ПРОСТЫЕ ФОРМЫ КРИСТАЛЛОВ

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

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

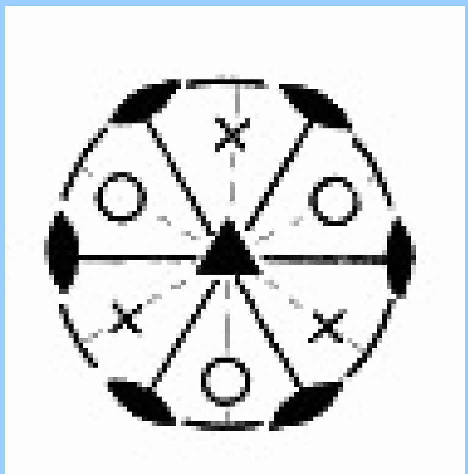
- Г*рань* ***частного положения*** фиксирована какими-либо элементами симметрии – либо перпендикулярна единичному особому направлению, либо параллельна ему, либо равнонаклонна к ***эквивалентным*** особым направлениям; все остальные положения граней– ***общие***, т. е. не зафиксированные относительно особых направлений в кристалле. Отсюда простые формы, образованные гранями первого типа, называют ***частными***, второго – ***общими***. И поскольку в любом классе симметрии частные простые формы могут иметь несколько названий, ***а общая форма – только одна***, то ***каждый класс*** симметрии по предложению Е. С. Федорова ***определяется названием присущей ему общей простой формы***.

Грань частного положения:

Перпендикулярна единичному особому направлению

Параллельна единичному особому направлению

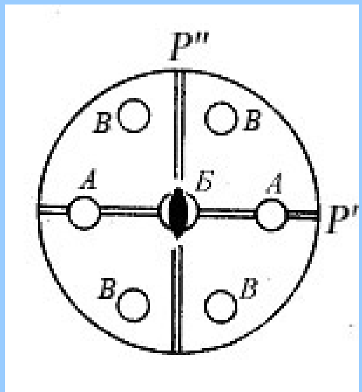
Равнонаклонна к эквивалентным особым направлениям

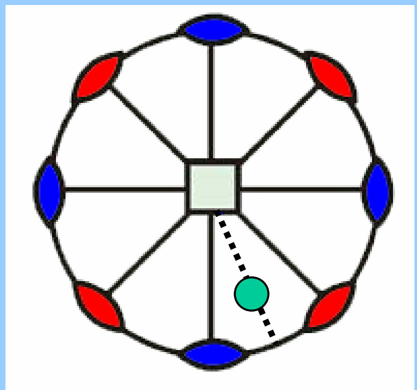


Грань равнонаклонна к эквивалентным
осям 2-ого порядка, следовательно,
она находится в частном положении

Грань общего положения

подвергается действию всех операций симметрии данной группы. Поэтому число граней общей формы в данной группе максимально и равно числу операций симметрии, составляющих эту группу, т. е. равно ее порядку. Число граней частной простой формы может быть либо равно, либо меньше числа граней общей формы, так как элементы симметрии, перпендикулярные к грани, **ее не размножают**.

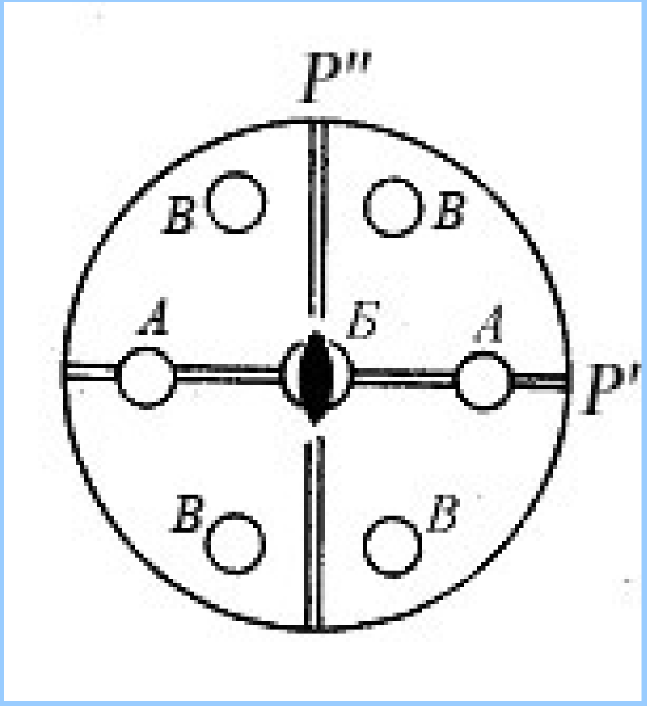




Грань равнонаклонна к ***неэквивалентным*** осям 2-ого порядка, следовательно, она находится **в общем!** положении

Если известен **класс симметрии** кристалла и **<u>собственная симметрия грани</u>** данной простой формы, легко вычислить **<u>общее количество граней</u>** (***n***) в этой простой форме:

n = величина симметрии класса (группы) :
величина собственной симметрии грани



А – собственная симметрия грани ***m′***,
величина симметрии – ***2***,
количество граней – ***4 : 2 = 2***

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

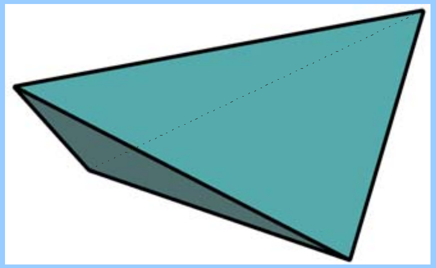
В – собственная симметрия грани ***1***,
величина симметрии – ***1***,
количество граней – ***4 : 1 = 4***

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

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

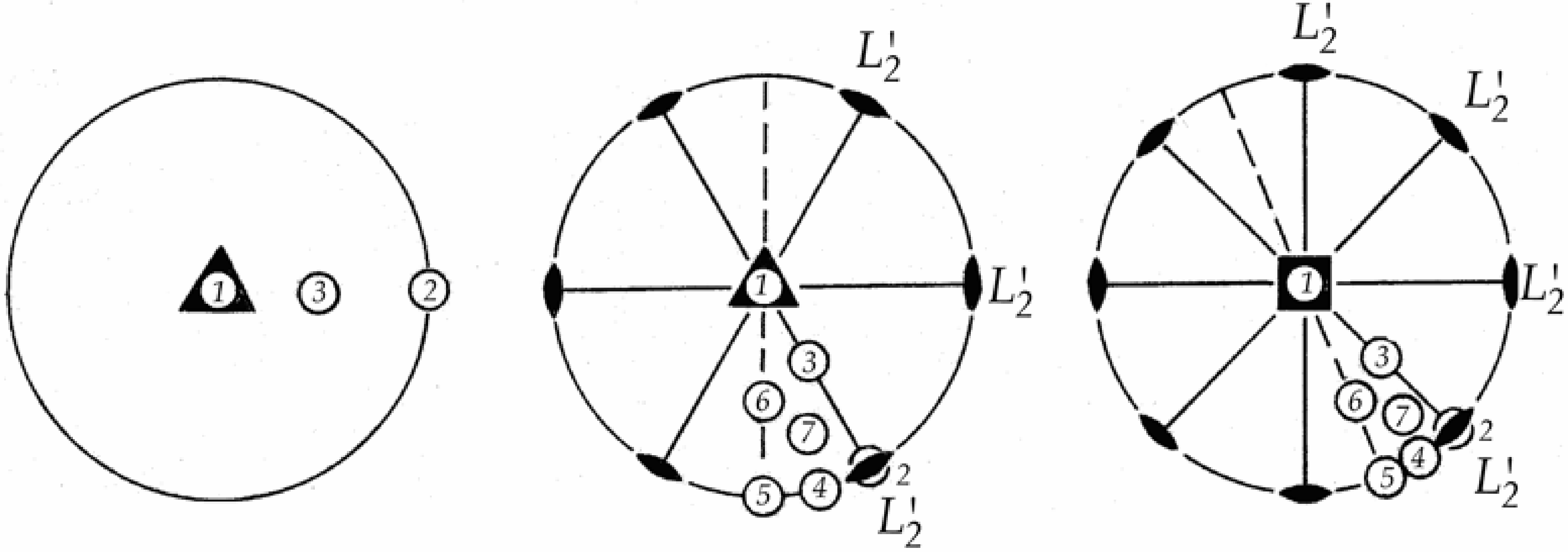
Если совокупность граней одной простой формы не замыкает заключенное между ними пространство, то ***она считается открытой*** .

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



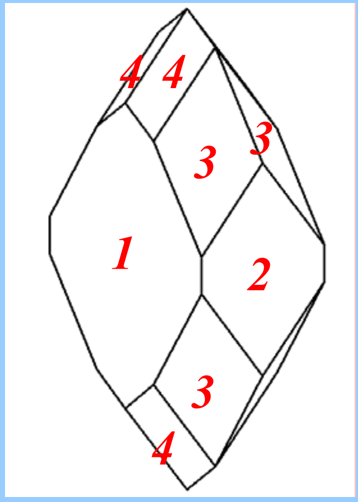
а   *б*   *в*

а – 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**

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

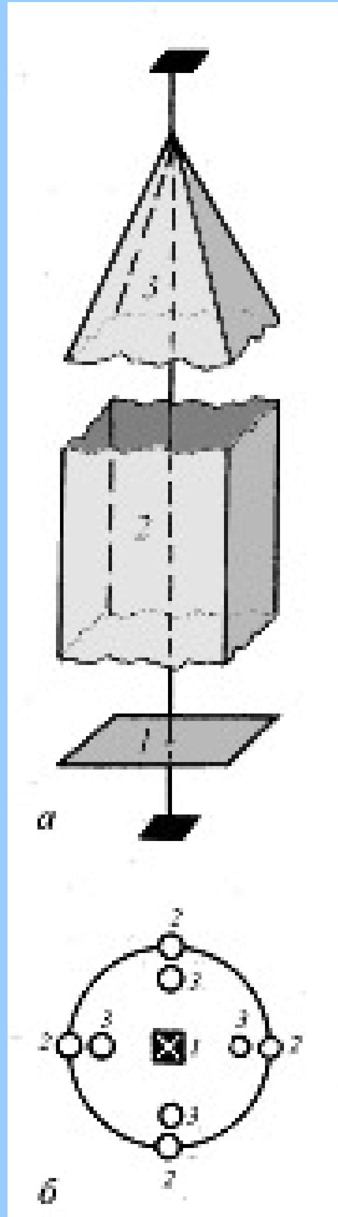
Число простых форм кристаллов конечно и якобы «равно **47**» (***32***+***15***).

В основу названий простых форм положены греческие слова

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,
τραπεξιον	трапеца	4-угольник с двумя неравными и двумя равными сторонами,
πρισμα	призма	призма
πυραμιζ	пирамида	пирамида
πινακοειδηζ	пинакоид	имеющий вид доски,
σκαληνοζ	скалена	косоугольный треугольник

Простые формы кристаллов в классах $C_n = L_n$

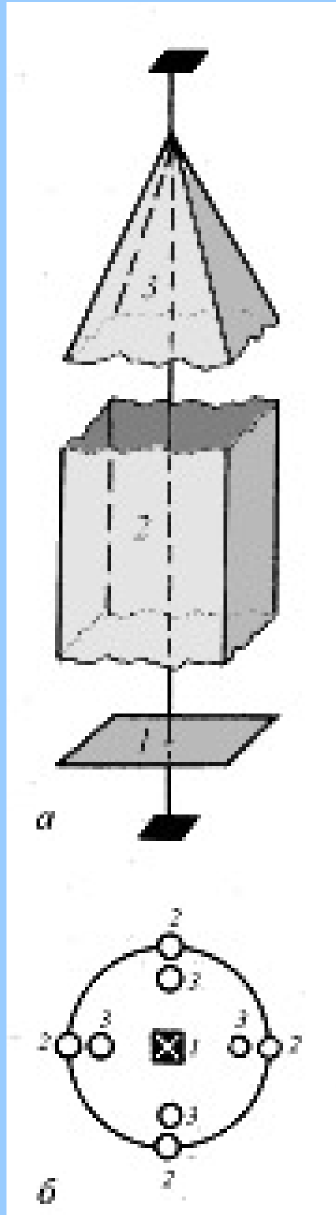
Грань 1, перпендикулярная расположенной вертикально поворотной оси *Ln*, не размножается этой осью. Такая одногранная форма независимо от порядка оси называется ***моноэдром*** (от греч. *моно* (ονομ) – один, *эдра* (αρδε) – грань) (устаревшее название простой формы - ***педион***).



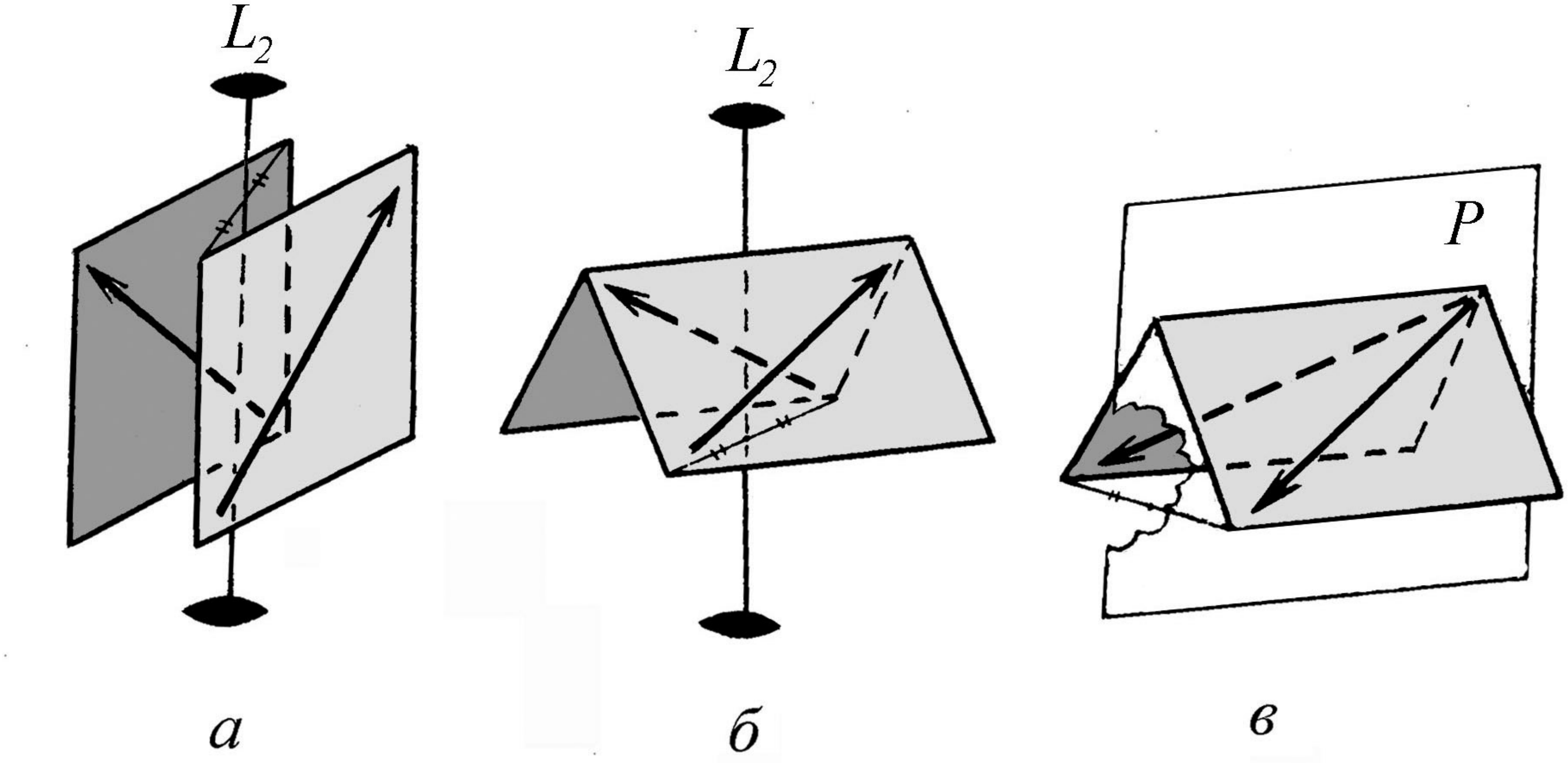
Грань 2, параллельная оси *Ln*, размножаясь этой осью, создает простую форму, грани которой пересекаются по параллельным ребрам, – ***n-гональную призму*** с правильным *n*-угольником в перпендикулярном этой оси сечении. ***n*-гональные** призмы в зависимости от порядка главной оси могут быть ***гексагональными***,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

Простые формы кристаллов в классах $C_n = L_n$

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



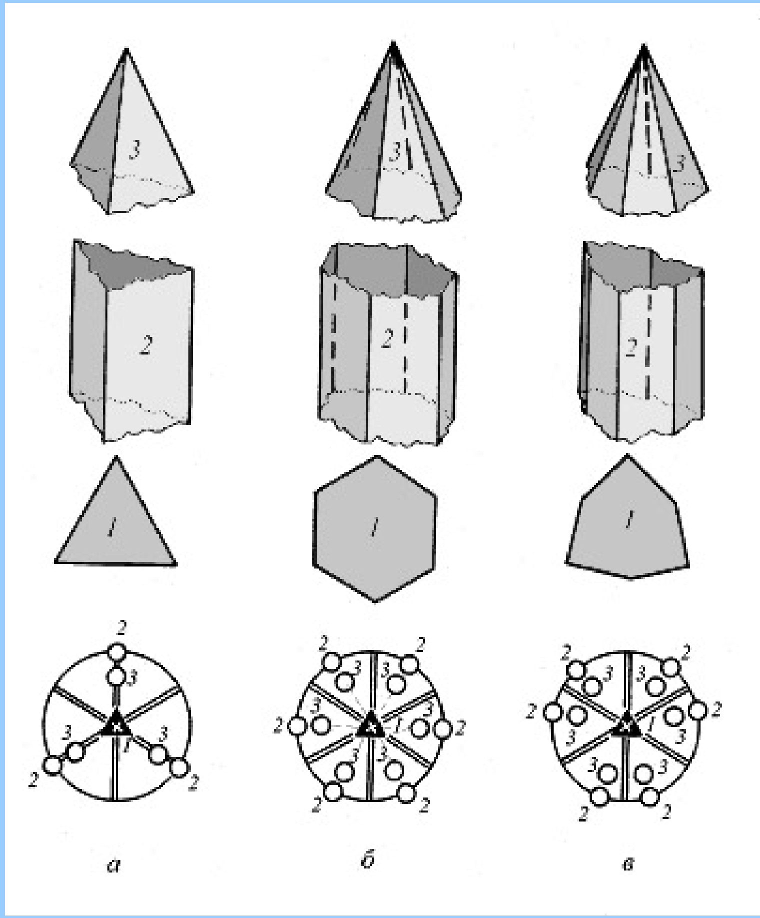
Грань 3, расположенная под косым углом к оси L_n, размножаясь ею, образует форму − ***n-гональную пирамиду***. Так же как и *n*-гональные призмы, *n*-гональные пирамиды различаются своими сечениями, перпендикулярными главной оси *Ln*: ***гексагональная пирамида, тетрагональная, тригональная***. Если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



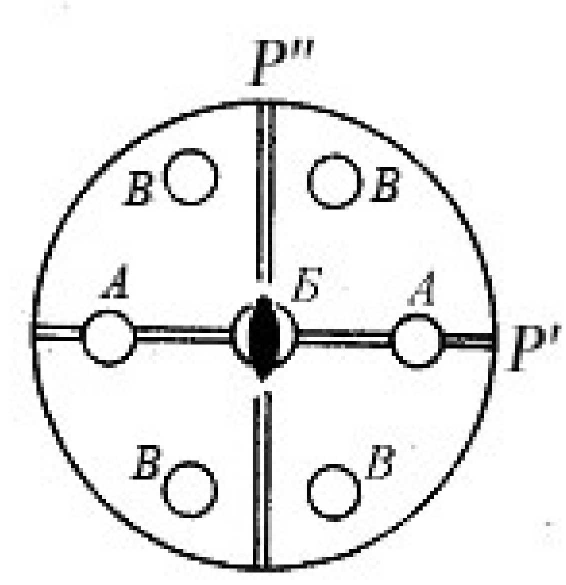
Пинакоид, осевой и плоскостной диэдр

Простые формы кристаллов в классах $C_{nv} = L_n nP$

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.).



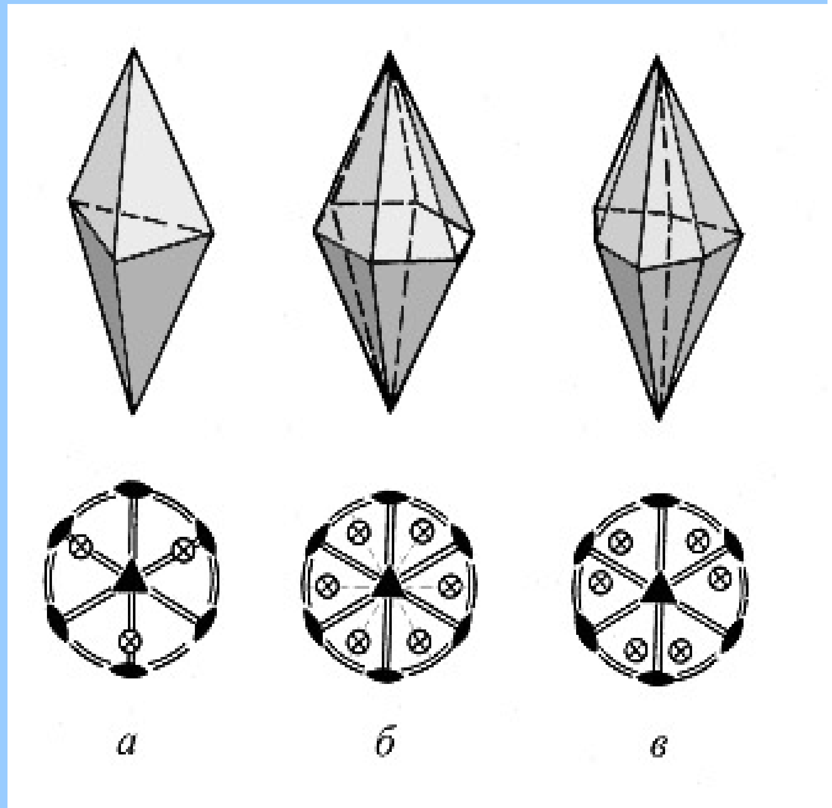
В классе C_{2v} грани, параллельные одной из плоскостей и перпендикулярные другой, образуют ***пинакоид*** (<u>вырожденную двухгранную призму</u>), а расположенные наклонно к плоскостям симметрии образуют в перпендикулярном оси L_2 сечении ромб. Отсюда частная простая форма, образованная гранями, параллельными 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* (устар. *до'ма*).

Простые формы кристаллов в классах $C_{nh} = L_nP_h\,(C)$ и $D_{nh} = L_nnL_2nP_vP_h(C)$

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 фимметрии P_h, перпендикулярной главной оси:



П
р
о
с
т
ы
е

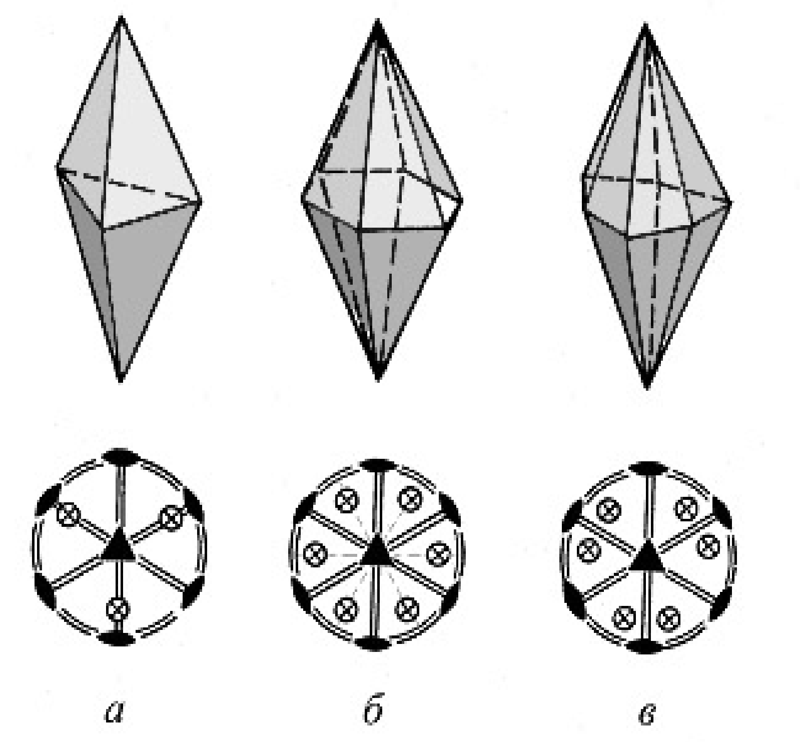
ф
о
р
м
ы

к

Простые формы кристаллов в классах $C_{nh} = L_nP_h\ (C)$ и $D_{nh} = L_n nL_2 nP_v P_h (C)$

П р о с т ы е ф о р м ы к

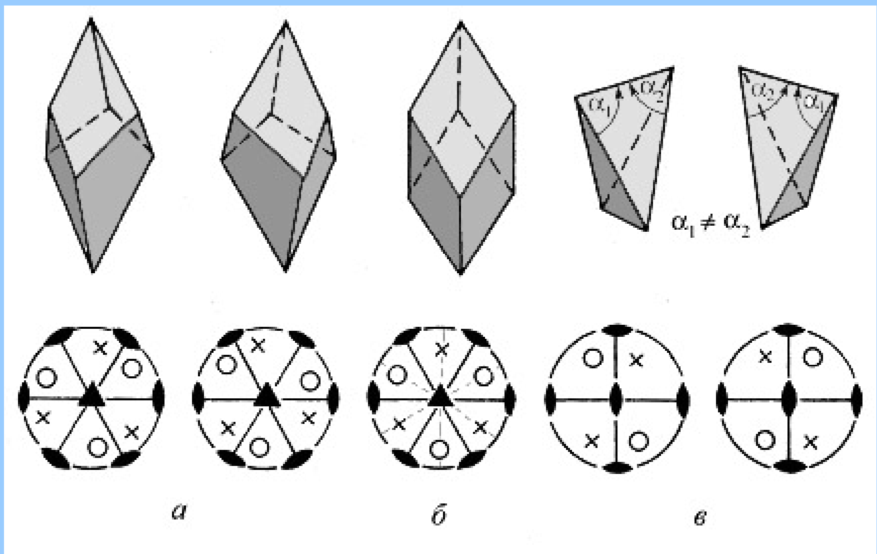
Моноэдры при этом превратятся в ***пинакоиды***;
пирамиды создадут новые, но уже закрытые простые формы – ***n-гональные* и *ди-n-гональные бипирамиды***.
Диэдры из классов L_2 и L_22P превратятся в простую форму из четырех попарно параллельных граней, т. е. призму с ромбическим сечением – ***ромбическую призму*** (лежащую на боку), геометрически подобную выведенной ранее в классе ***C2v***



Простые формы кристаллов в классах $D_n = L_n nL_2$

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

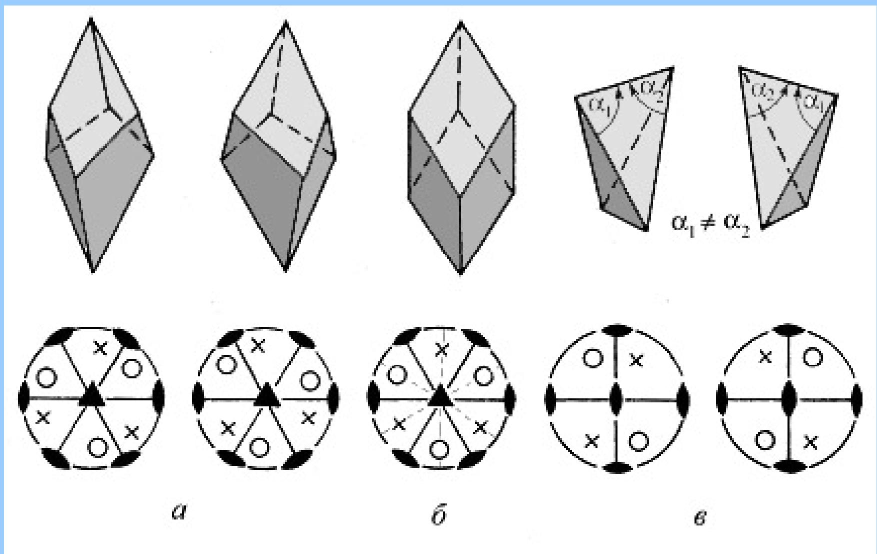


классах C_{nh} и D_{nh}, а за счет поворота вокруг горизонтальной оси L_2.

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 $D_n = L_n nL_2$

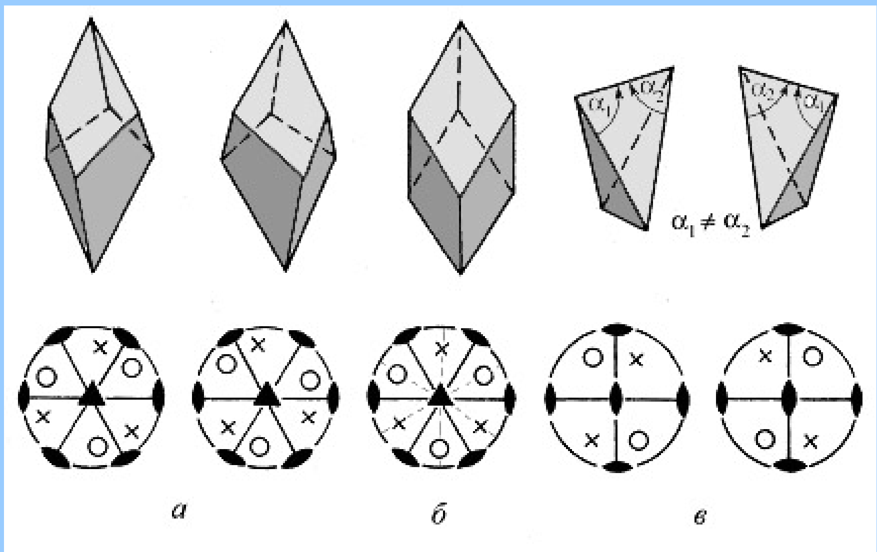
Новые простые формы в классах $\boldsymbol{D_n}$ дадут грани общего положения – это ***n-гональные трапецоэдры*** с гранями в форме неправильных четырехугольников (греч. ***трапеца*** (τραπεζα) – столешница, неправильный четырехугольник).



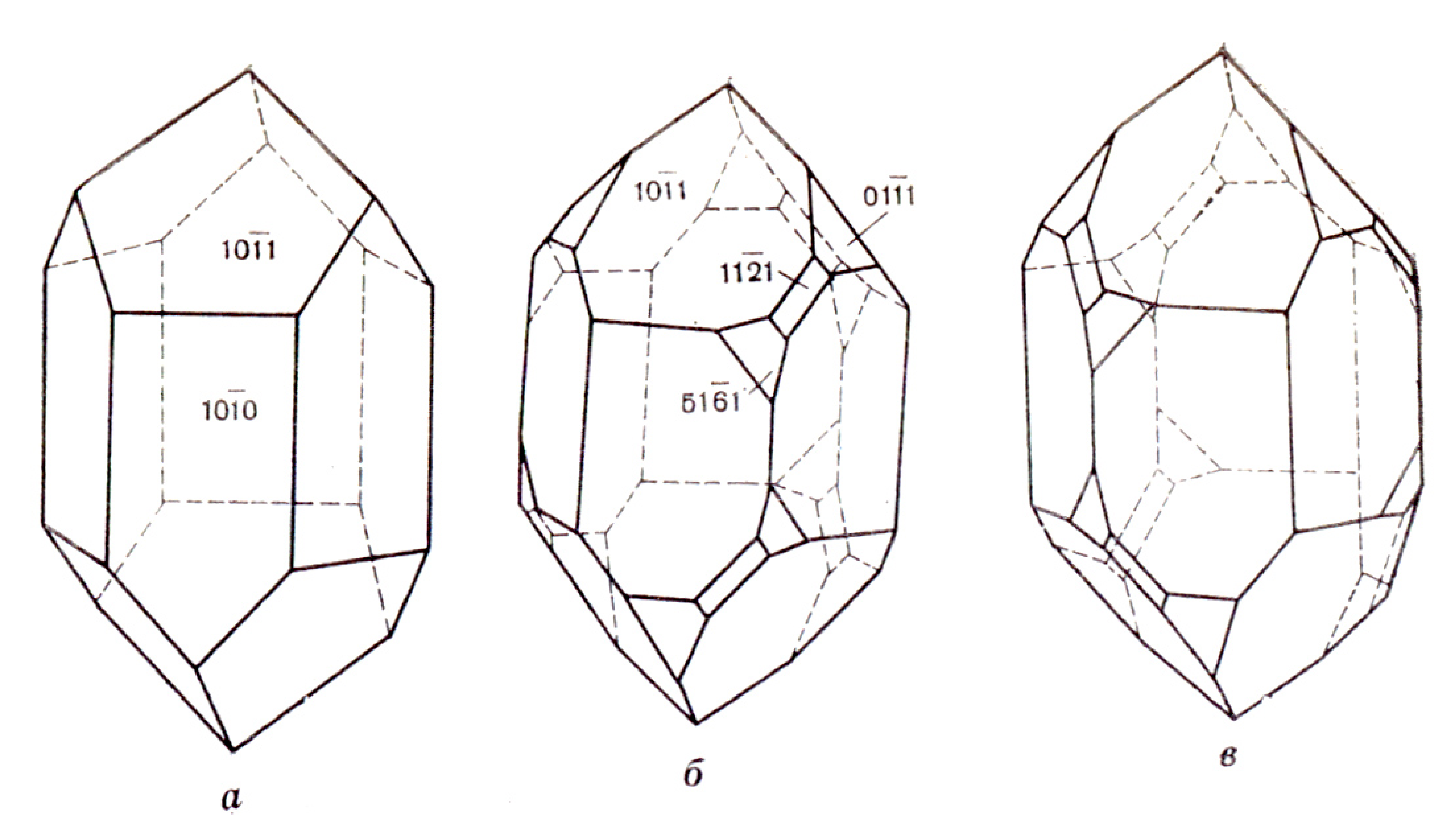
В соответствии с названиями общих простых форм классы $\boldsymbol{D_n}$ называют ***n-гонально-трапецоэдрическими.*** Класс $\boldsymbol{D_2}$ называют ***ромбо-тетраэдрическим.***

Простые формы кристаллов в классах $D_n = L_n nL_2$

Верхняя пирамида многогранника в классах $\boldsymbol{D_n}$ 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.



Правизна-левизна в минеральном мире

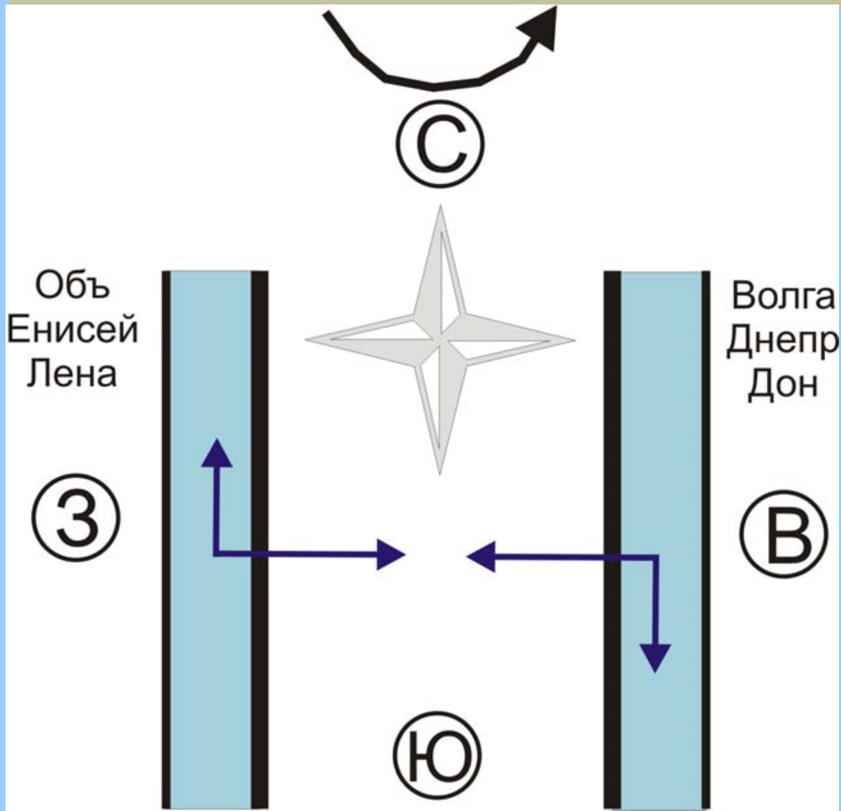


Обычная (а), правая (б) и левая (в) формы кристалла кварца

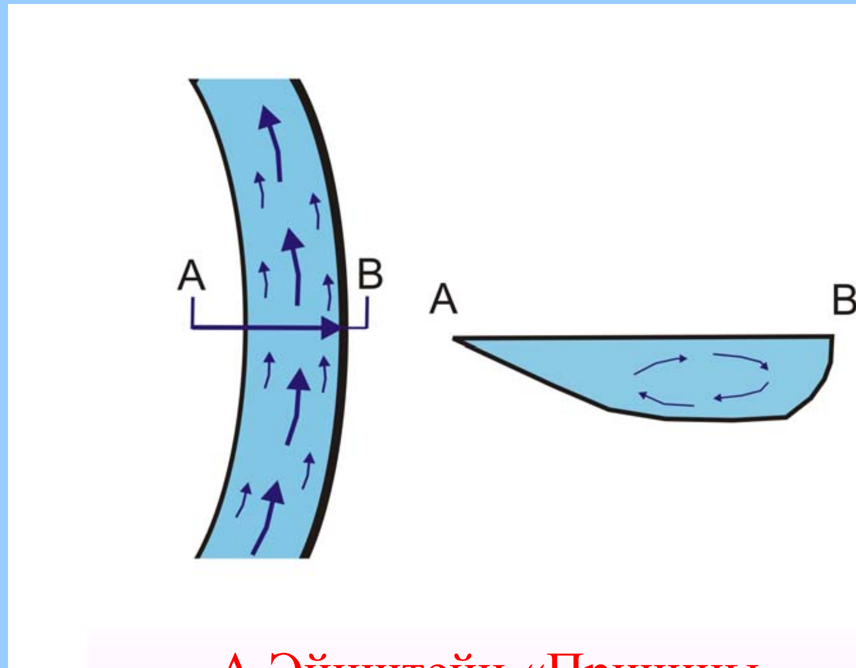
Относительная распространенность правого и левого кварца (Дэна и др., 1966)

Количество изученных кристаллов	**Левый, %**	**Правый, %**	**Район**
4442	50,05	49,95	Бразилия
2415	50,68	49,32	Бразилия, Колумбия
1811	50,6	49,4	Швейцария
6404	50,61	49,39	СССР
298 (несдвойникованные)	50,7	49,3	США, Аляска
383 (дофинейские двойники)	50,1	49,9	США, Аляска
214 (несдвойникованные)	52,3	47,7	Австрия
840 (дофинейские двойники)	50,7	49,3	Австрия
Всего 16807	**50,5**	**49,5**	

Вращение Земли и закон Бэра



В южном полушарии реки ведут себя противоположным образом

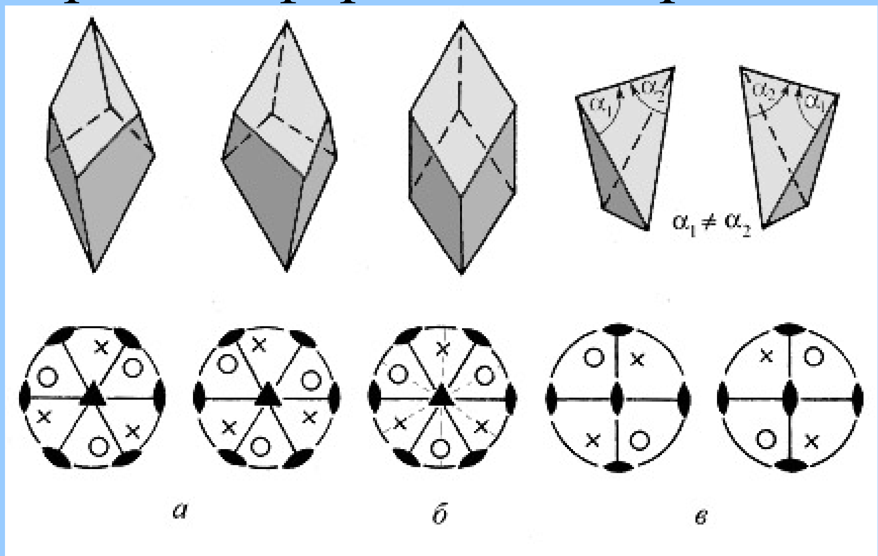


А.Эйнштейн «Причины образования извилин в руслах рек и так называемый закон Бэра». 1926 г.

«Относительно небольшие постоянно действующие причины способны оказывать значительное влияние» А.Эйнштейн. 1926 г.

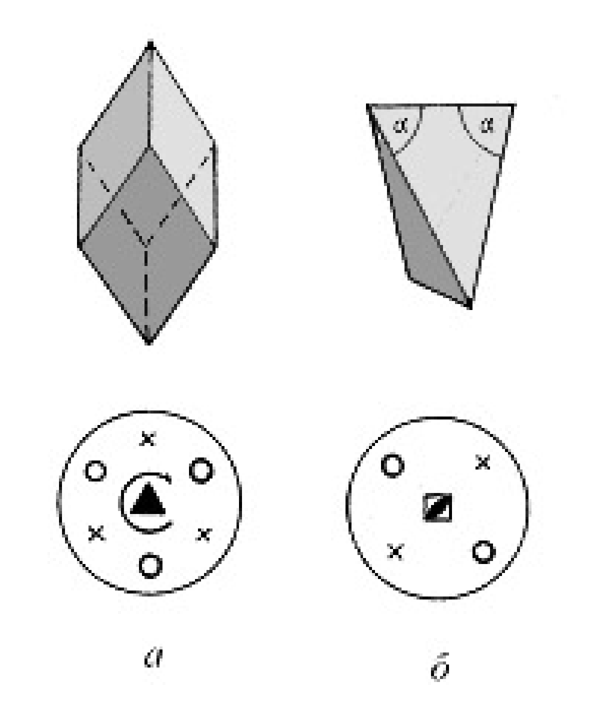
Простые формы кристаллов в классах $D_n = L_n nL_2$

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 **L2**, 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***.

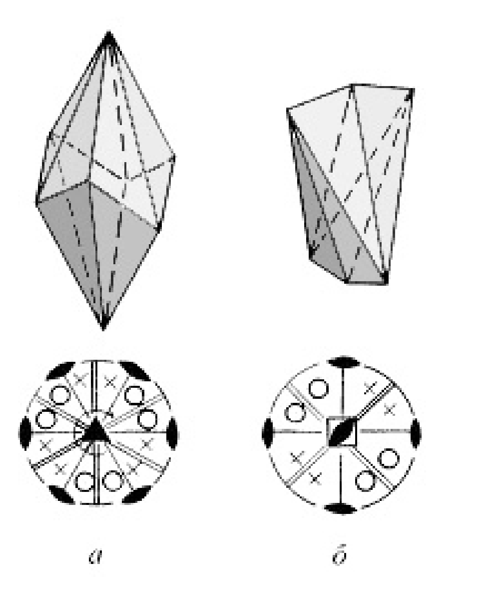
Простые формы кристаллов в классах S_{2n}



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.

В центросимметричном классе $S2 = C$ имеются только общие простые формы – ***пинакоиды***, образованные двумя параллельными гранями.

Простые формы кристаллов в классах D_{nd}



Ромбоэдр в классе D_{3d} и ***тетрагональный тетраэдр*** в классе $\mathbf{D_{2d}}$ - 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 ***D3d***) и ***тетрагональный скаленоэдр*** (преломленный тетрагональный тетраэдр) (в классе ***D2d***).

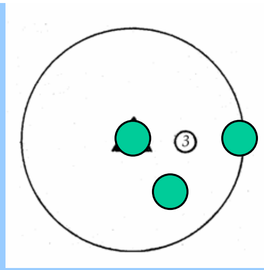
Классы ***Dnd*** называют ***n-гонально-скаленоэдрическими***.

Проверим, что в

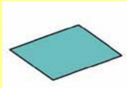
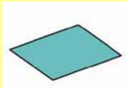
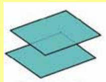
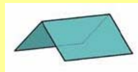
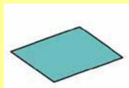
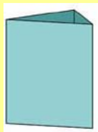
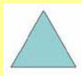
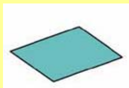
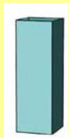
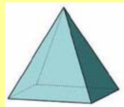
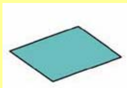
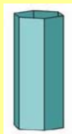
НИЗШЕЙ И СРЕДНЕЙ КАТЕГОРИИ

32

ПРОСТЫЕ ФОРМЫ



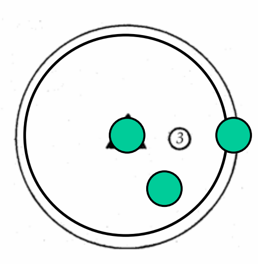
Классы с единственным особым направлением C_n

	Класс	1	2	3	Название по общей форме
1	C_1				*моноэдрический*
2	C_2		 пинакоид	 диэдр (ос.)	*диэдрический осевой*
3	C_3		 		*тригонально-пирамидальный*
4	C_4		 		*тетрагонально-пирамидальный*
5	C_6		 		*гексагонально-пирамидальный*

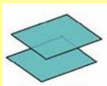
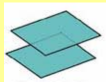
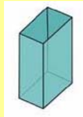
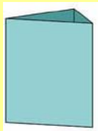
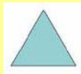
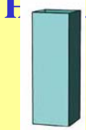
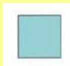
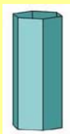
моноэдр

n-гональная призма

n-гональная пирамида



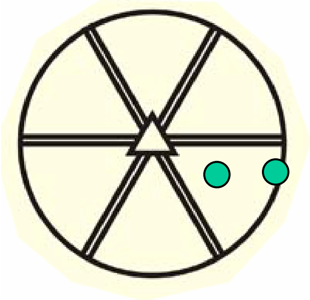
Классы с единственным особым направлением C_{nh}

Класс	1	2	3	Название по общей форме
C_{2h}		 пинакоид	  Ромб. призма	*ромбо-призматический*
C_{3h}		  призмы н[illegible]зменны		*тригонально-бипирамидальный*
C_{4h}		 		*тетрагонально-бипирамидальный*
C_{6h}		 		*гексагонально-бипирамидальный*

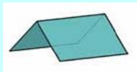
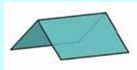
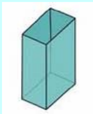
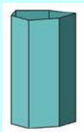
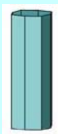
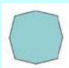
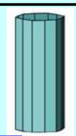
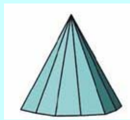
моноэдры станут пинакоидами

n-гональная призма

n-гональная бипирамида

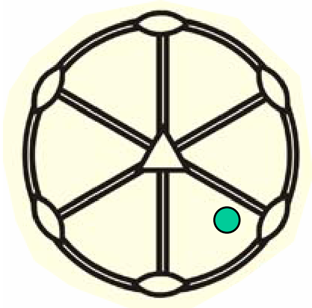


Классы C_{nv}

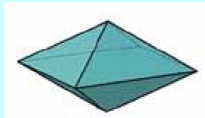
Класс	1-3	4	5	6	7	Название по общей форме
$C_{1v} = C_{1h} = P$		 диэдр (пл.)			 диэдр (пл.)	*диэдрический плоскостной*
C_{2v}		 				*ромбо-пирамидальный*
C_{3v}	*Пов-тор*	 				*дитригонально-пирамидальный*
C_{4v}		 				*дитетрагонально-пирамидальный*
C_{6v}		 				*дигексагонально-пирамидальный*

Ди-*n*-гональная призма

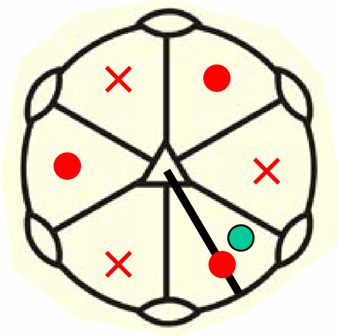
Ди-*n*-гональная пирамида



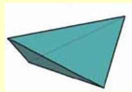
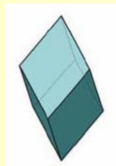
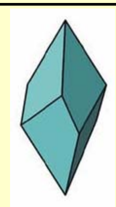
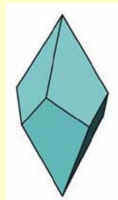
Классы D_{nh}

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

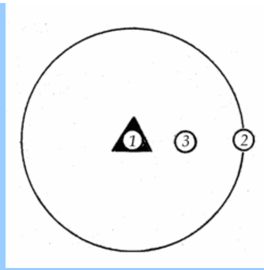
Ди-*n*-гональная бипирамида



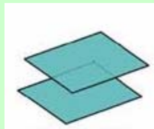
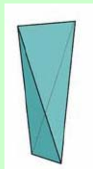
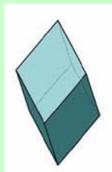
Классы D_n

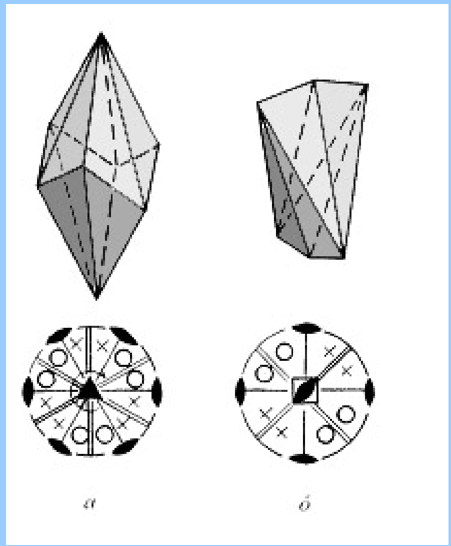
Класс	1	2	3	4	5	6	7	Название по общей форме
D_2	Пи на ко иды	*n*-го на ль ные При змы	*n*-го на ль ные би пи ра ми ды	Ди -*n*- го на ль ные при змы				*ромбо-тетраэдрический*
D_3						 Ромбоэдр		*тригонально-трапецоэдрический*
D_4								*тетрагонально-трапецоэдрический*
D_6								*гексагонально-трапецоэдрический*

n-гональный трапецоэдр

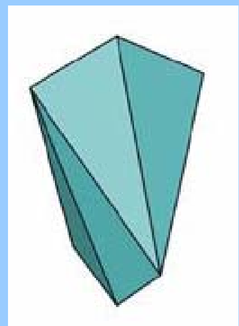
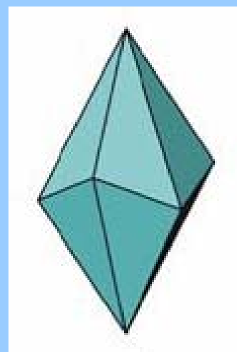


Классы с единственным особым направлением S_{2n} 2, 4, 6

Класс	1	2	3	Название по общей форме
$S_2 = C$				*пинакоидальный*
S_4				*тетрагонально-тетраэдрический*
$S_6 = L_3C$				*ромбоэдрический*

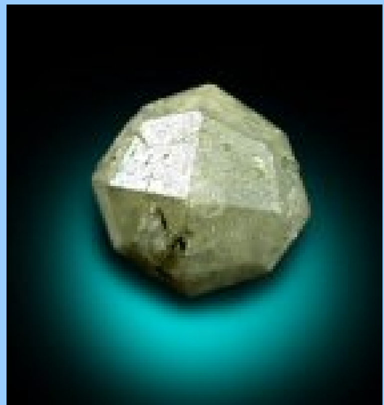


Классы D_{nd}

Класс	7	Название по общей форме
D_{2d}		*тетрагонально-скаленоэдрический*
D_{3d}		*тригонально-скаленоэдрический*

ОБЛИК

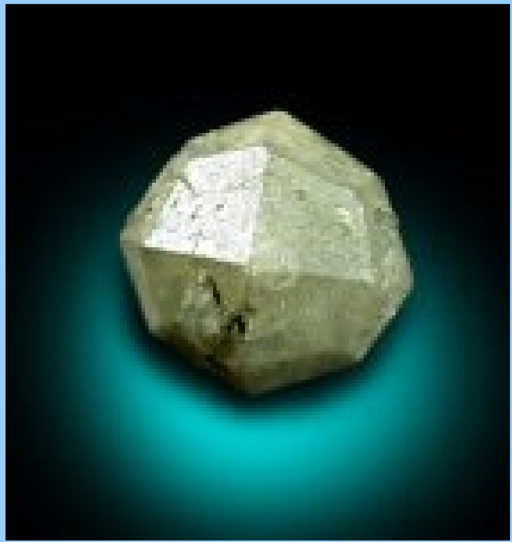
Облик – Термин используется в минералогии и кристаллографии при описании внешнего вида кристаллов и ***характеризует размеры кристалла в различных направлениях***. Например, кристаллы алмаза, пирита, гранатов и других минералов имеют **изометричный** облик, т. е. одинаковые размеры во всех направлениях. 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

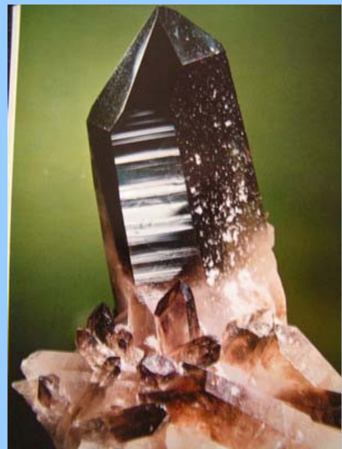
Термин «***габитус***» используется для более детальной характеристики внешней формы кристаллов, отражая преобладание в их огранке тех или иных простых форм (например, призматический, бипирамидальный, кубический габитус и т. д.). При этом кристаллы минералов одного и того же облика (например, столбчатого)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

Габитус кристаллов является важным диагностическим признаком минералов.

ГАБИТУС

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

октаэдрический



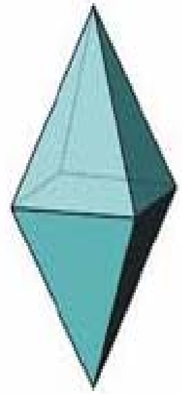
Гексагонально призматически ромбоэдрический

Тригонально скаленоэдрически ромбоэдрически призматический

Гексаэдрически ромбододекаэдрический

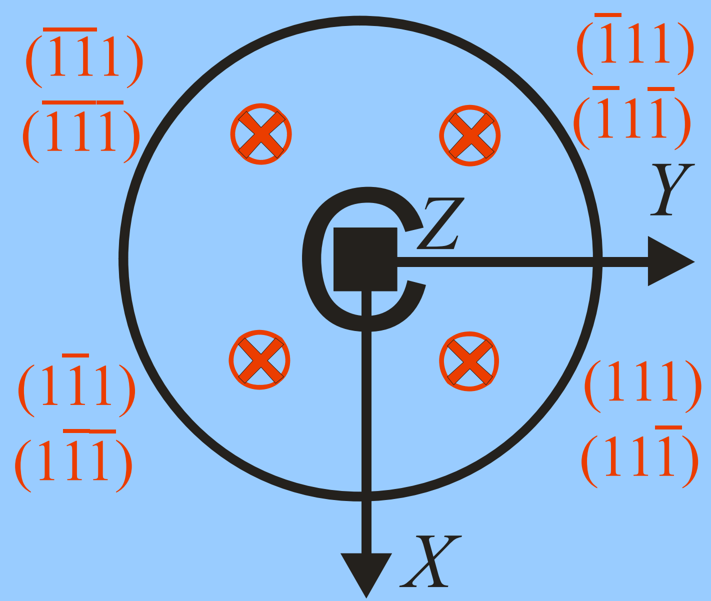
Пинакодально гексагонально призматический

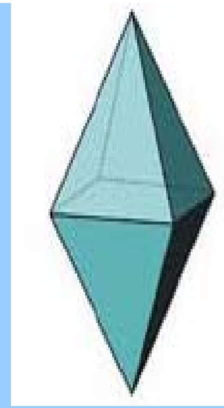
Как теперь будем описывать кристалл



категория	Средняя ($a=b\neq c$)
сингония	Тетрагональная ($\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$)
класс по Г-М	$4/m$
класс по Ш	C_{4h}
класс по Браве	L_4PC
класс по общей форме	тетрагонально-бипирамидальный
величина симметрии класса (ВСК)	4*2 = 8

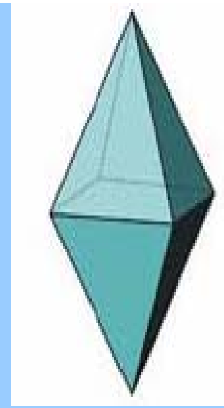
Как теперь будем описывать кристалл





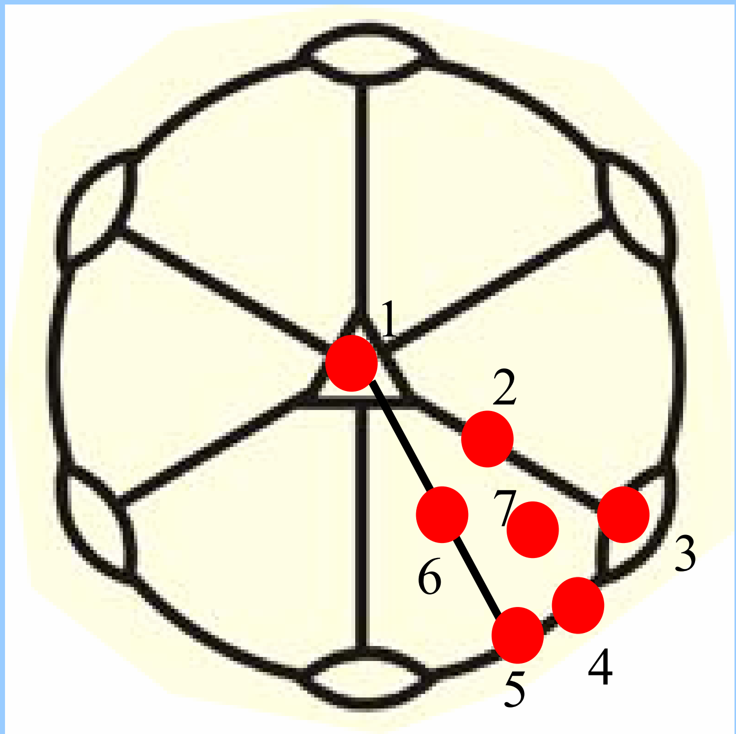
№	1
символ простой формы	{111}
собственная симметрия грани (ССГ)	1
величина собственной симметрии (ВСС)	1
число граней	8 (= ВСК/ВСС)
открытая - закрытая	закрытая
общая - частная	общая
название	тетрагональная бипирамида

Как теперь будем описывать кристалл



Облик	удлиненный
Габитус	Тетрагонально-бипирамидальный

На контрольной – задача на описание класса



1) – пинакоид, 2 грани, вcc=3 частная

2) – тригональная бипирамида, 6 граней, вcc=1 частная

3) – тригональная призма, 3 граней, вcc=2 частная

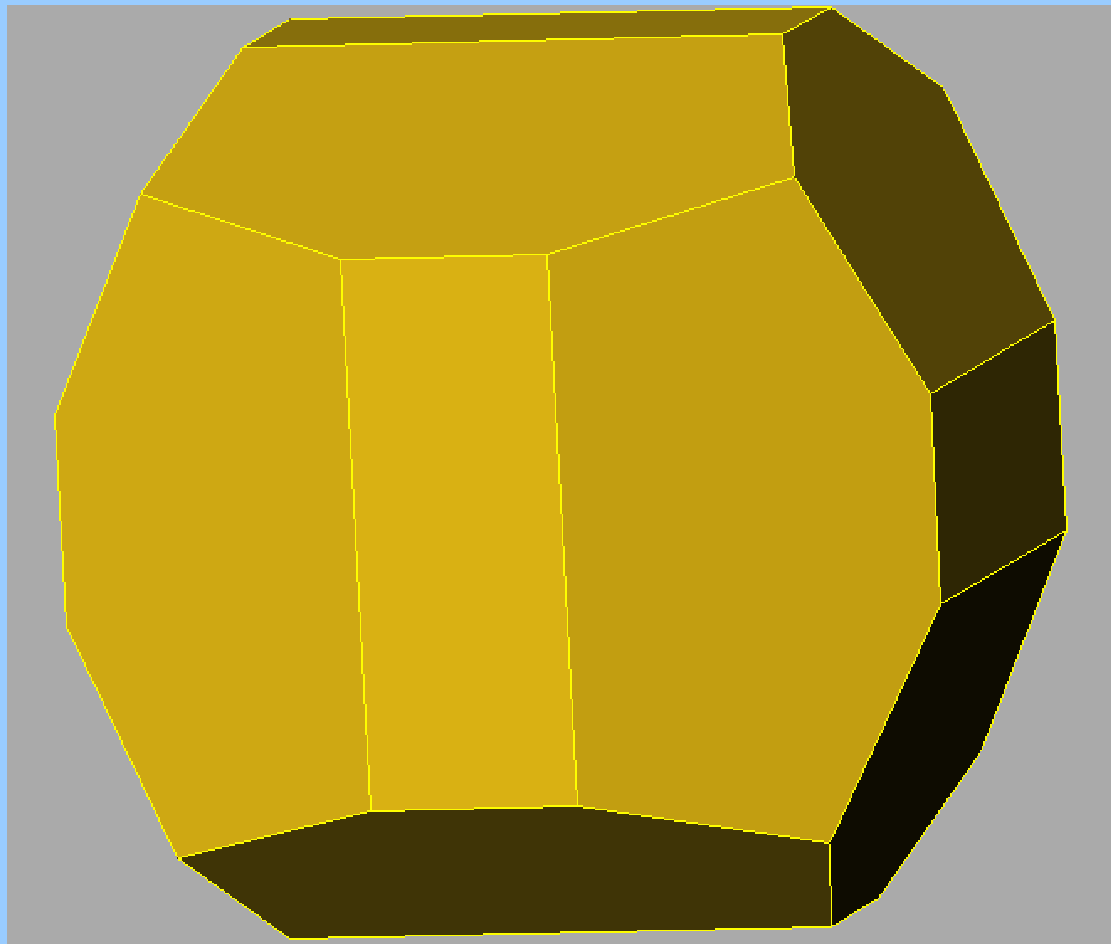
4) – дитригональная призма, 6 граней, вcc=1 частная

5) – гексагональная призма, 6 граней, вcc=1 частная

6) – ромбоэдр, 6 граней, вcc=1 частная

7) – тригональный трапецоэдр, 6 граней, вcc=1 общая

Следующая лекция – продолжим!



Кубические формы