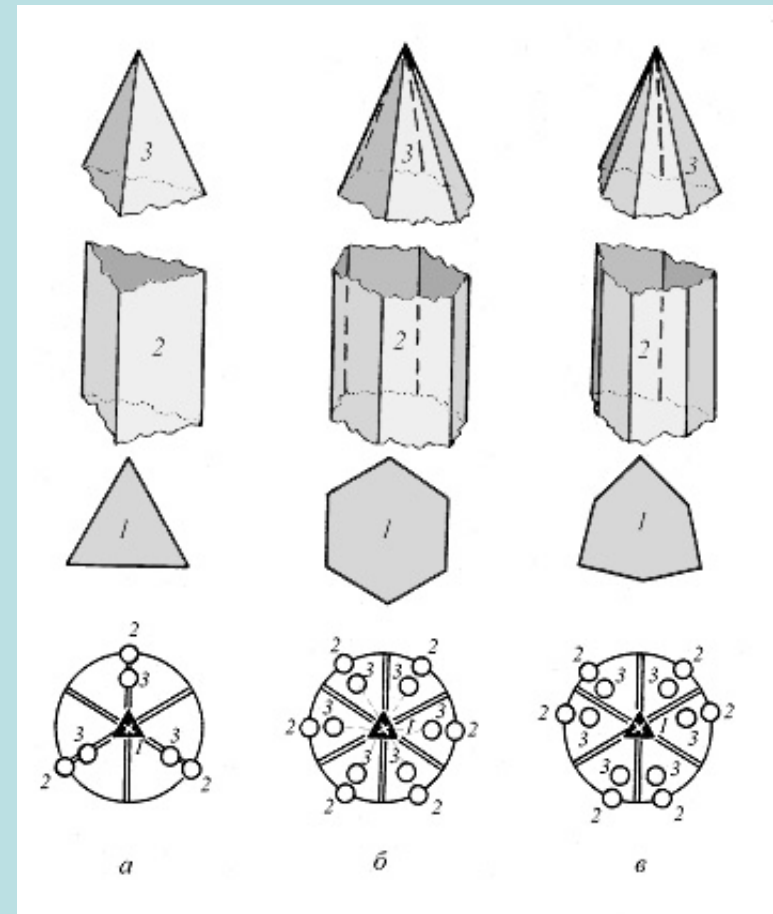
Классы с единственным особым направлением C_n

	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>

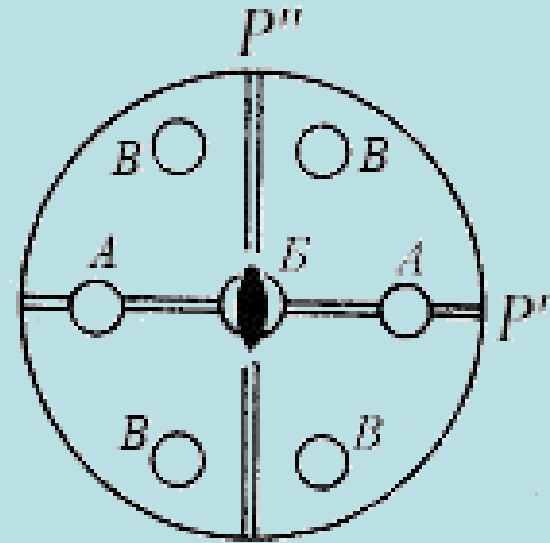
монокристалл
 n -гональная призма
 n -гональная пирамида

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. ф.) и **ди- n -гональные пирамиды** (общие пр. ф.).



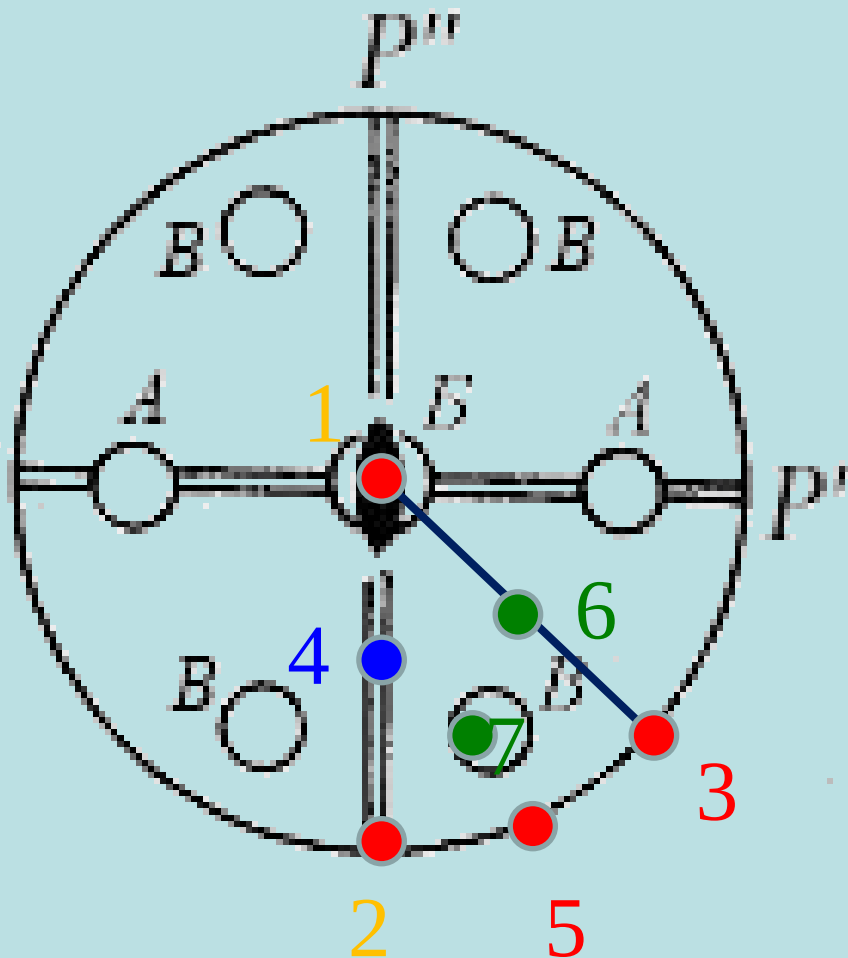
В классе C_{2v} грани, параллельные одной из плоскостей и перпендикулярные другой, образуют **пинакоид** (вырожденную двухгранную призму), а расположенные наклонно к плоскостям симметрии образуют в перпендикулярном оси L_2 сечении ромб. Отсюда частная простая форма, образованная гранями, параллельными 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 тоже так как плоскости неэквивалентны, т.е. 6 – тоже общая простая форма. (Кстати, 3 и 5 тоже одно и тоже)



1

2

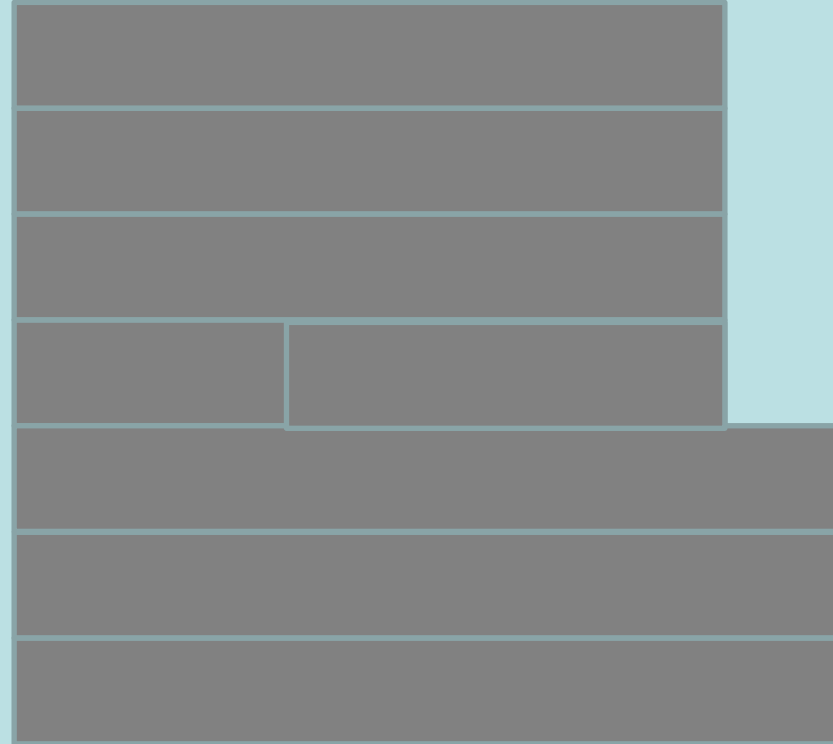
3

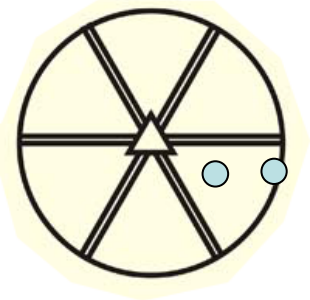
4

5

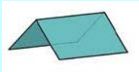
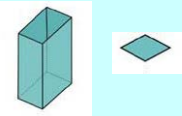
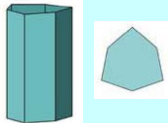
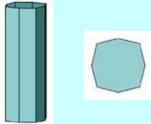
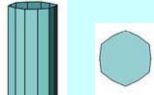
6

7





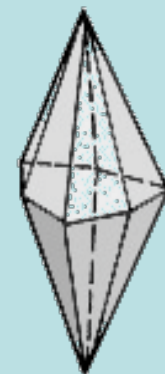
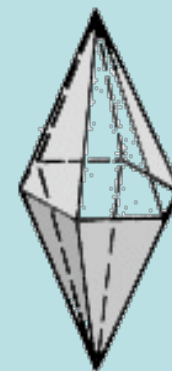
Классы C_{nv}

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

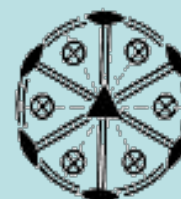
Простые формы кристаллов в классах

$$C_{nh} \text{ и } D_{nh}$$

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:



a



б



в

Простые формы кристаллов в классах

$$C_{nh} \text{ и } D_{nh}$$

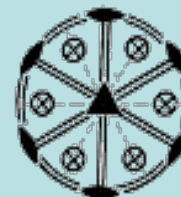
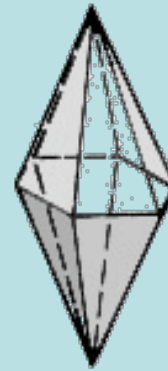
Моноэдры при этом превратятся в *пинакоиды*;

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

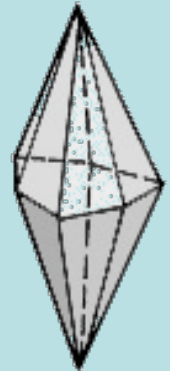
Диэдры из классов L_2 и L_22P превратятся в простую форму из четырех попарно параллельных граней, т. е. призму с ромбическим сечением – *ромбическую призму* (лежащую на боку), геометрически подобную выведенной ранее в классе C_{2v}



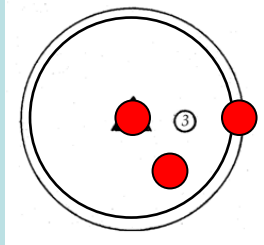
а



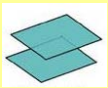
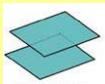
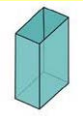
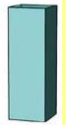
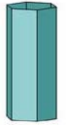
б



в



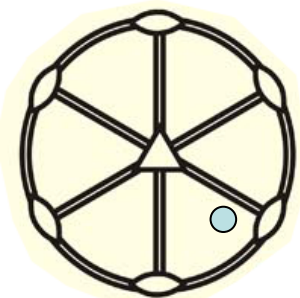
Классы с единственным особым направлением C_{nh}

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

моноэдры
станут
пинакоидами

n -гональная
призма

n -гональная
бипирамида



Классы D_{nh}

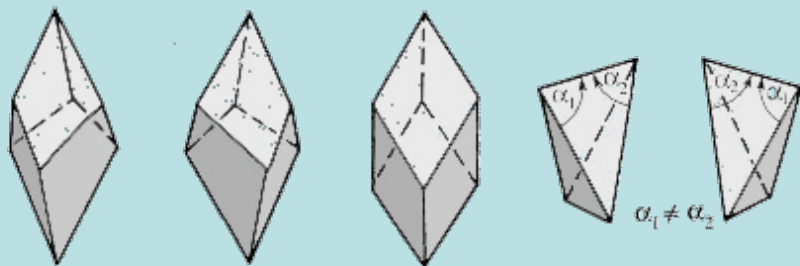
Класс	1-3	4	5	6	7	Название по общей форме
D_{2h}						<i>ромбо- бипирамидальный</i>
D_{3h}						<i>дигригонально- бипирамидальный</i>
D_{4h}						<i>дитетрагонально- бипирамидальный</i>
D_{6h}						<i>дигексагонально- бипирамидальный</i>

Ди- n -
гональная
бипирамида

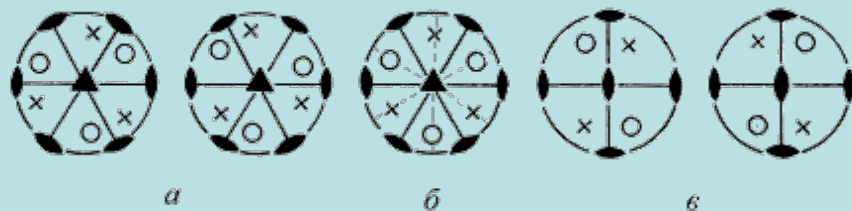
Простые формы кристаллов в классах $D_n = L_n n L_2$

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



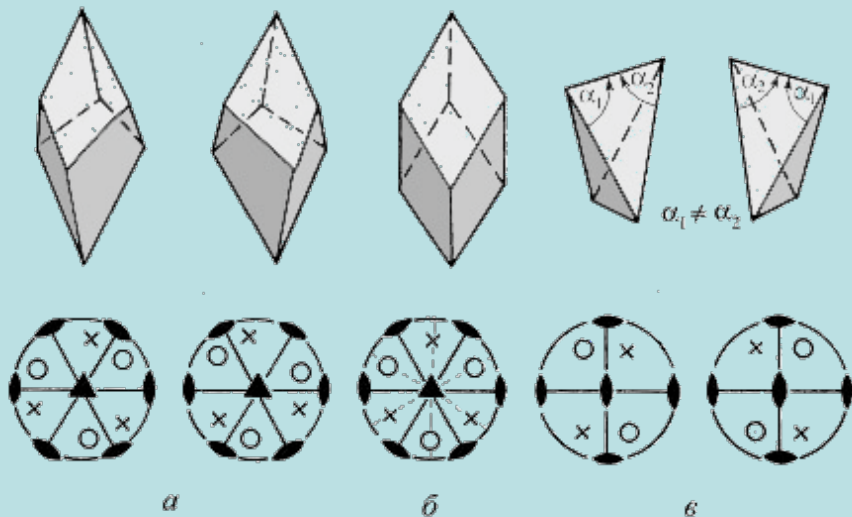
классах C_{nh} и D_{nh} , а за счет поворота вокруг горизонтальной оси L_2 .



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 $D_n = L_n n L_2$

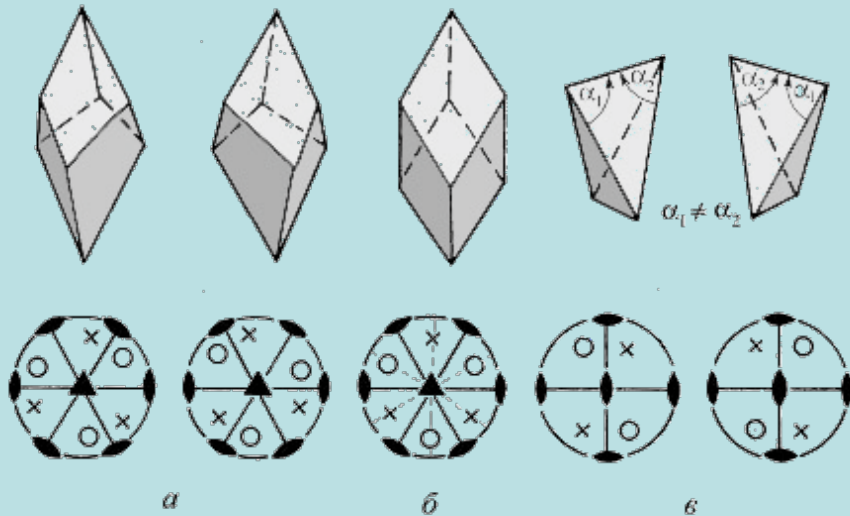
Новые простые формы в классах D_n дадут грани общего положения – это ***n -гональные трапецэдры*** с гранями в форме неправильных четырехугольников (греч. *трапеца* (τραπέζα) – столешница, неправильный четырехугольник).



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

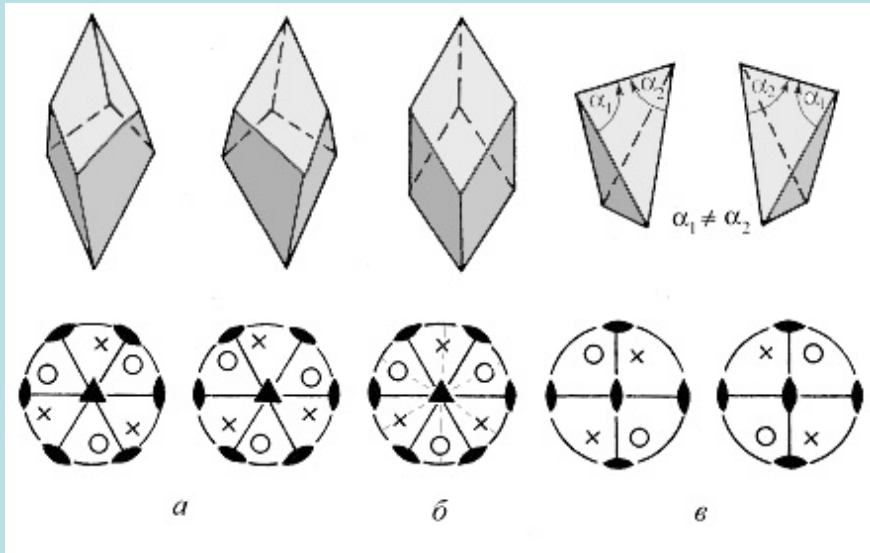
Простые формы кристаллов в классах $D_n = L_n n L_2$

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

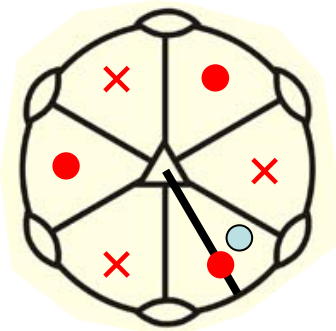


Простые формы кристаллов в классах D_n

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*.



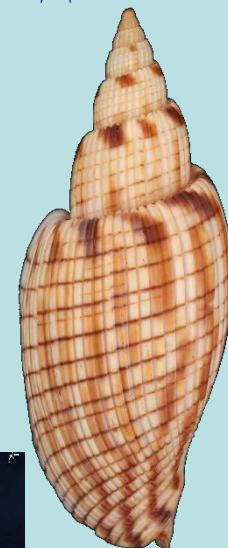
Классы D_n

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>

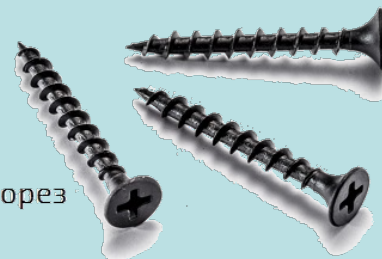
n -гональный
трапецоэдр

Трапецоздры не обладают элементами симметрии II рода!

Это значит они умеют быть
правыми и левыми!

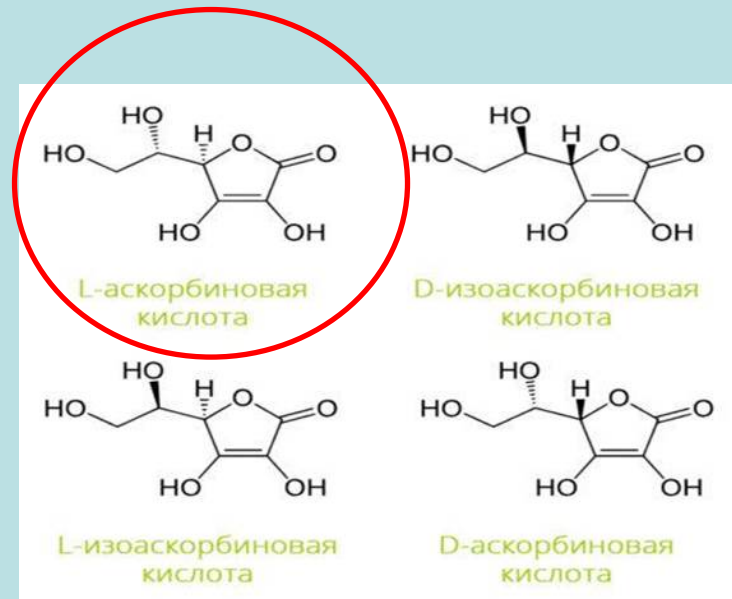


Шуруп



Саморез

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.





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?»

Льюиса 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.



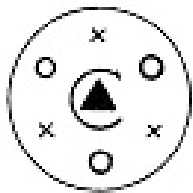
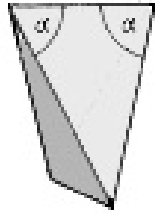
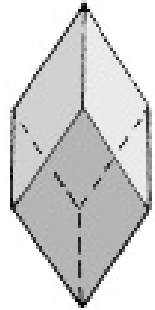
Необоснованное в подавляющем большинстве случаев для неорганических кристаллов неравноправие энантиоморфных пар пространственных групп.

- Так, кажущееся «неравноправие» двух энантиомеров убедительно демонстрируется на примере кристаллических структур теллура и селена, которые в базе данных PCD Пирсона [[Pearson's Crystal Data: Release 2022/23](#)] отмечались **27 раз** для теллура и **39 раз** для селена. При этом все регистрации относились к группе $P3_121$ (№152) и ни разу к группе $P3_221$ (№154)! При этом совершенно очевидно, что для синтетических неорганических веществ вероятности кристаллизации каждой из двух энантиоморфных модификаций совершенно одинаковы, и в многочисленных опытах должны образовываться рацемические (эквимольярные) смеси с соотношением обеих модификаций 1:1.
- В этом случае ошибки возникают совершенно механическим путем. Так, в работе Брока и Дуница (1991) [Brock P., Dunitz J.D. (1991) Space-group frequencies // Acta Cryst. A47, № 6. p. 854.] была высказана догадка, что **право-вращающие винтовые оси** в энантиоморфных парах определяются статистически **чаще лишь только потому, что соответствующие пространственные группы указываются в списках групп первыми!**

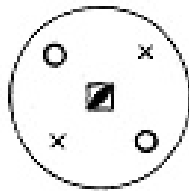


Простые формы кристаллов в классах S_{2n}

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.

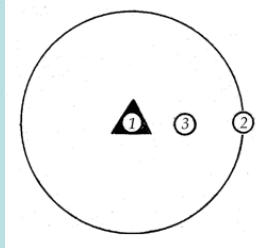


а

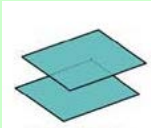
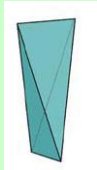


б

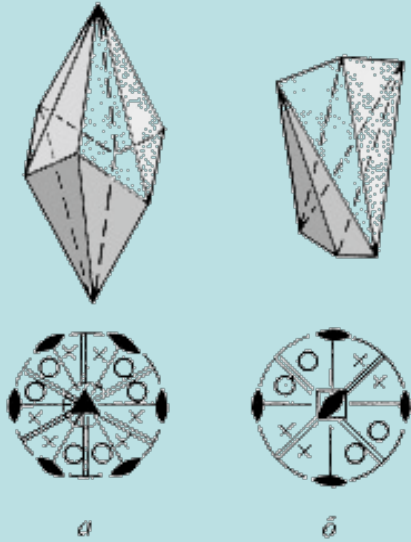
В центросимметричном классе $S_2 = C$ имеются только общие простые формы – **пинакоиды**, образованные двумя параллельными гранями.



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}

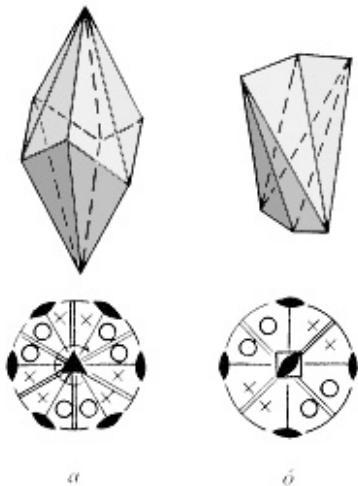


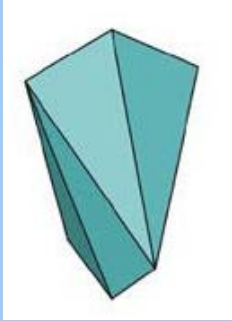
Ромбоэдр в классе D_{3d} и *тетрагональный тетраэдр* в классе D_{2d} – частные простые формы (грани перпендикулярны плоскостям симметрии). В общем положении грани этих простых форм удваиваются – преломляются, образуя новые простые формы – ***n-гональные скаленоэдры*** (греч. *скаленос* (σκαληνοζ) – разносторонний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

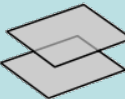
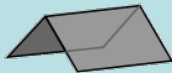
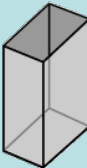
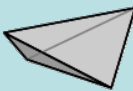
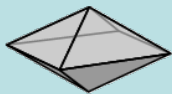
Классы D_{nd} называют ***n-гонально-скаленоэдрическими***.

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 Новинки ЕГЭ и ГИА Журналы Каталог Как нас найти Книга недели Новинки партнеров Издательство

Занимательная кристаллография



Автор: **Гришин И.И., Гришанко Т.А.**

Название: **Занимательная кристаллография** новинка

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

Год издания: **2013** Тираж: **2000 экз.**

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

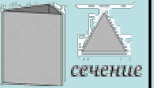
Цена: **135 руб.**

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

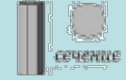
Книга предназначена для школьников, желающих ознакомиться с основами кристаллографии в объеме, достаточном для успешного участия в олимпиадах по геологии, а также для преподавателей геологических курсов.

<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

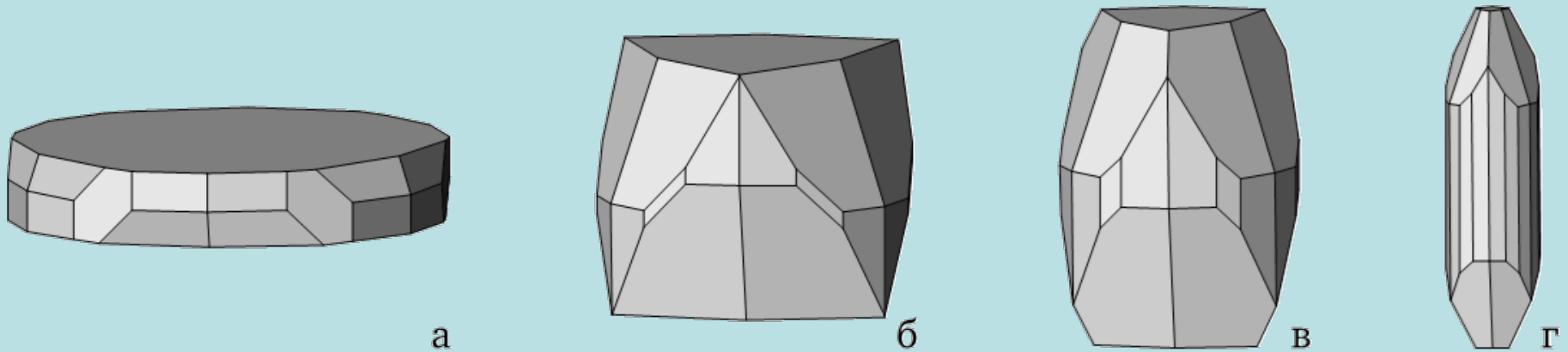
дигексагональная пирамида		12	открытая	L_66P	L_66P
дигексагональная призма		12	открытая	$L_66L_2, L_33L_23PC, L_66P, L_66L_27PC$	Нет
дитригональная бипирамида		12	закрытая	L_33L_24P	L_33L_24P
тригональный скаленоздр		12	закрытая	L_33L_23PC	L_33L_23PC
дитетрагональная бипирамида		16	закрытая	L_44L_25PC	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 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

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»



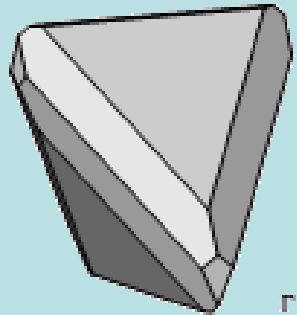
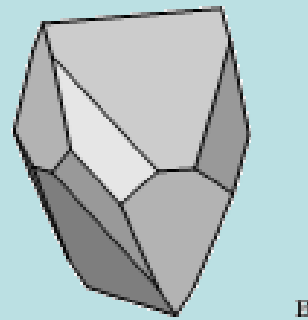
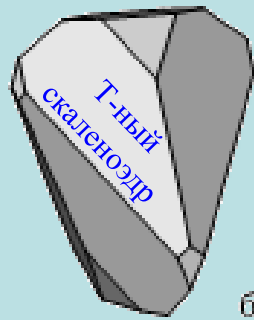
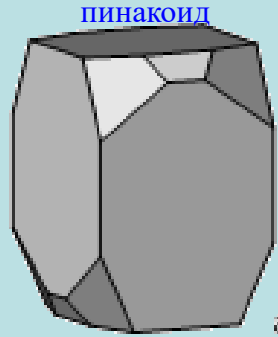
*Пинакодально
гексагонально
призматический*



*Гексагонально
призматически
ромбоэдрический*



*Тригонально
скаленоэдрически
ромбоэдрически
призматический*



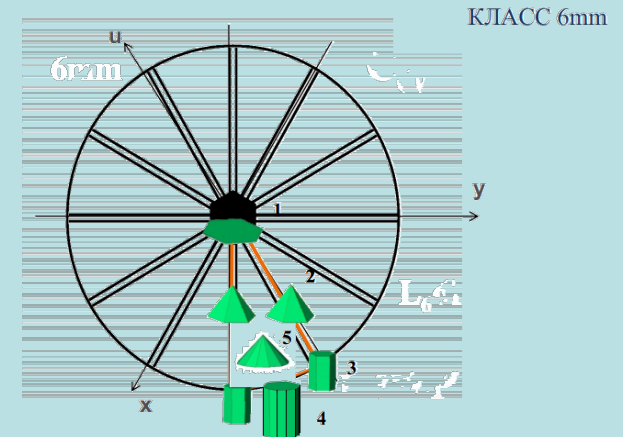
Разберем кристалл
класса D_{2d}
удлиненного облика,
относящегося к
тетрагональной
сингонии

Для закрепления материала

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

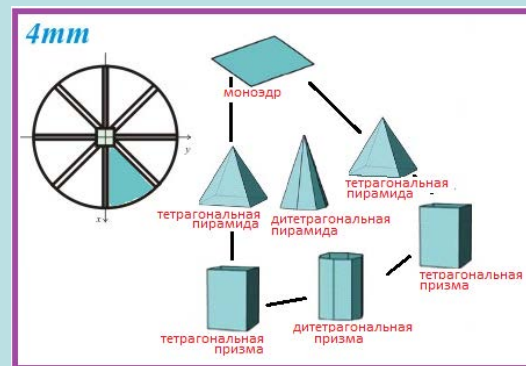
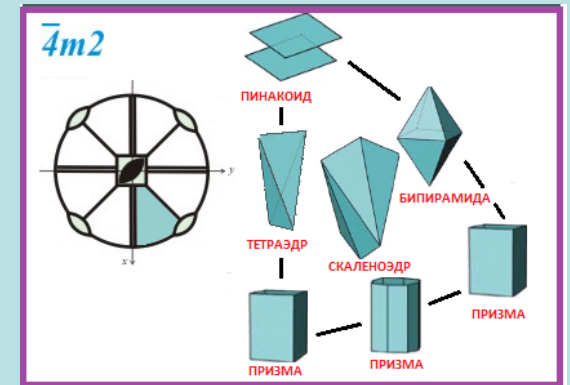
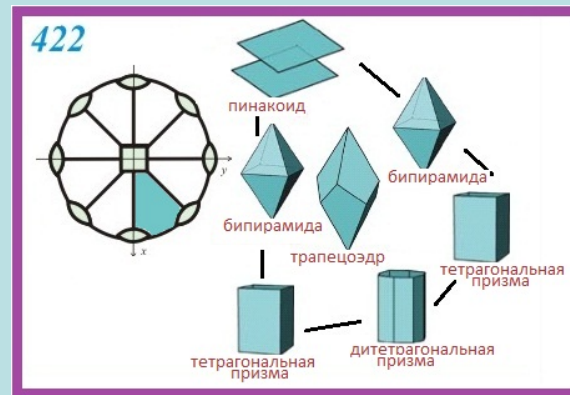
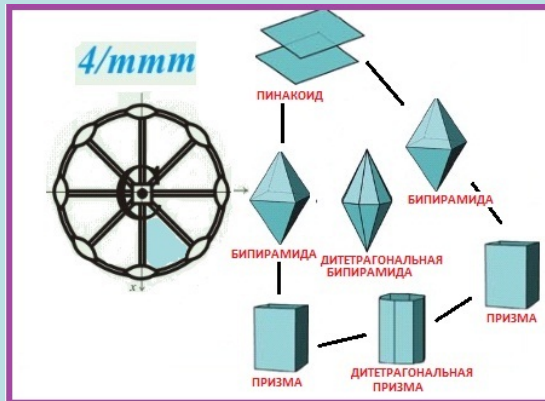
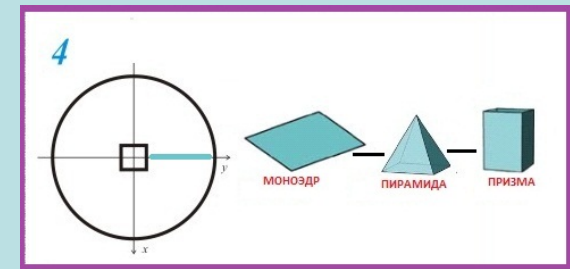
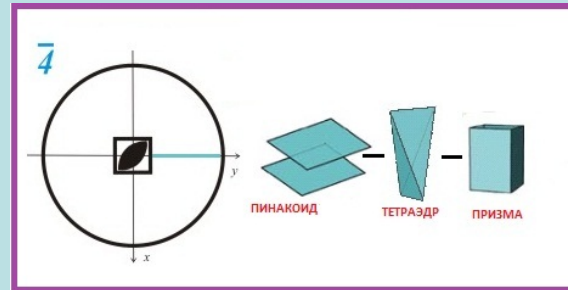
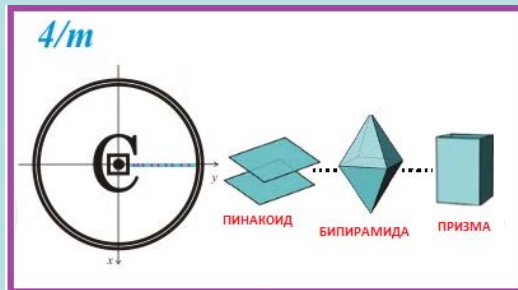


http://cryst.geol.msu.ru/literature/kurs/hex_forms.ppsx

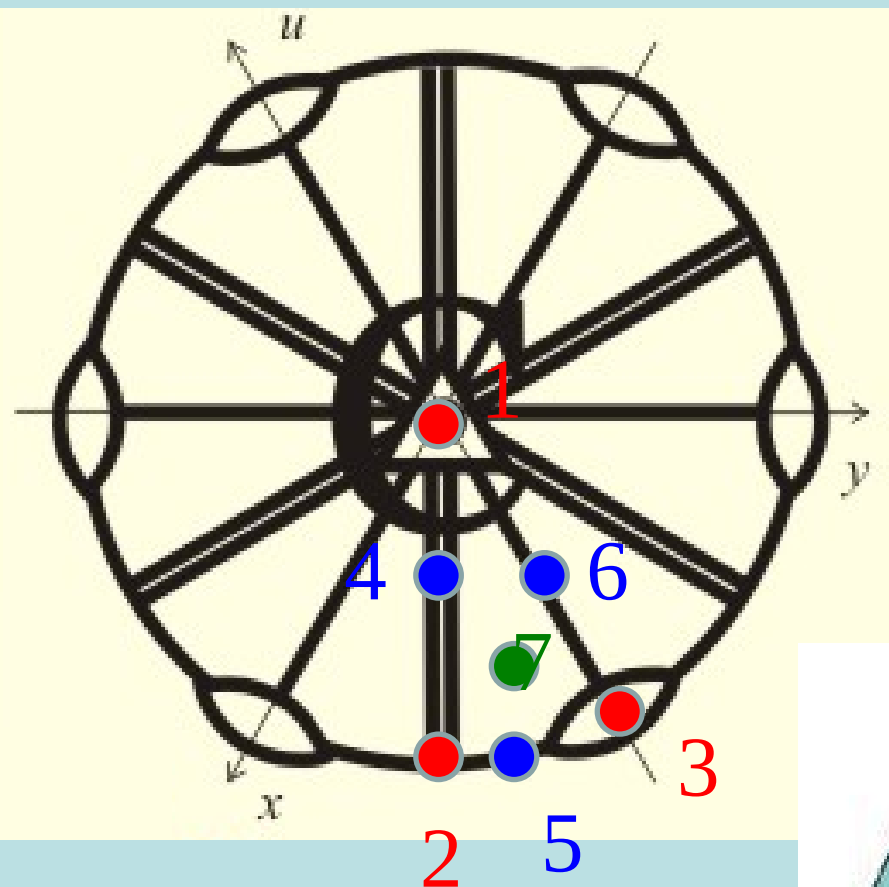


<http://cryst.geol.msu.ru/literature/kurs/tetragonal.pps>

Простые формы классов тетрагональной сингонии



Давайте разберем класс



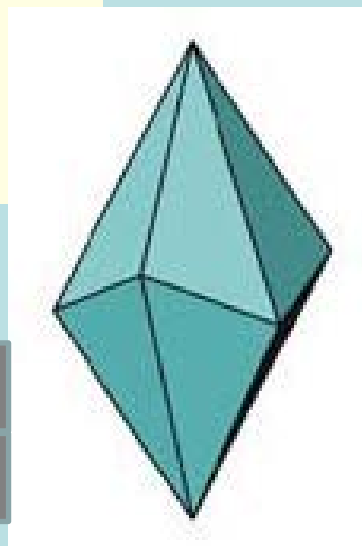
1
2
3
4
5
6

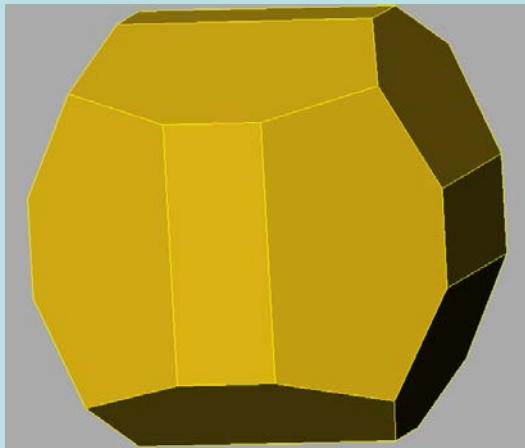


ВСК=

Позиция 1

Позиции 3,2,4





Что общего



Самое длинное
ругательное
слово в мире

Кубические классы
и их простые
формы



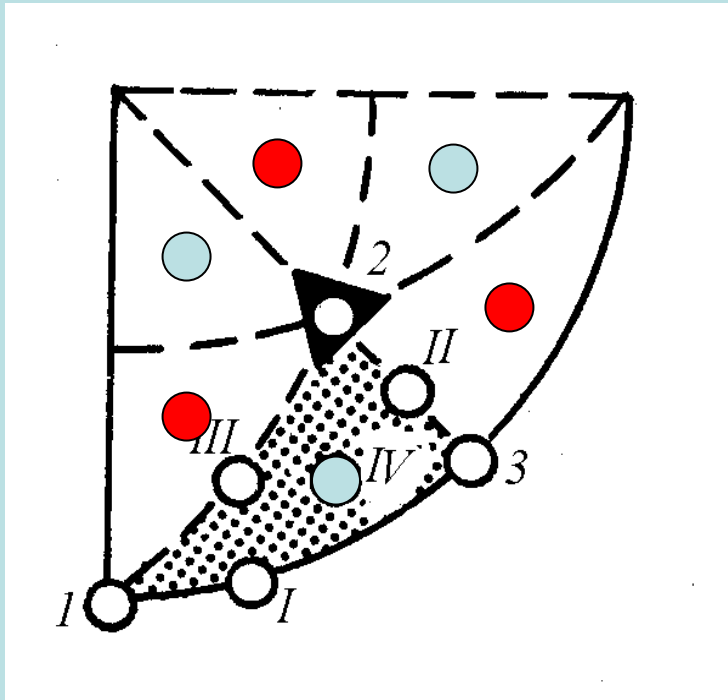
Первомайские
демонстрации
1937-1941 годов



«ЯКОБЫ 15»

ПРОСТЫХ ФОРМ
ВЫСШЕЙ
КАТЕГОРИИ

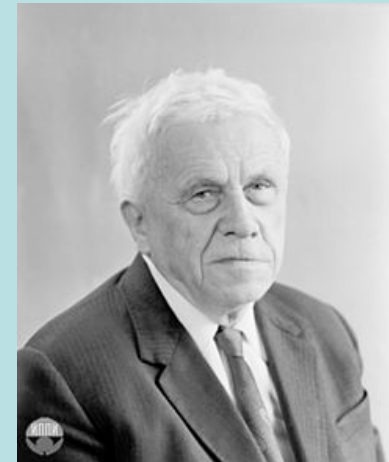
Различные позиции граней на стереограмме кубических классов симметрии.



Грани основных простых форм:
1 – (выход координатных осей),
2 – (выход осей 3-его порядка)
3 – (диагональное направление);
грани производных форм:
I – (параллельно оси z),
II – (равнонаклонно к осям x и y),
III – (равнонаклонно к осям z и y)},
– **Общая форма**

ИТОГО: в каждом кубическом классе
7 различных по названию простых форм

**Способ Н. В. Белова
вывод простых форм кристаллов
кубической сингонии как производных от
простейших основных форм**



**Н.В. Белов - академик, герой соц. Труда.
Зав. кафедрой кристаллографии МГУ
1961-1982**

Основные простые формы кубический кристаллов – это простейшие кристаллографические фигуры с несколькими осями высшего порядка.

Грани этих простых форм занимают строго фиксированное положение, как бы подчеркивая основные особые направления классов кубической сингонии – три координатные оси симметрии, четыре равно наклонные к ним оси 3-го порядка и шесть диагональных особых

Названия **большинства** производных простых форм кристаллов кубической сингонии строятся по следующей схеме:

1. Характеристика формы грани:

тригон (греч. **три** (τρι) - три, **гониа** (γωνία) – угол) – треугольная,

тетрагон (греч. **тетра** (τετρα) – четыре) – четырехугольная,

пентагон (греч. **пента** (πεντα) – пять) – пятиугольная;



2. Количество граней,
заменивших исходную грань основной
простой формы;

**3. Название простой формы, на
основе которой выводится полученная
производная форма.**

Например, **тригон-тетра-гексаэдр**
(**Δ 4×6**)

простая форма с гранями **треугольной**
формы, где **учетверилась** грань исходной
формы – **гексаэдра**.

ИТОГО
проговариваем для себя (на древнегреческом)

КТО
/
СКОЛЬКО ШТУК
/
НА КОМ ВЫРОСЛО

(пентагон-три-октаэдр)

ПЕРЕВОД с древнегреческого :
на грани октаэдра выросло три
пентагона



**7 форм
5 классов
 $7 \times 5 = 35$?**



**НЕТ!
15!**



Историческая параллель – первомайские демонстрации 1937-1941 годов



Мавзолей Ленина стал трибуной для руководителей государства.



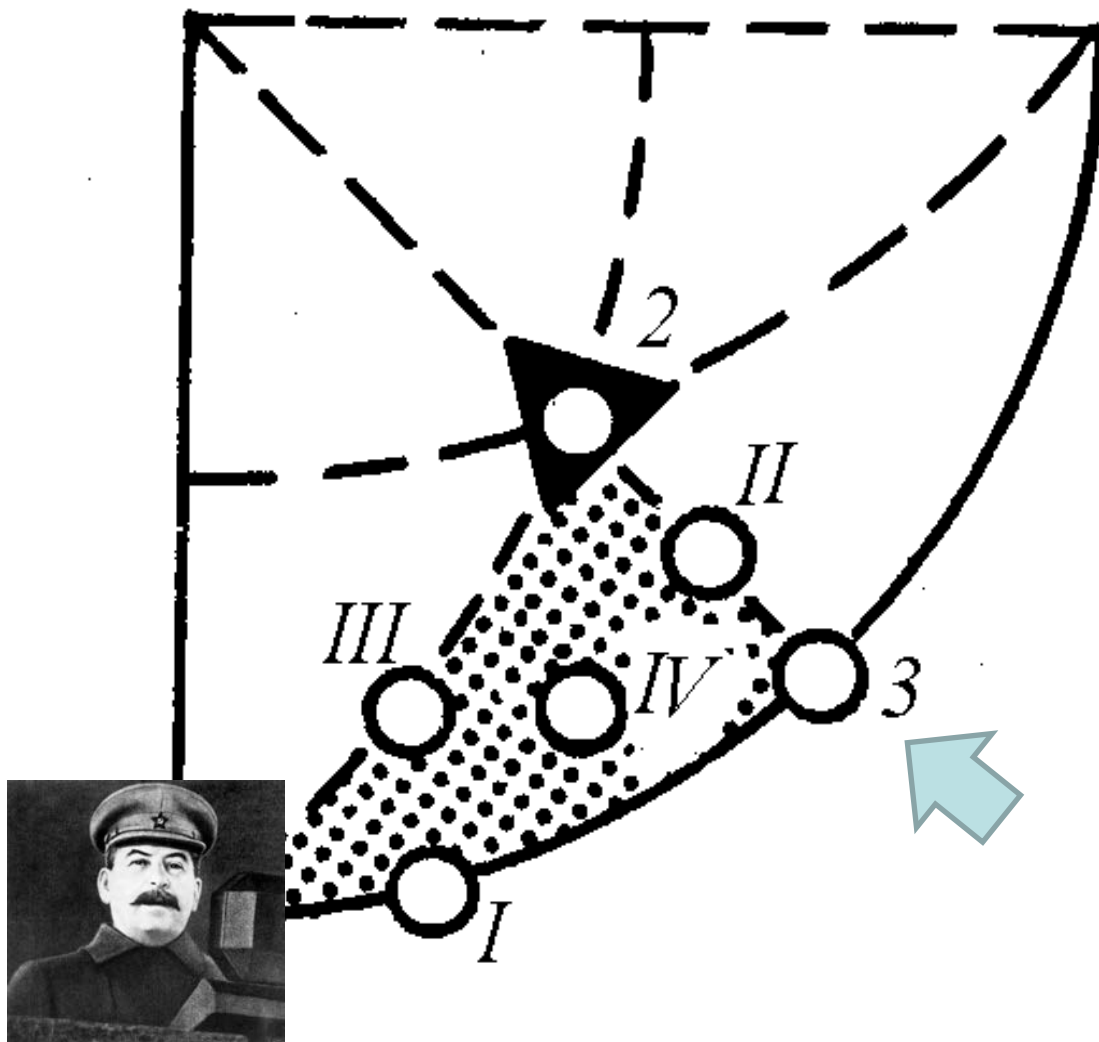
Место в первом ряду строго регламентировано и соответствовало текущей иерархии (хотя ежегодно и были обновления — *это базовые простые формы*)

Обязательно звали одного представителя народа (каждый год новый) *Кривонос, Стаханов, Ангелина* и т. д. —
Общая простая форма

Частные простые формы в вершинах треугольника

2 неизблемы во всех классах

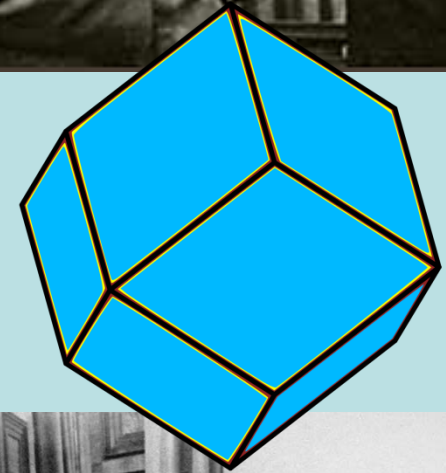
Это гексаэдр (Сталин) и



ВАЛЬС ТРИДЦАТЬ ДЕВЯТОГО ГОДА

<https://gorodnitsky.com/songs/%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D1%81-%D1%82%D1%80%D0%B8%D0%B4%D1%86%D0%B0%D1%82%D1%8C-%D0%B4%D0%B5%D0%B2%D1%8F%D1%82%D0%BE%D0%B3%D0%BE-%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%B0/?ysclid=m2c4ml5xb1817987010>

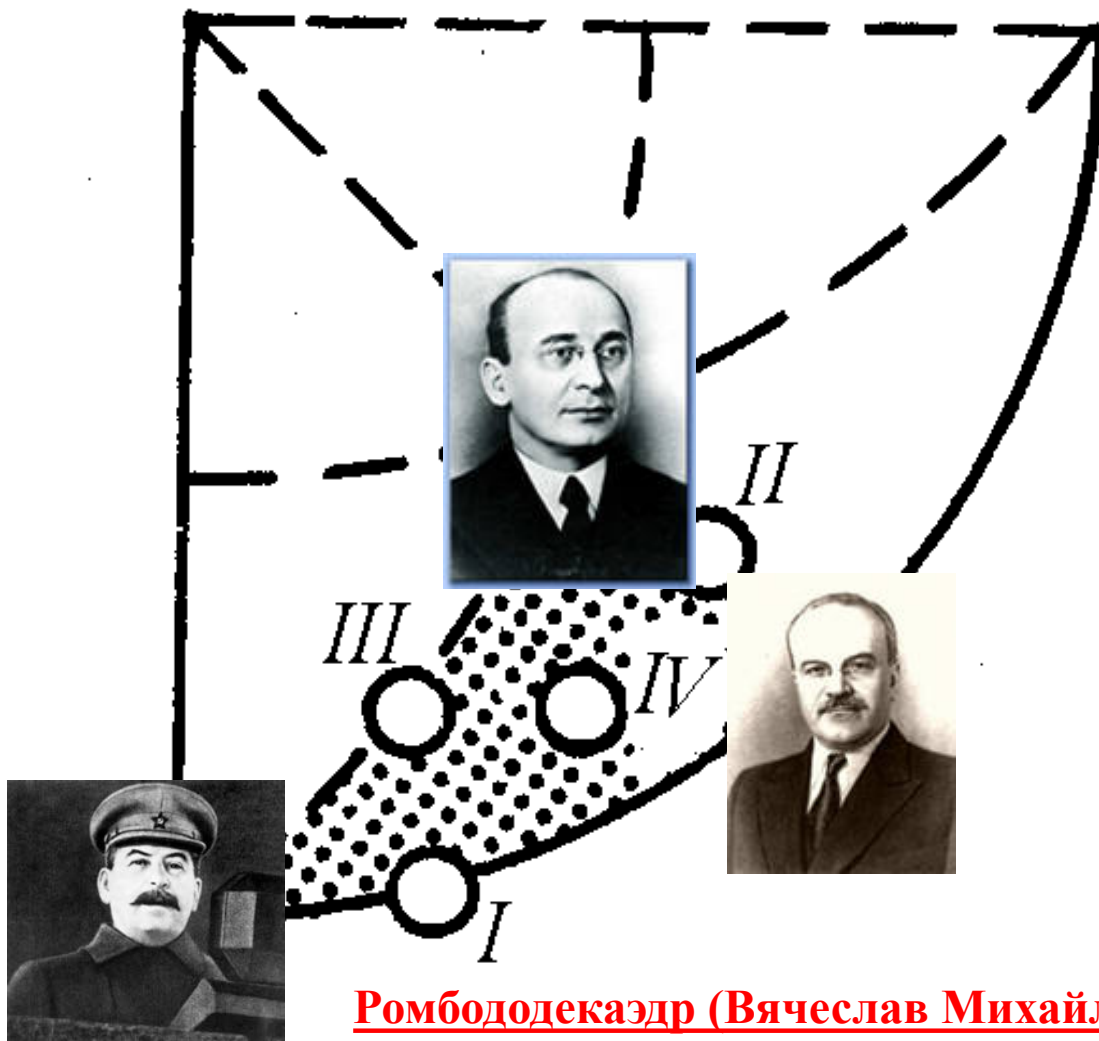
Полыхает кремлевское золото.
Дует с Волги степной суховей.



Частные простые формы в вершинах треугольника

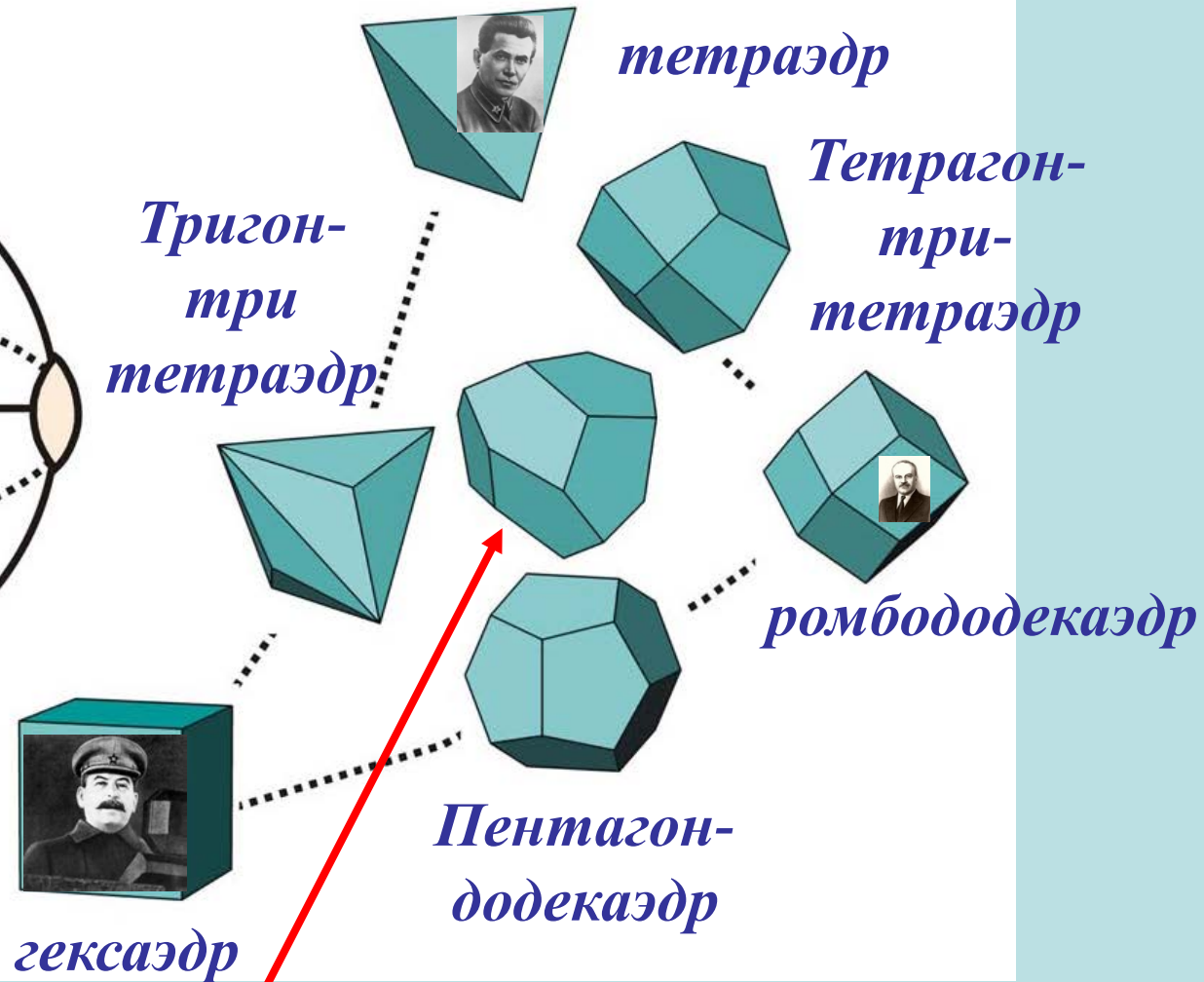
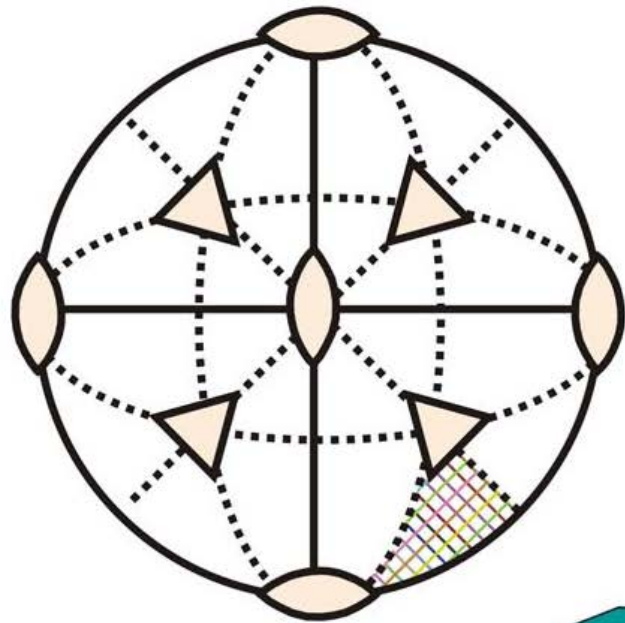
2 неизблемы во всех классах

Это гексаэдр (Сталин) и



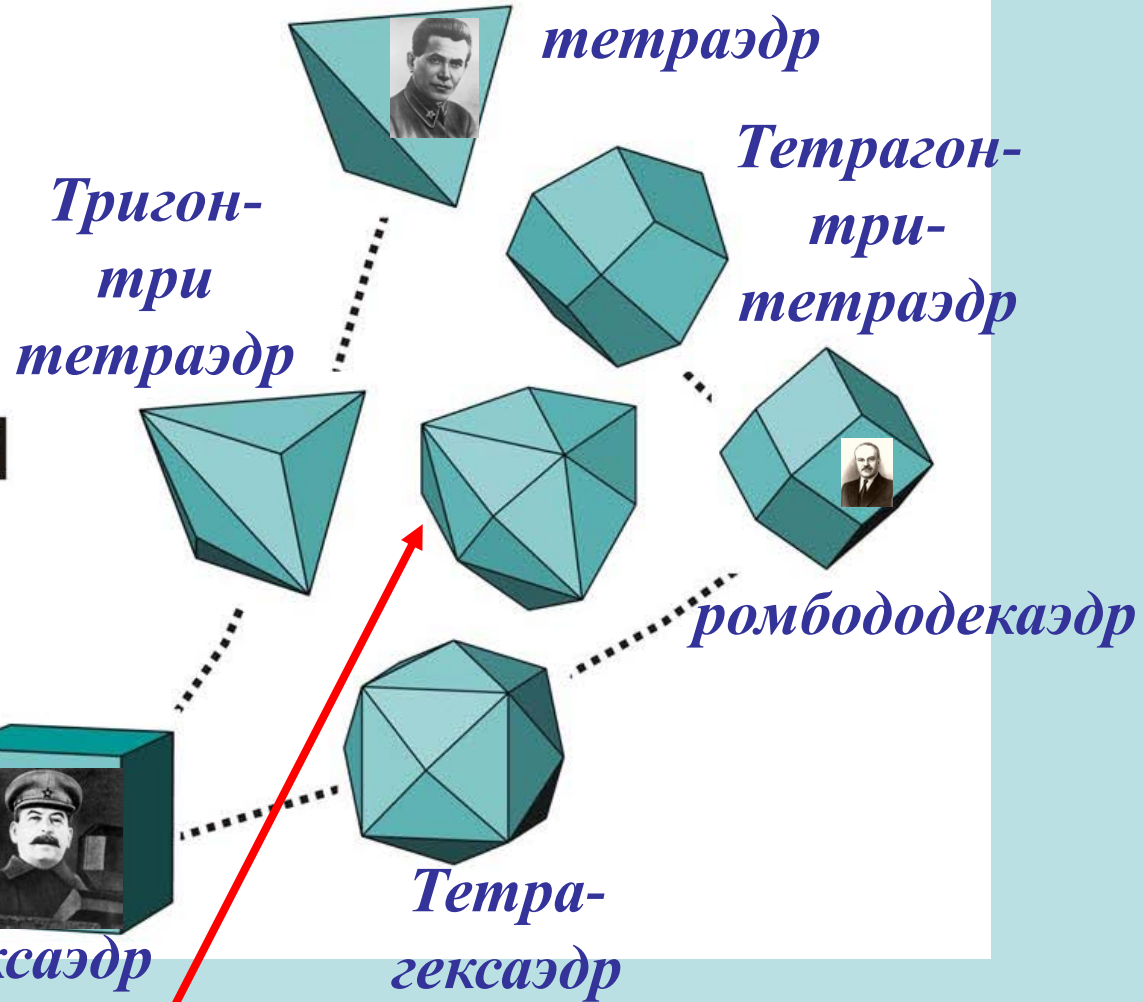
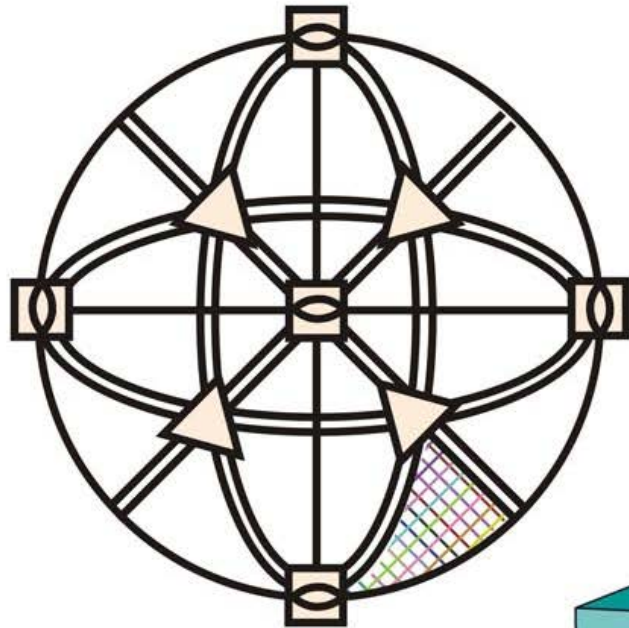
Ромбододекаэдр (Вячеслав Михайлович Молотов)

23



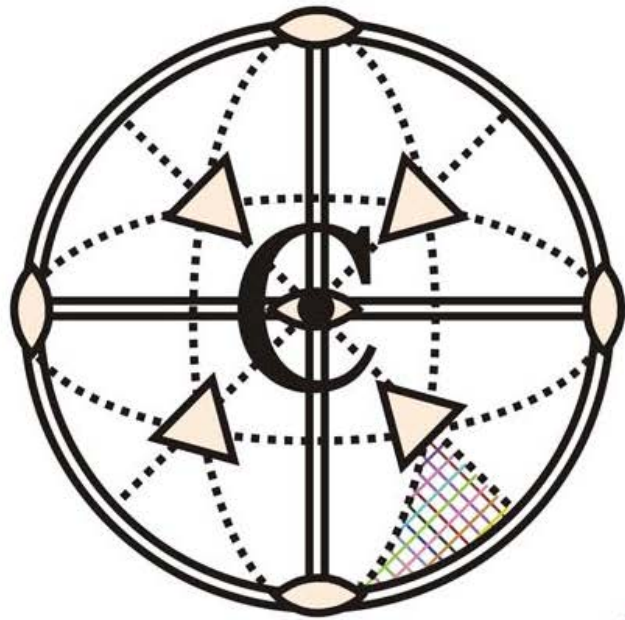
Пентагон-три-тетраэдр (12 граней)

$\overline{43}m$



Гекса-тетраэдр (24 грани)

$m\bar{3}$



Тетрагон-
три
октаэдр

октаэдр

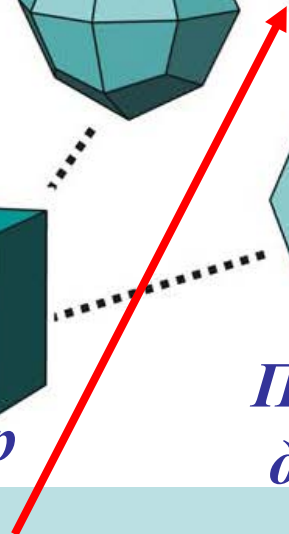
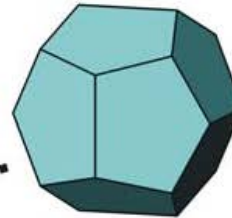
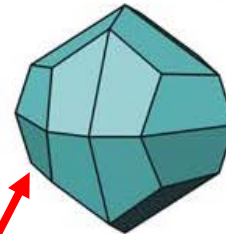
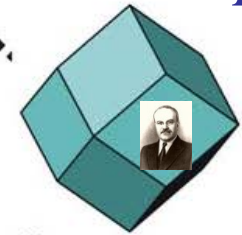
Тригон-
три-
октаэдр

ромбододекаэдр

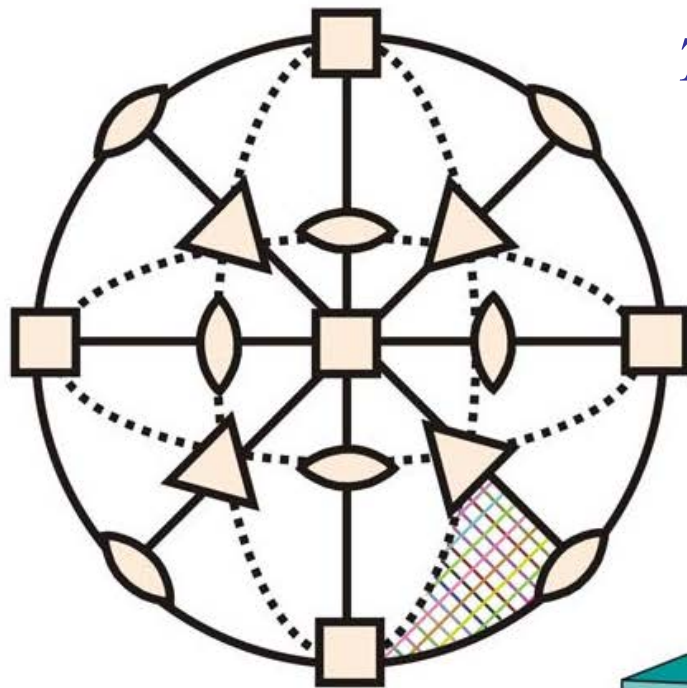
Пентагон-
додэкаэдр

гексаэдр

Дидодекаэдр (24 грани)



432



гексаэдр

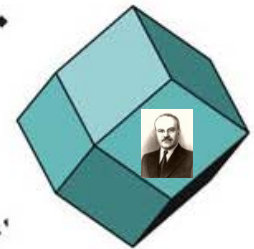
Тетрагон-
три-
октаэдр



октаэдр



Тригон-
три-
октаэдр



Ромбо
додекаэдр



Тетра-
гексаэдр



Пентагон-три-октаэдр (24 грани)

$\overline{m3m}$



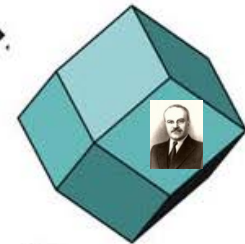
Тетрагон-
три-
октаэдр



октаэдр



Тригон-
три-
октаэдр



Ромбо
додекаэдр

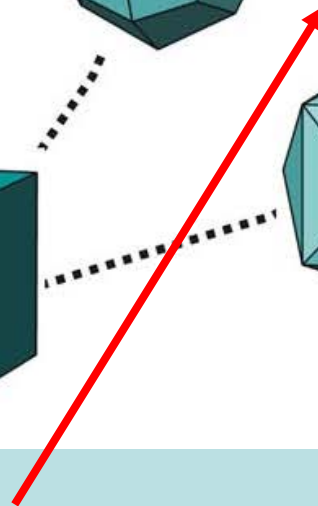


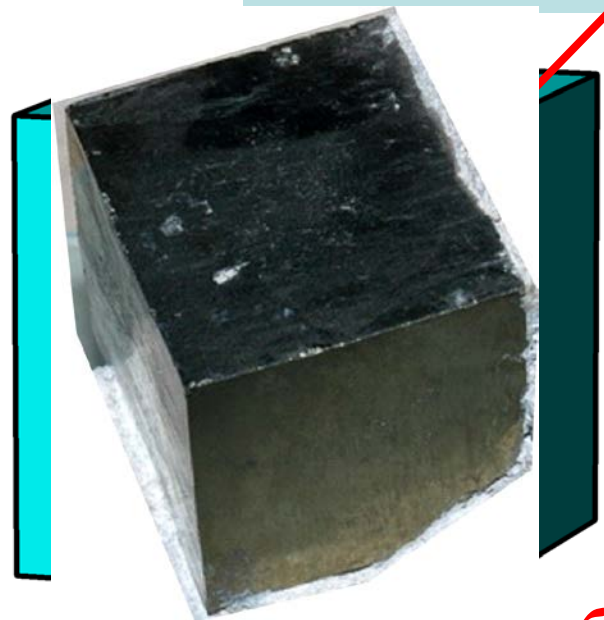
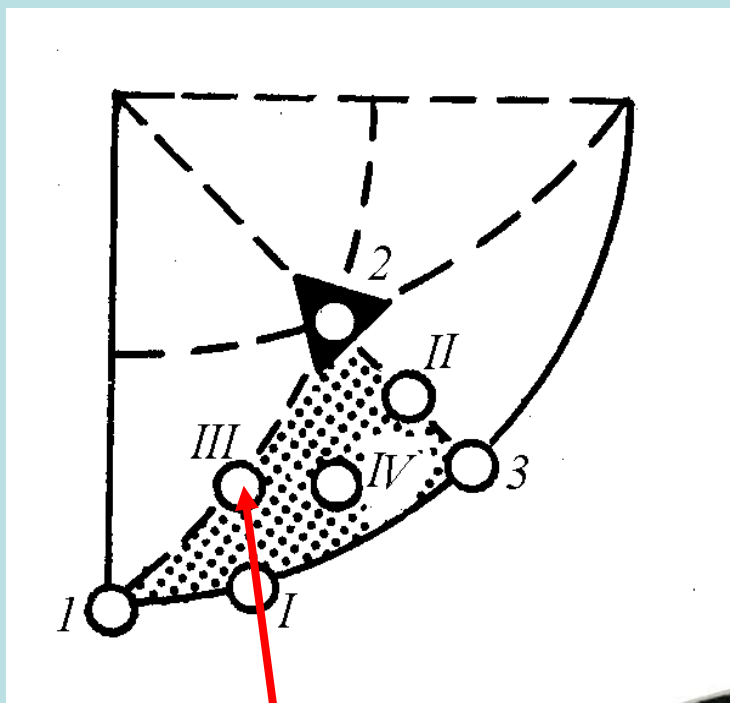
Тетра-
гексаэдр



гексаэдр

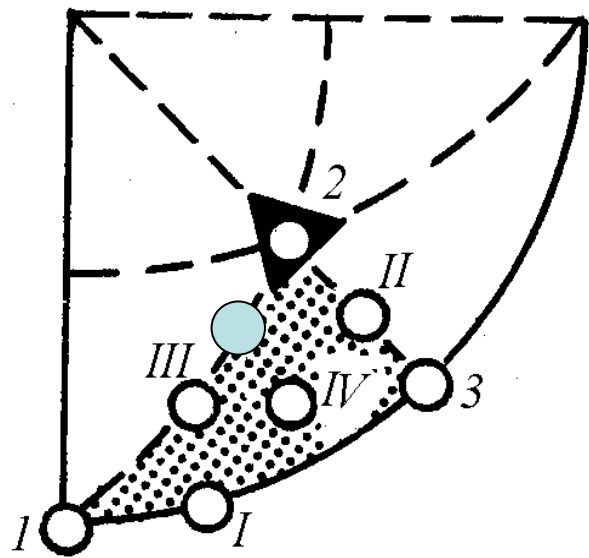
Гекса-октаэдр (48 граней)





Забыли кто тут живет?

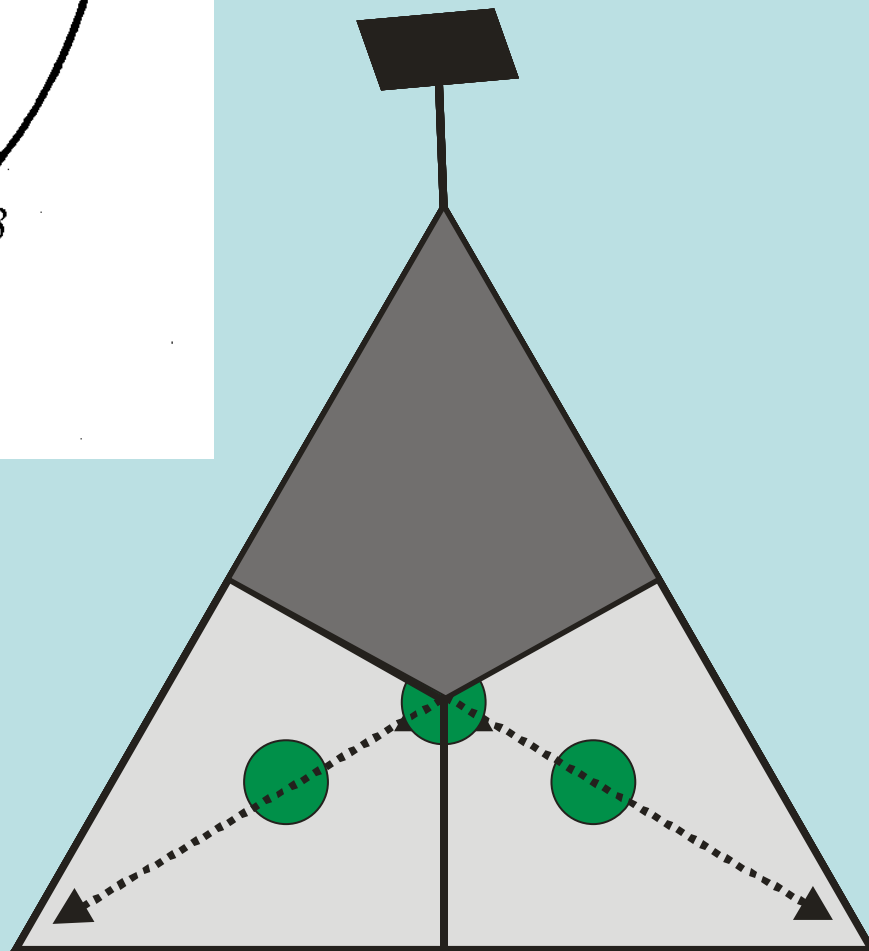
Не беда! Вычислим!

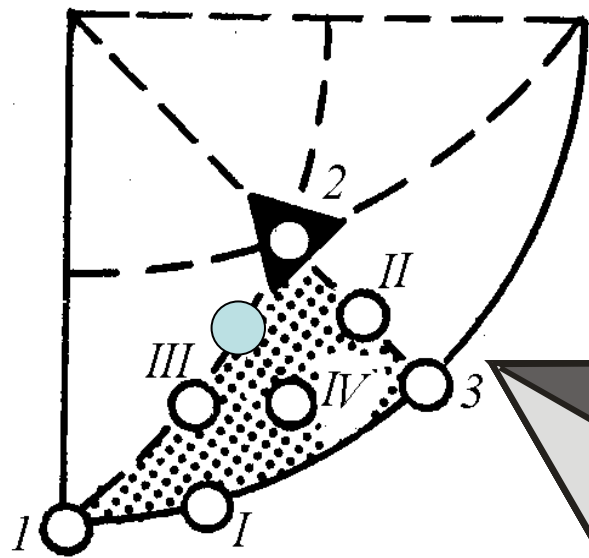


Тетрагон

три

октаэдр

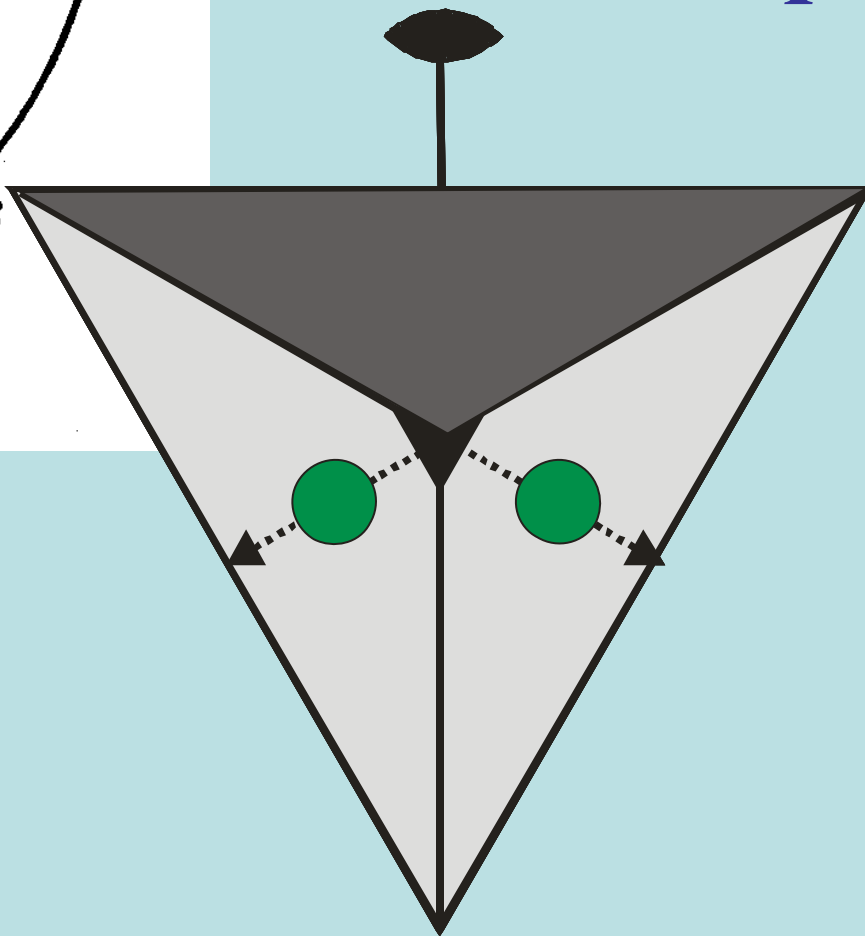




Тригон

три

тетраэдр



На 5 вещей можно смотреть вечно:

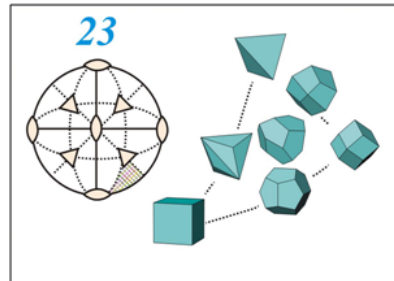
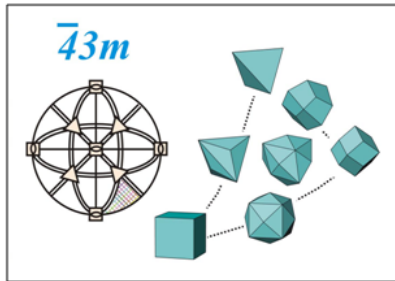
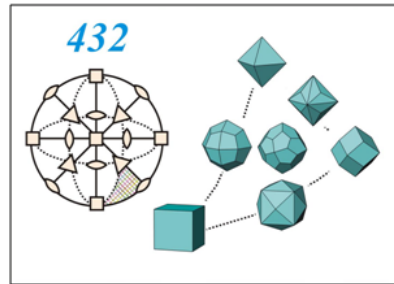
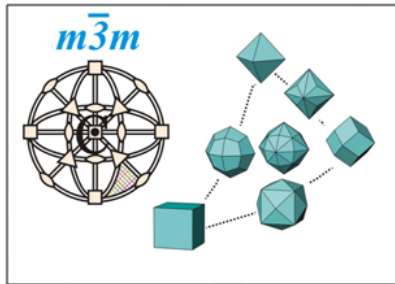
- 1) Как бежит вода
- 2) Как горит огонь
- 3) Как работает человек
- 4) Как печатает 3D-принтер
- 5) Как переходят друг в друга
простые формы (особенно,
если они кубические)



Мультик тут:

http://cryst.geol.msu.ru/literature/kurs/2008_01_volkov_demo.pps

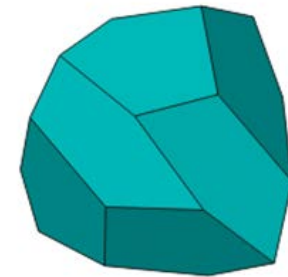
Класс



[Назад](#)

[Далее](#)

23



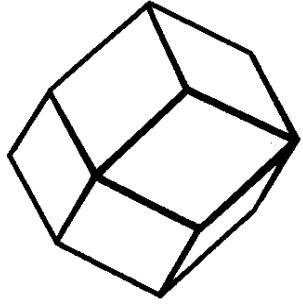
[Назад](#)

По форме грани в комбинационном
многограннике
НИКОГДА
не пытайтесь назвать простую форму!!!

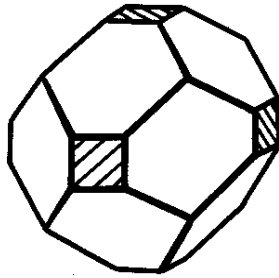


Посмотрите где она находится на проекции!

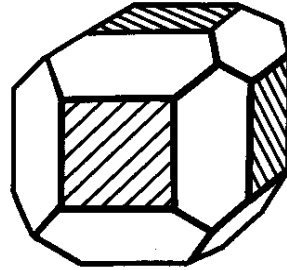
Это гексаэдр!!!



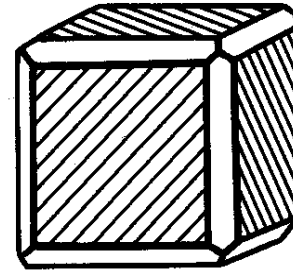
a



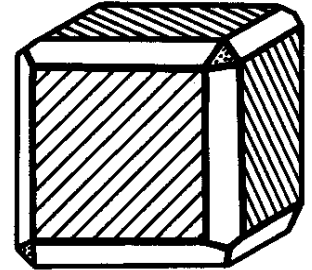
б



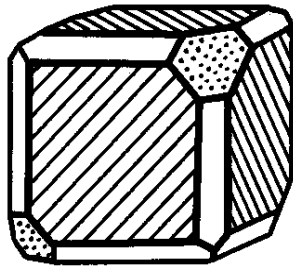
в



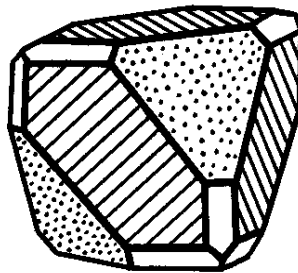
г



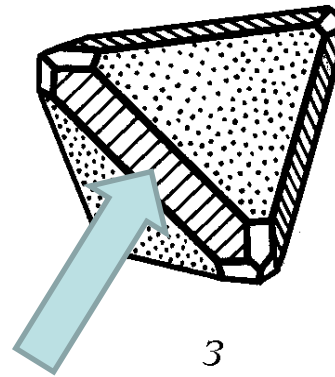
д



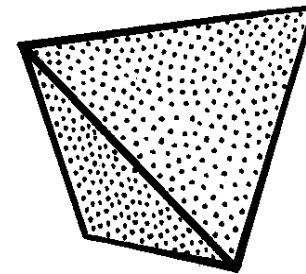
е



ж

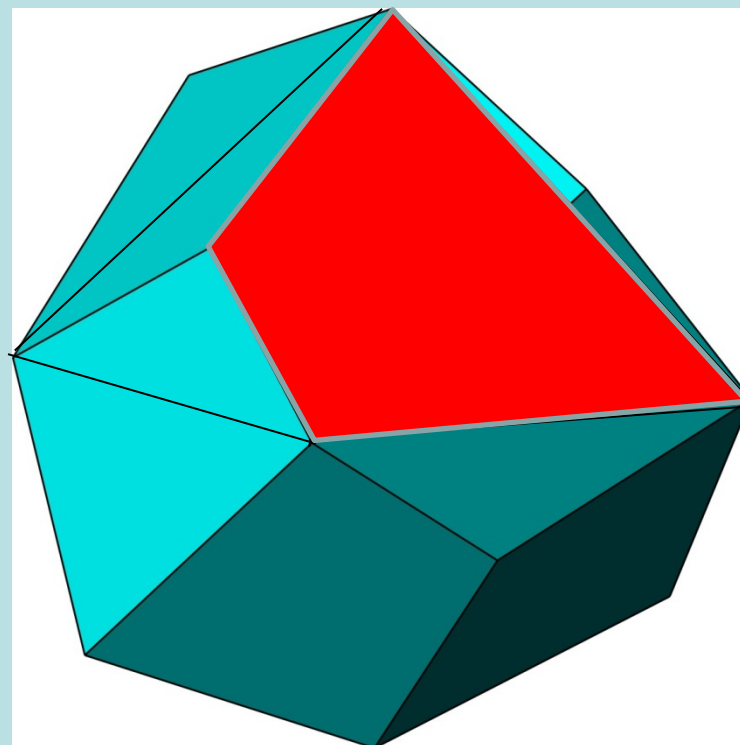
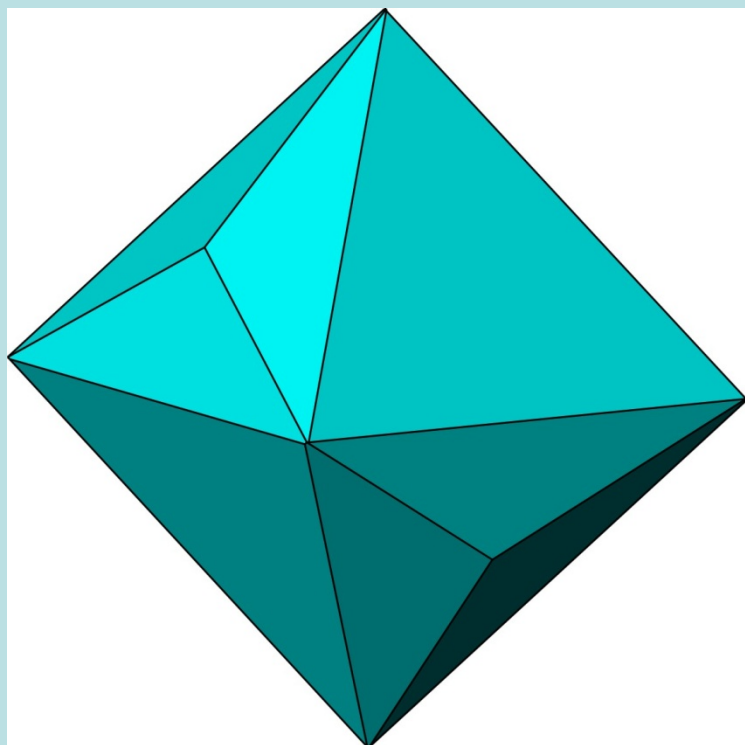


з



и

Изменение габитуса кристалла от ромбододекаэдрического (а), через гексаэдрически-ромбододекаэдрический (в) и через гексаэдрически-тетраэдрически-ромбододекаэдрический (е,ж) до тетраэдрического.



Задача по высшей математике



Мальчик написал на заборе габитус комбинационного многогранника класса O_h , представленного всеми простыми формами.

Рассчитайте длину забора, необходимого для надписи этого слова, если известно, что на каждую букву мальчик тратит 30 см длины забора.

Одно из самых длинных ругательств в мире

Ты –

Гексаэдрически

тетрагонтриоктаэдрически

октаэдрически

тригонтриоктаэдрически

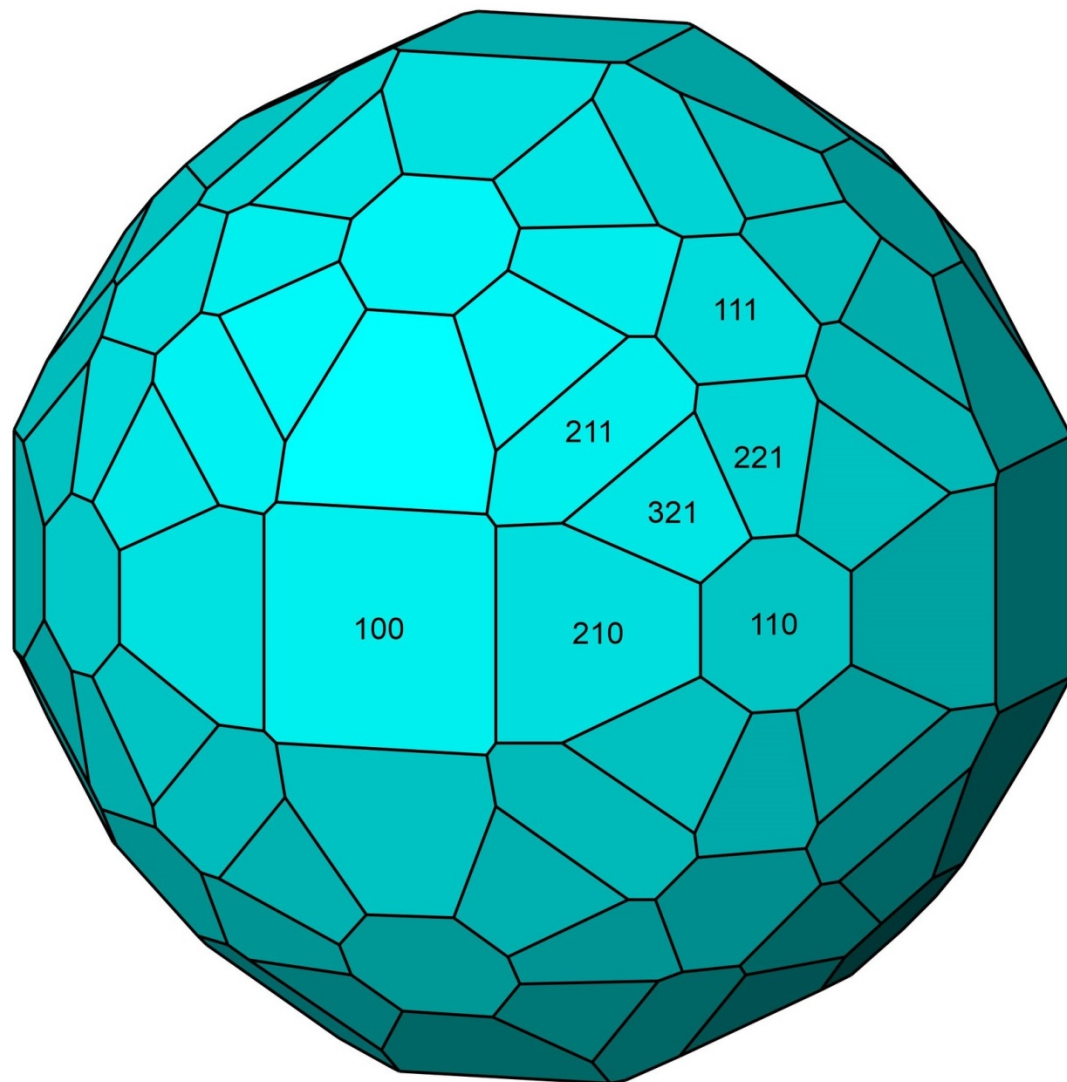
ромбододекаэдрически

тетрагексаэдрически

гексаоктаэдрический

габитус!

Ответ : 39метров
30 см.



Гексаэдрически-тетрагонтриоктаэдрически-
 октаэдрически-тригонтриоктаэдрически-
 ромбододекаэдрически-тетрагексаэдрически-
 гексаоктаэдрический габитус

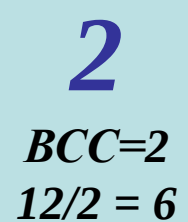
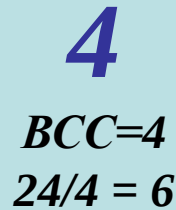
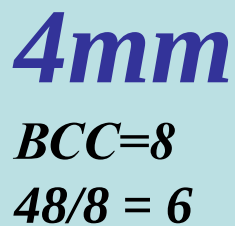
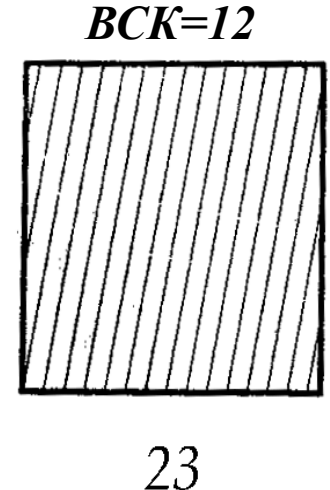
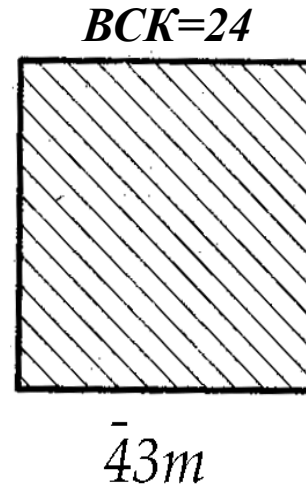
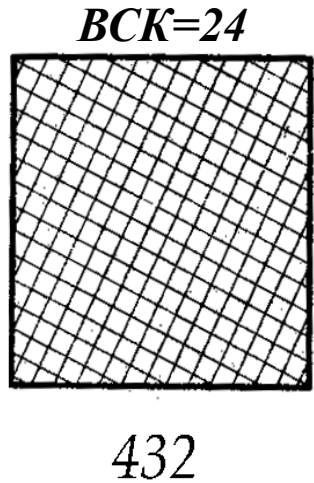
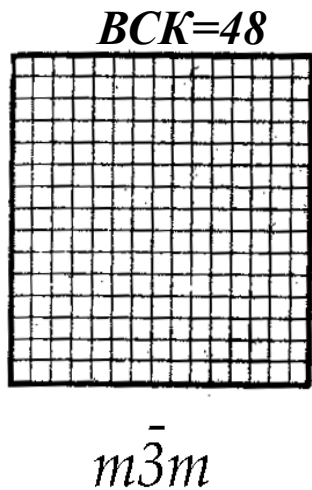
**Комбинационный
 многогранник
 класса O_h ,
 представленный
 всеми
 простыми
 формами**

**Кстати, сколько
 всего на чертеже
 граней?**

$$6+8+12+24+24+24+48 = 146 \text{ граней}$$

ПОЧЕМУ ЖЕ ИХ НЕ 15???



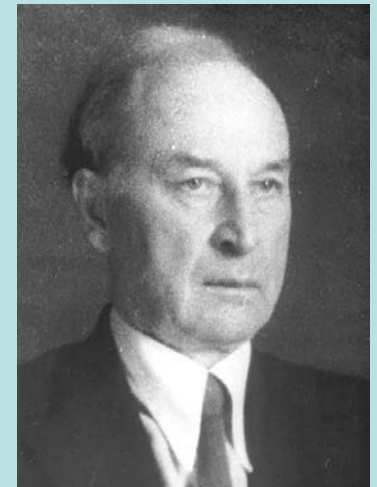


Гексаэдров – ПЯТЬ РАЗНЫХ!

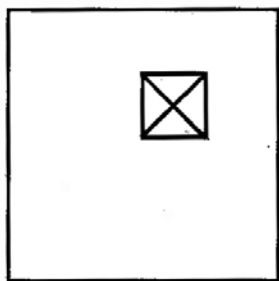
Собственная симметрия граней

пяти разновидностей гексаэдра,

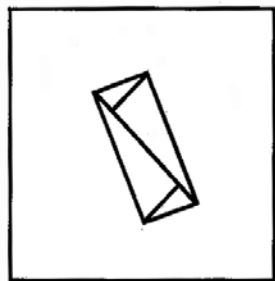
принадлежащих пяти классам кубической сингонии (по А. В. Шубникову)



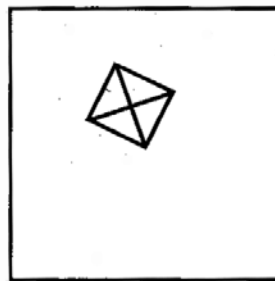
Реальную симметрию кристаллов можно выявить не только по фигурам роста, но и по **фигурам растворения**, образующимся под действием природных растворов. Кроме того, подобрав соответствующий растворитель и нанеся его капли на разные по симметрии грани кристалла, получим, как результат растворения поверхности кристалла, фигуры травления, отличающиеся по форме и указывающие на их истинную симметрию



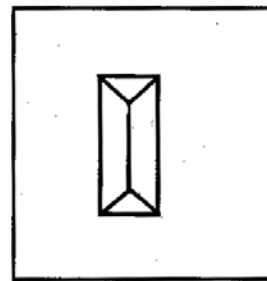
$m\bar{3}m$



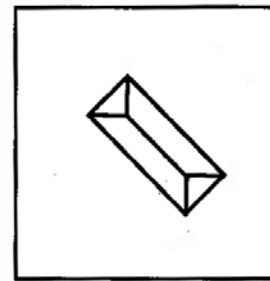
23



432



$m\bar{3}$



$\bar{4}3m$

Фигуры травления на гранях куба различной симметрии

Учет симметрии простых форм, а следовательно, и их физических свойств, позволило член-корреспонденту РАН, первому основателю кафедры кристаллографии и кристаллохимии **Г.Б. Бокию** (1909-2002 г.г.) увеличить общее число физически различных простых форм с **47** до **146**



при учете энантиоморфных пар –
получается

193

Если же учесть тот факт, что в классах с полярными направлениями параллельные друг другу грани в верхней и нижней полусфере не выводятся друг из друга операциями симметрии класса и образуют так называемые *положительные* и *отрицательные* формы (например, кристалл из двух разных тетраэдров в классе 23), то число простых форм будет



318

Лекция 5

СИМВОЛЫ ГРАНЕЙ (И РЕБЕР) КРИСТАЛЛОВ



Без документа даже
граням жить неудобно



Отдайте наши грани!
 h , k , i и l - вот мои документы!!

Если успеем, даже
немного поиграем

