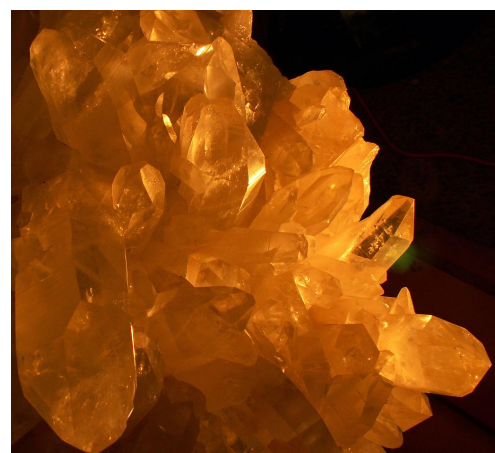


# КВАРЦ

*РАУХТОПАЗ,*

*ГОРНЫЙ ХРУСАЛЬ,*

*МОРИОН*





**«ВОЛОСА-  
ТИКИ»**



**ТИГРОВЫЙ  
И  
КОШАЧИЙ  
«ГЛАЗА»**



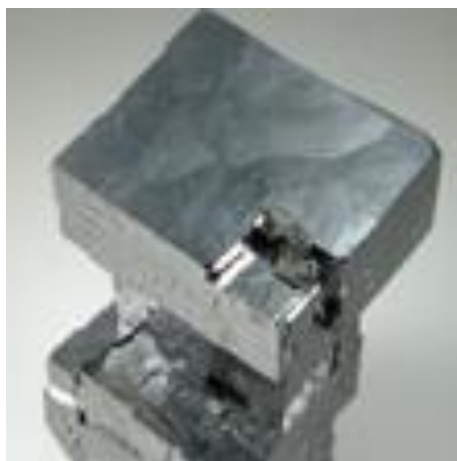
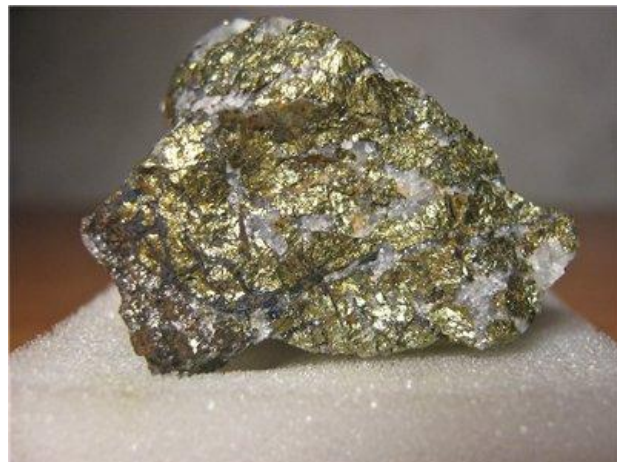
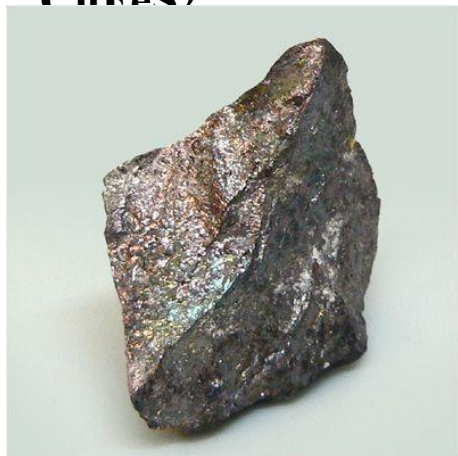


# ПОБЕЖАЛОСТЬ

БОРНИТ  $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$   
и  $\text{CuFeS}_2$

И

ХАЛЬКОПИРИТ

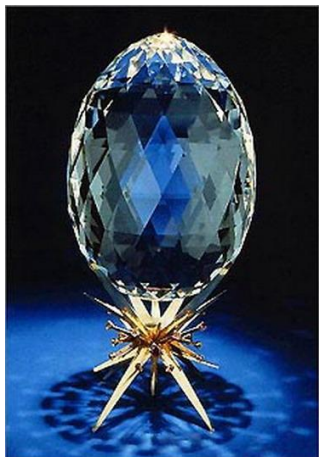


ГАЛЕНИТ  
 $\text{PbS}$





# Дисперсия и интерференция света



**Гипс**



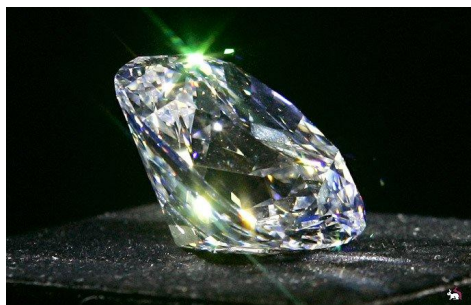
**Кальцит  
(исландский  
шпат)**



**Иризация лабрадора и олигоклаза**



## Блески минералов



**Алмаз и сера с алмазным блеском**



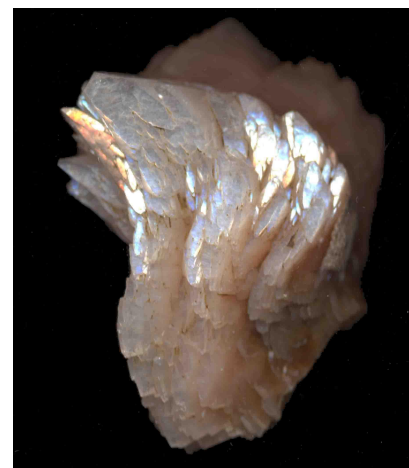
**Кальцит и кварц со стекляннным блеском.**

**Графит с полуметаллическим блеском**



**Пирит и стибнит с металлическим блеском.**

**Галит с жирным блеском**



**Асбест с шелковистым блеском. Халцедон с восковым блеском. Опал с перламутровым блеском**



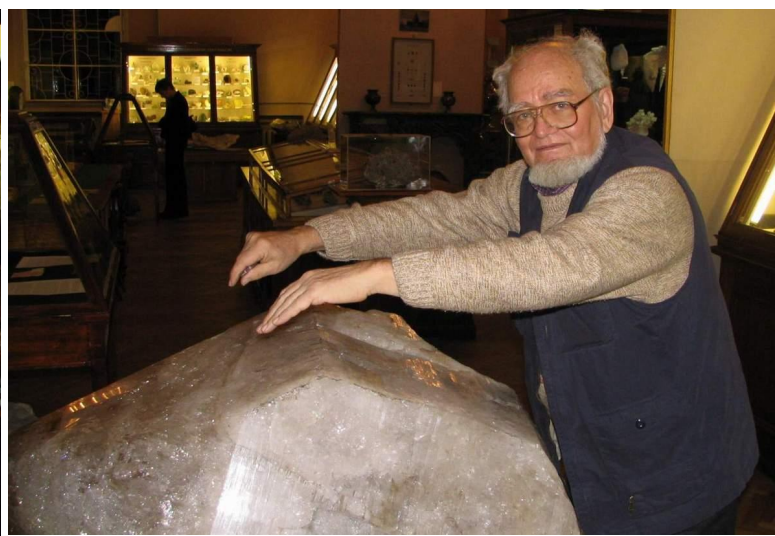
# СИММЕТРИЯ И ПРОСТЫЕ ФОРМЫ КРИСТАЛЛОВ

## ОГРАНЕННЫЕ И НЕОГРАНЕННЫЕ КРИСТАЛЛЫ



Гигантские кристаллы гипса в шахте Naica в Мексике

Другие: золото (Чили) – *153 кг*, стибнит (Япония) – *60 см*,  
пирит (Греция) – *50 см*, флюорит (США) – *2 м*, кварц  
(Казахстан) – *70 т*, гранат (Норвегия) – *1 т*, берилл  
(Бразилия) – *200 т*



О.В. Кононов у гигантских кристаллов пирита (Акчатау, Казахстан)  
и кварца с г. Неройки (Прип. Урал)

## МОДЕЛИ РОСТА КРИСТАЛЛОВ

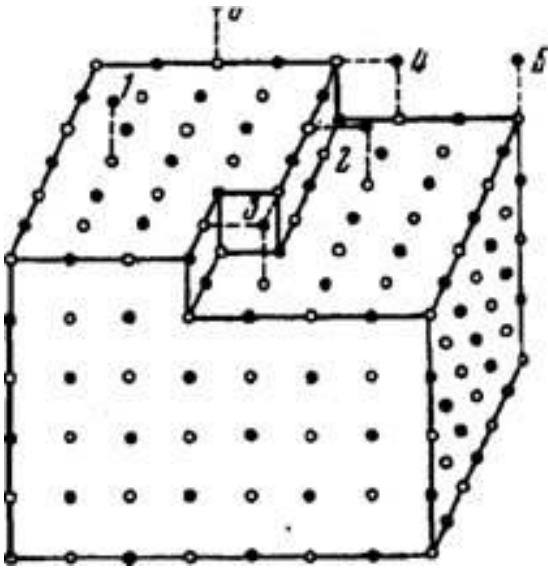
1) *послойного роста по сеткам*: кристаллы растут слоями.

Но расчеты – необходимо громадное пересыщение вещества; 2)

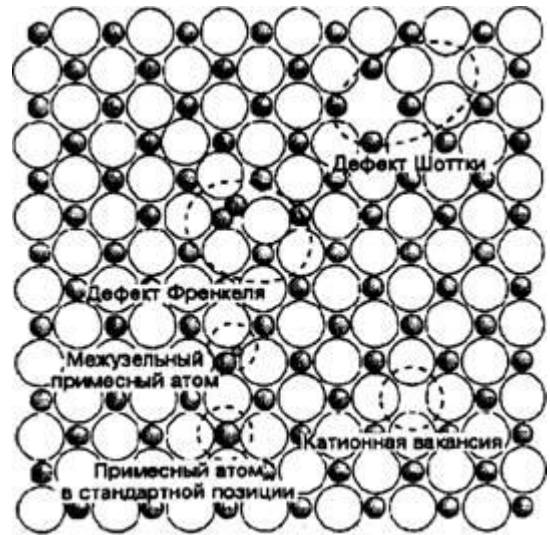
*послойного роста за счет дефектов в кристаллах:*

точечных, линейных и объемных.

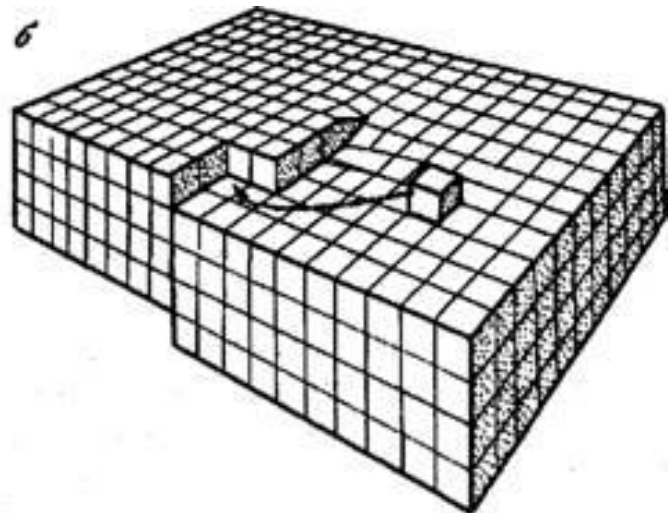
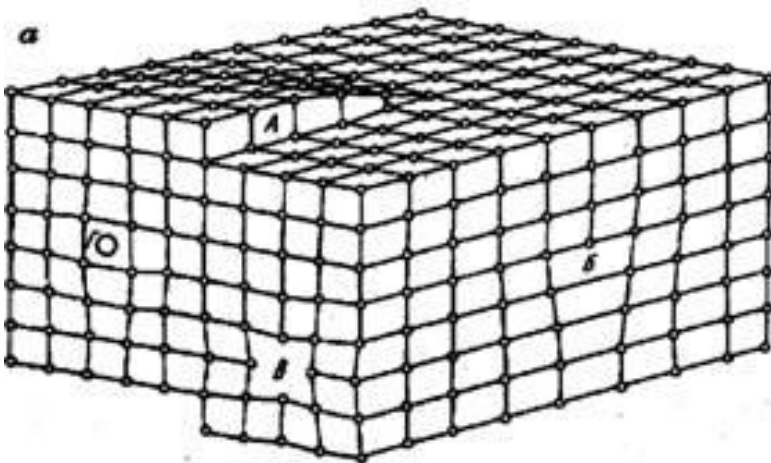
Нарушается регулярность строения кристаллов – **дефекты** более **выгодны** для **присоединения частиц** следующего слоя на кристалле.



*Разные варианты перехода частиц на поверхность растущего кристалла.*

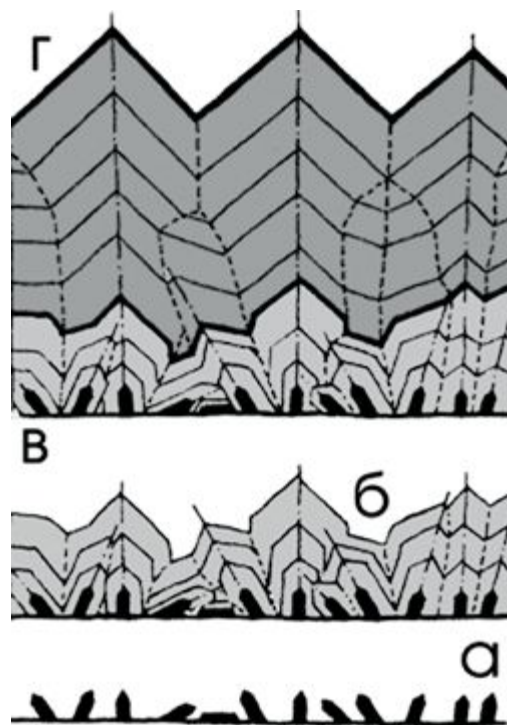


*Типы точечных дефектов в кристаллах*



*Схема реального строения кристаллической решетки (а) с точечными дефектами (В, Г), краевой (Б) и винтовой (А) дислокациями*

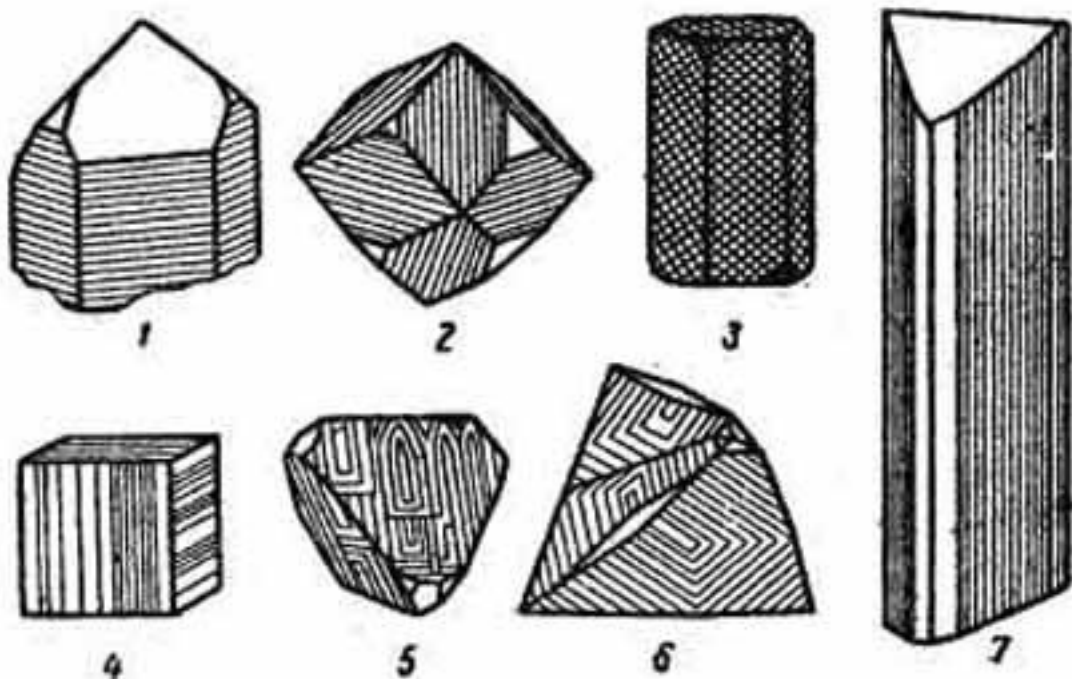
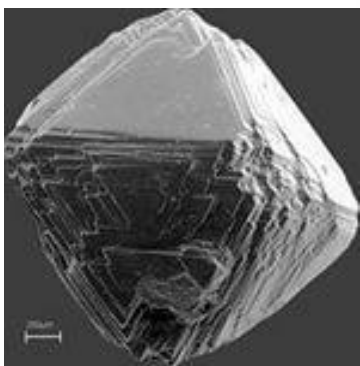




### Зоны роста в кварце



### турмалине



### *Штриховка роста на гранях кристаллов :*

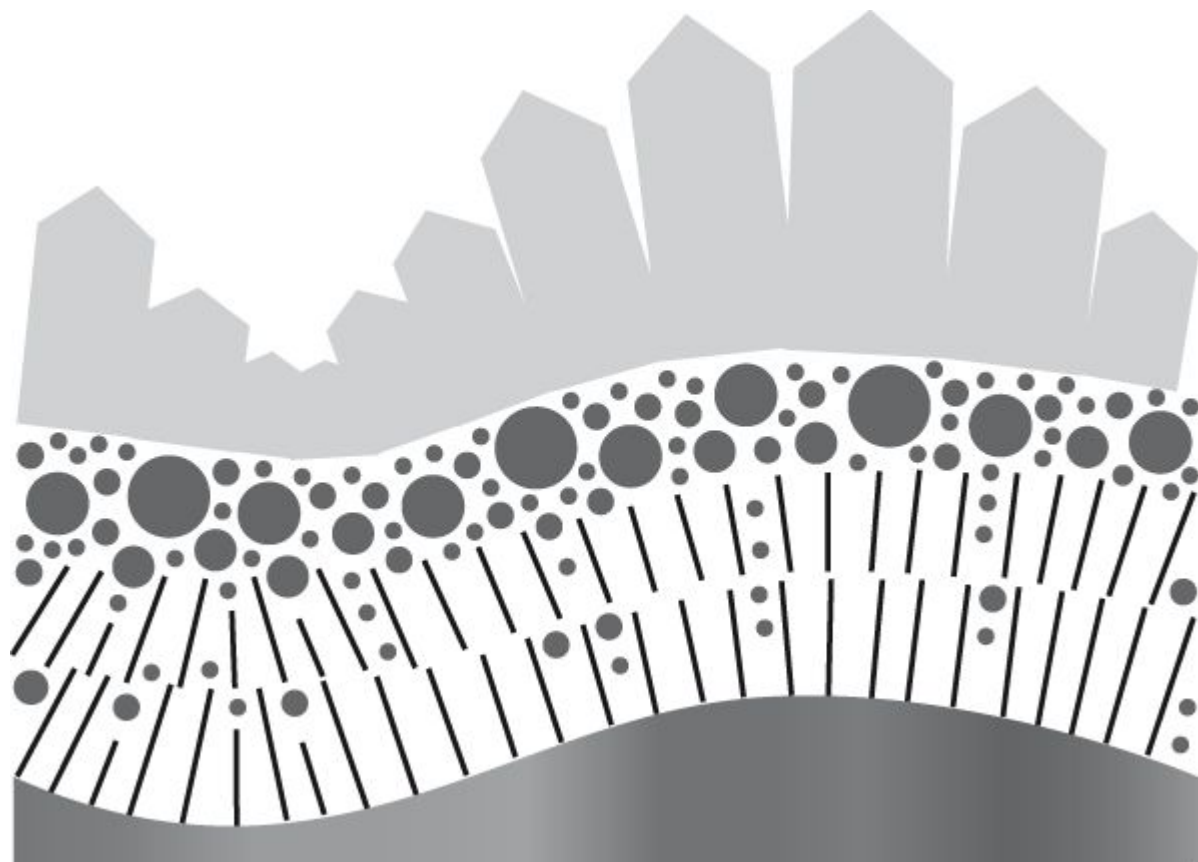
- 1 – кварц, 2 – алмаз, 3 – корунд, 4 – пирит,  
5,6 – халькопирит, 7 – арсенопирит



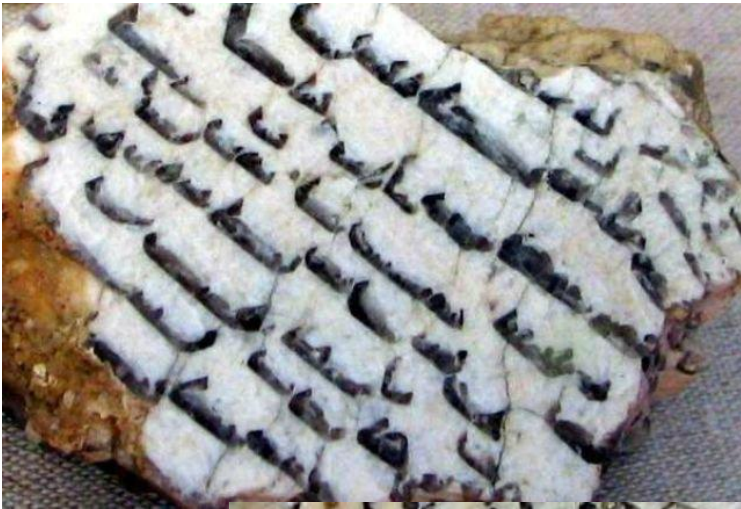


*Жеода аметиста*

Галенит, халькопирит, диккит,  
кальцит в *конкреции*  
фосфорита



Слои нарастания агата: *халцедон, сферокристаллы и кристаллы кварца*



**Пегматиты:**  
**вроски кварца**  
**в микроклине**  
**(КПШ)**





# ЭЛЕМЕНТЫ ОГРАНЕНИЯ КРИСТАЛЛОВ

## Грани, ребра, вершины кристалла



Грани отвечают *плоским сеткам*, ребра – *рядам*, вершины – *узлам* в кристаллической *решетке* минерала.

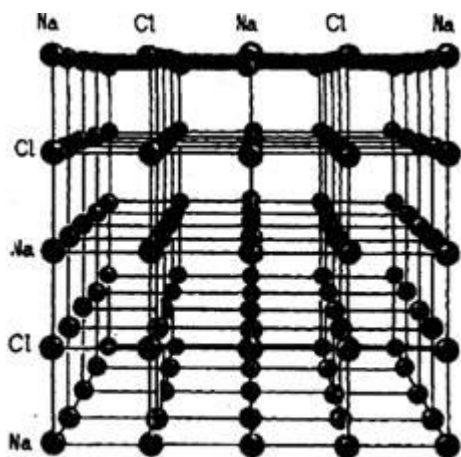
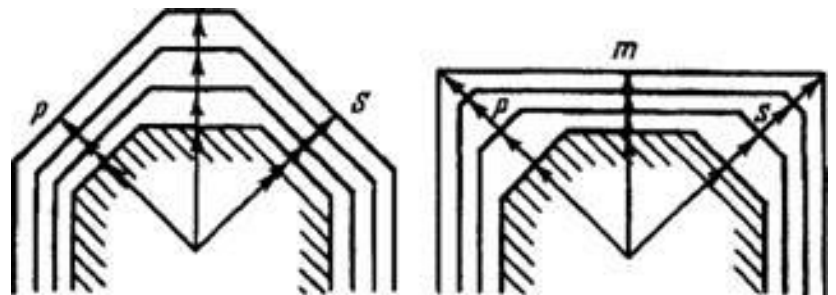


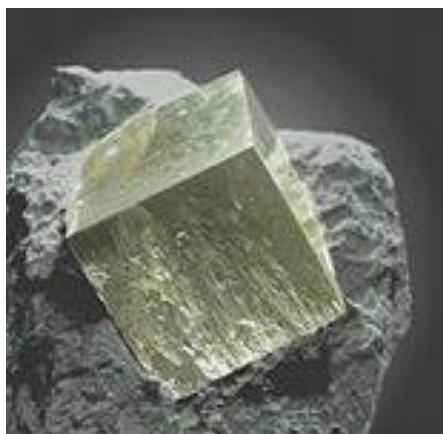
Рис. 1. Кристаллическая решетка галиты



«Соревнование» граней:  
- *легко* и *трудно* (более плотно заселены атомами) *адсорбирующих* *вещество*

**Минералы** нередко – в виде *кристаллов разной формы* – скорость адсорбции вещества гранями зависит *от внешних условий*.  
Зависимость – один из *индикаторов минералообразования*.

### Кристаллы пирита, $\text{FeS}_2$



### Кристаллы алмаза, C



### Кристаллы серы, S





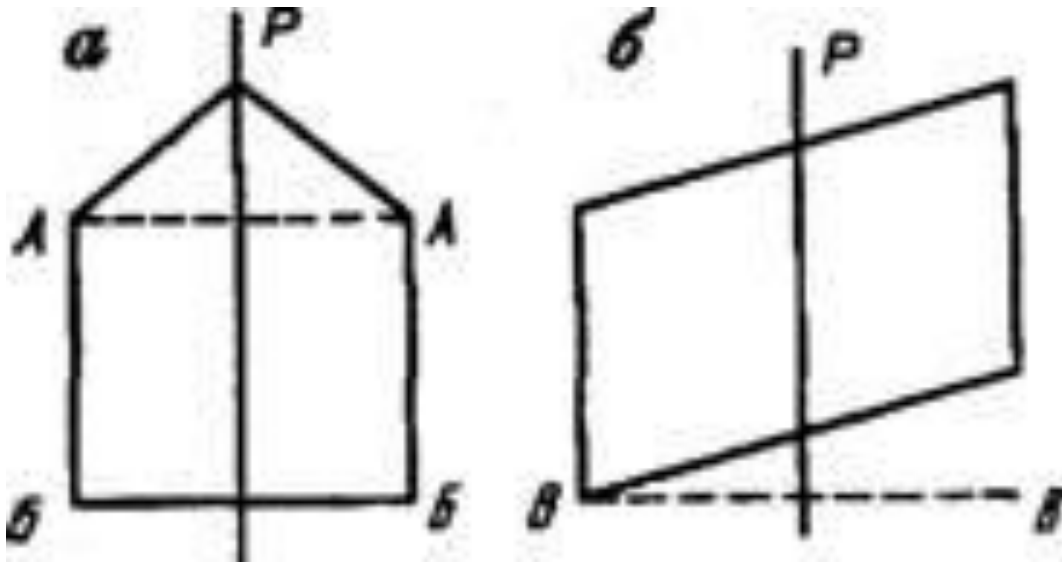
# ЭЛЕМЕНТЫ СИММЕТРИИ КРИСТАЛЛОВ

**Симметрия** – закономерная *повторяемость* в расположении предметов или их частей на плоскости или *в пространстве*.

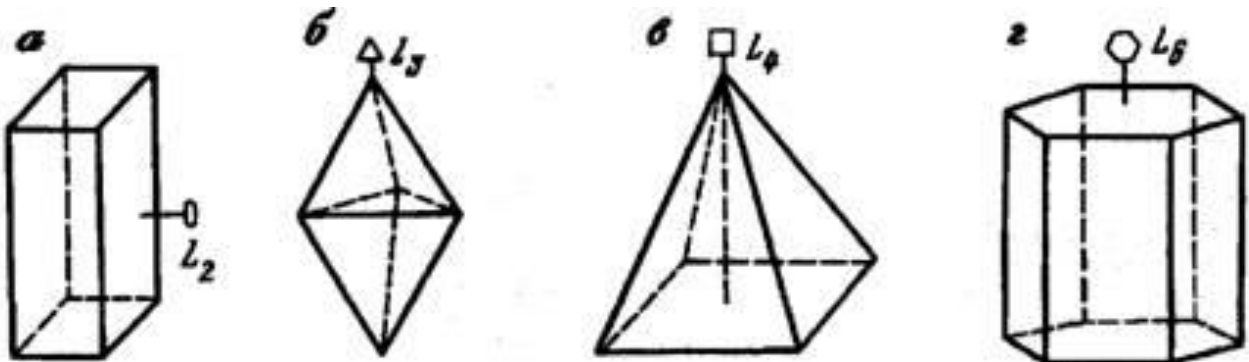
Совмещение *вращением, отражением в зеркальной плоскости* и т.п. частей кристалла друг с другом.

**Соответствие симметрий кристаллов и их пространственных решеток.**

Элементы симметрии кристаллов: *плоскости, оси и центр*.



*Фигуры с плоскостью симметрии и без неё*



**Оси симметрии 2-го, 3-го, 4-го и 6-го порядков**

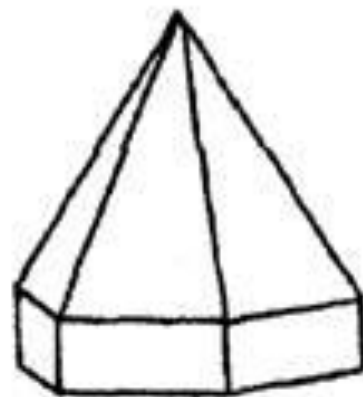
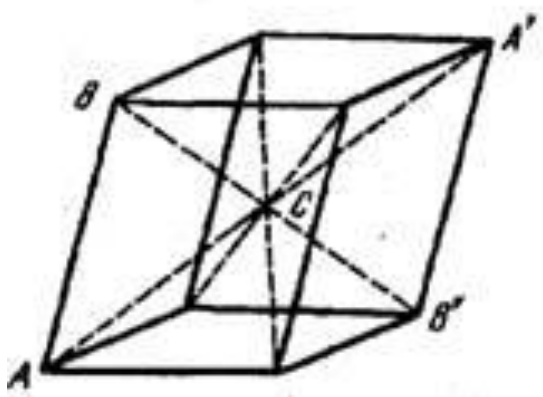
**Порядок** оси симметрии – число совмещений при вращении кристалла на  $360^\circ$ . Только оси четырёх порядков.

Обозначаются  $1/2, 1/3, 1/4, 1/6$ .

**Центр симметрии**, или *инверсии* ( $C$ ) – особая точка в центре кристалла, при отражении в которой любая точка фигуры попадает в такую же точку с другой стороны от центра симметрии.

Относительно **центра симметричны** все противоположные *грани, ребра, вершины* кристалла (*кальцит*).

Кристаллы **цинкита  $ZnO$**  – *нет центра* симметрии





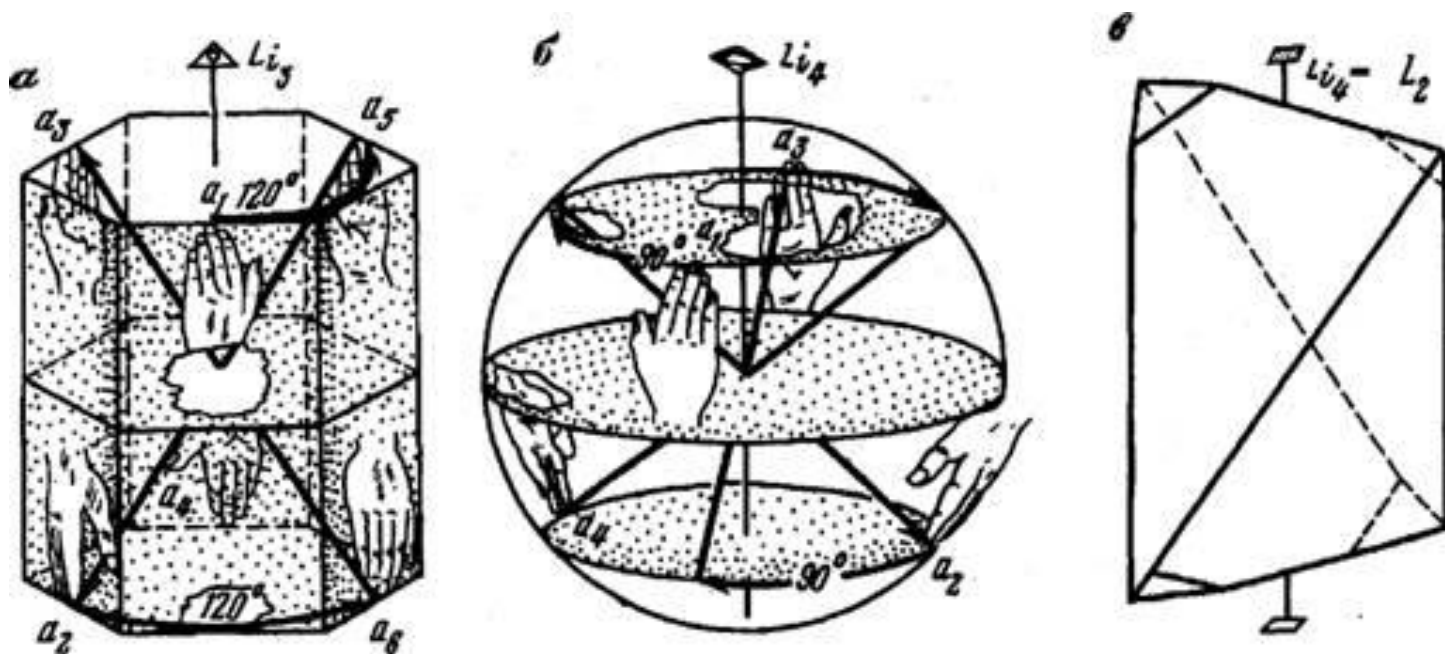
## Инверсионные оси (оси сложной симметрии)

При *повороте фигуры* вокруг *инверсионной оси* на *некоторый угол* и *отражения в центральной точке фигуры* она совмещается сама с собой.

Третьего, четвертого и шестого порядков.

Обозначения:  $Li_3$ ,  $Li_4$  и  $Li_6$ , или 3, 4, 6.

Угол поворота у оси 3 –  $120^\circ$ , у оси 4 –  $90^\circ$ , у оси 6 –  $60^\circ$

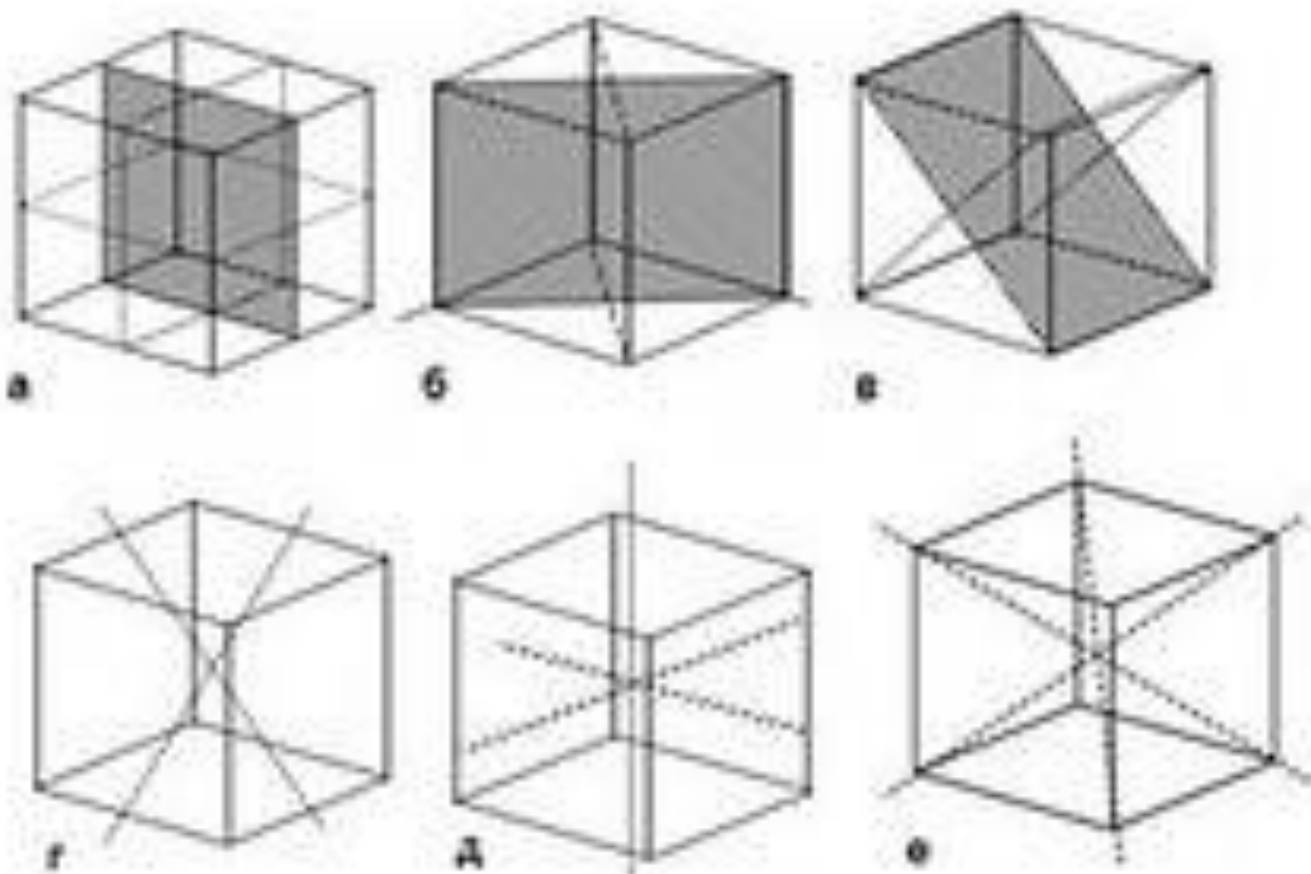


Принцип действия инв. осей третьего (а) и четвертого (б) порядка (Bloss, 1971) и многогранник с инверсионной осью четвертого порядка.

# ФОРМУЛЫ СИММЕТРИИ И 32 ВИДА СИММЕТРИИ КРИСТАЛЛОВ

**Формула симметрии** – перечень всех элементов симметрии кристалла, записанный в виде их символов.

**Порядок записи:** главные оси симметрии – другие оси – плоскости – центр инверсии.



**Формула симметрии куба –  $3L44L36L29PC$ :**

- а) 3 плоскости, перпендикулярные ребрам;
- б, в) 4 из 6 плоскостей, перпендикулярные диагонали граней;
- г) 2 из 6 осей 2-го порядка, параллельные диагоналям граней, проходящие через середины противоположных ребер;
- д) 3 оси 4-го порядка, перпендикулярные граням и проходящие через их центры;
- е) 4 оси 3-го порядка, параллельные диагоналям куба, проходящие через его вершины.



**Кристаллы** каждого минерала – *одной формулой симметрии*.

**В природе – 32 сочетания элементов симметрии** в кристаллах (*вида симметрии*) – объединены в **7 групп (сингоний)**.

Категории	Сингонии	Формула в символике Браве
Низшая	Триклинная	$L_1; C$
	Моноклинная	$P; L_2; L_2PC$
	Ромбическая	$L_22P; 3L_2; 3L_23PC$
Средняя	Тригональная	$L_3; L_3C; L_33P; L_33L_2; L_33L_23PC;$
	Тетрагональная	$L_4; L_4PC; L_44P; L_44L_2; L_44L_25PC; Li_4; Li_42L_22P$
	Гексагональная	$Li_6=L_3P; Li_63L_23P=L_33L_24P; L_6; L_6PC; L_66P; L_66L_2; L_66L_27PC$
Высшая	Кубическая	$4L_33L_2; 4L_33L_23PC; 4L_33L_2(3Li_4)6P; 3L_44L_36L_2; 3L_44L_36L_29PC$

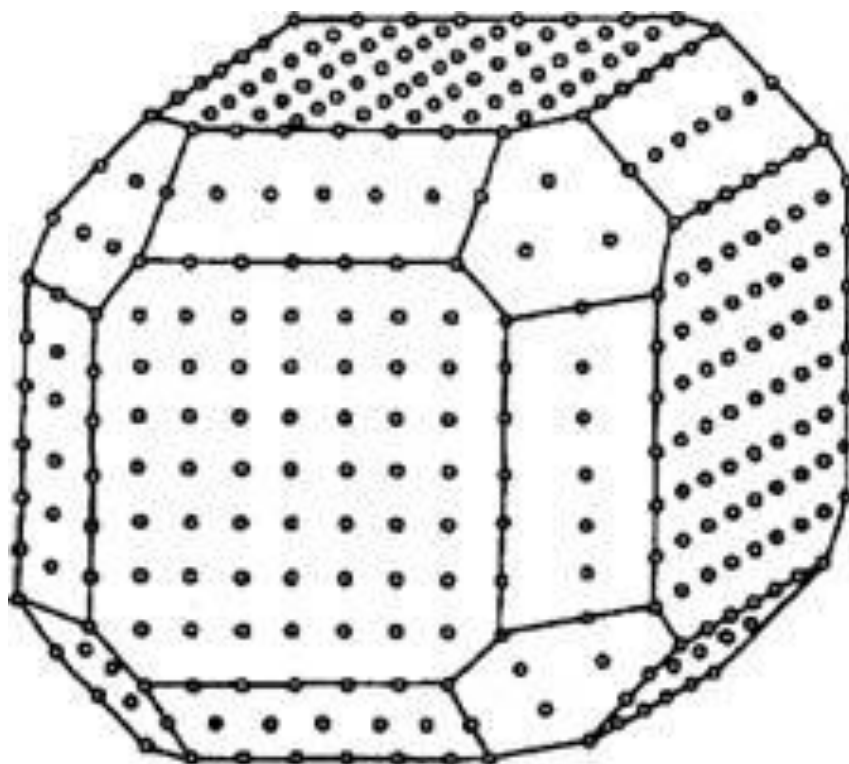
**Сингонии и категории** – по *обязательным элементам симметрии*:

- низшая категория – *нет осей* симметрии *выше второго* порядка,
- средняя категория – *одна ось* высшего порядка (**L3, L4, или L6**),
- высшая (кубическая сингония) – *4 оси третьего* порядка (**4L3**).

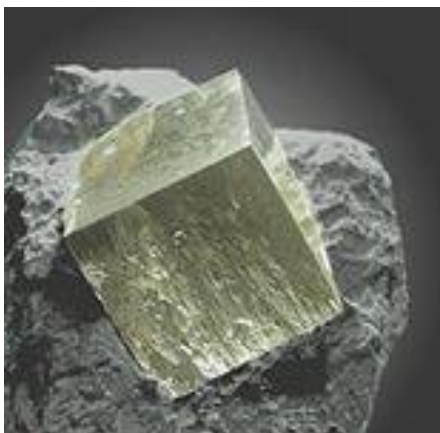
## ПРОСТЫЕ КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЕ ФОРМЫ

Простая кристаллографическая форма – совокупность граней кристалла, отвечающих *одинаковым плоским сеткам* (связанных друг с другом элементами симметрии).

Одинаковые грани – одни *скорости роста, блеск, твердость* и др. свойства.



**26 граней** – к трем простым кристаллографическим формам: **6, 8 и 12** граней (*куба, октаэдра и ромбододекаэдра*)

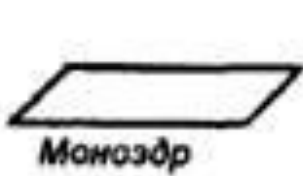




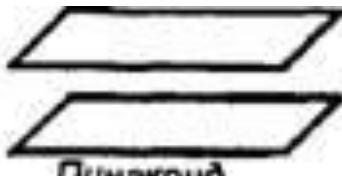
В кристаллах – **47 простых кристаллографических форм.**

**Формы сингоний низшей категории**

(моноэдры, диэдры, пинакоиды, ромбические призмы, ромбические пирамиды, ромбические дипирамиды и ромбические тетраэдры)



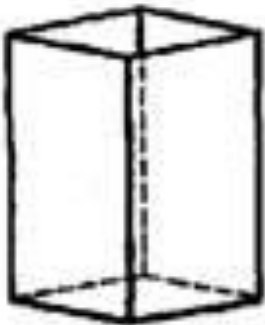
Моноэдр



Пинакоид



Диэдр



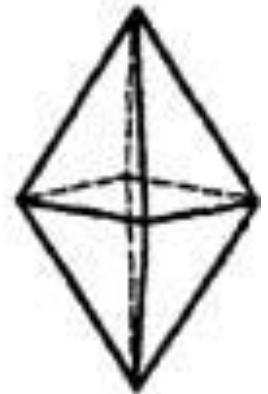
Ромбическая  
призма



Ромбический  
тетраэдр



Ромбическая  
пирамида

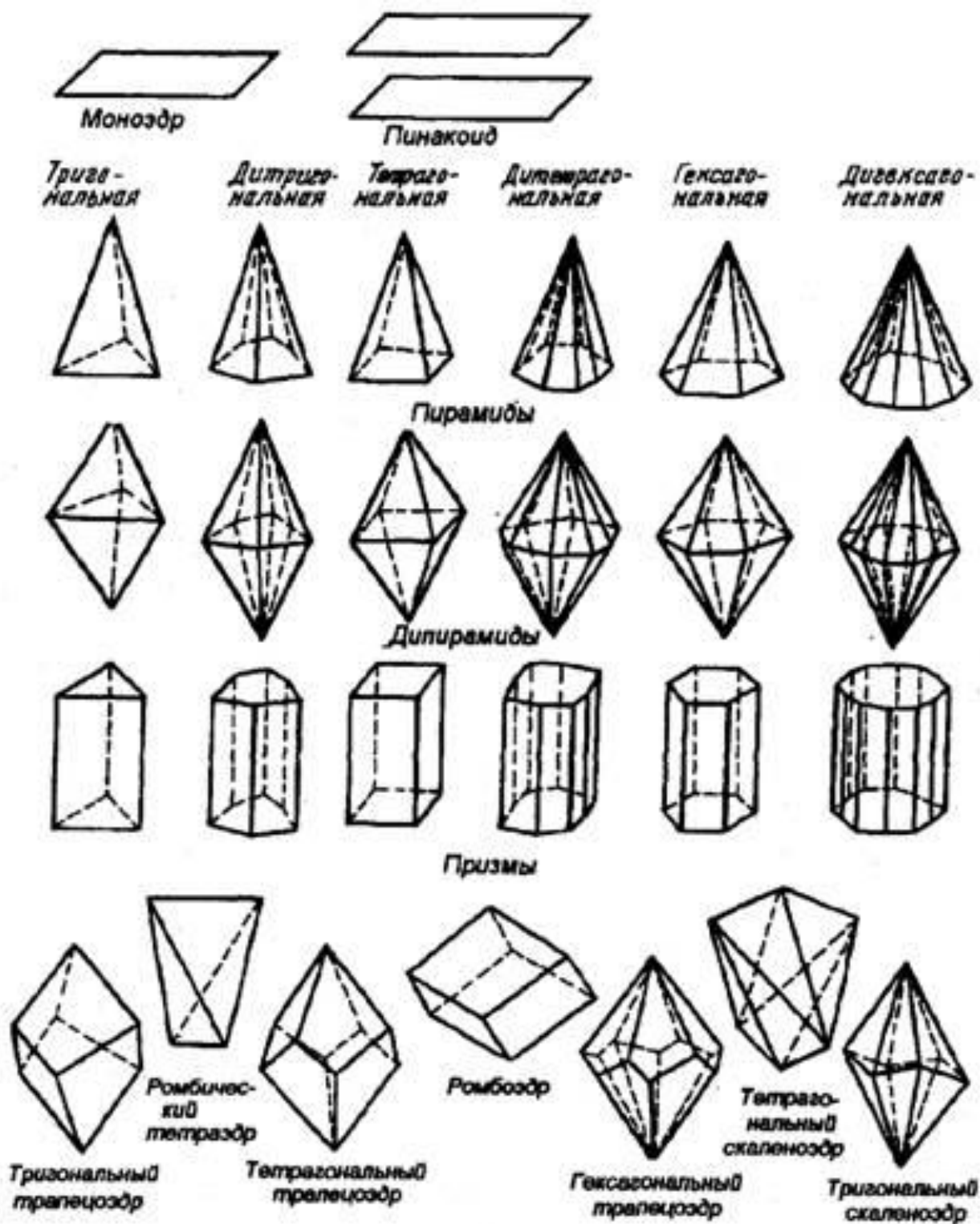


Ромбическая  
дипирамида



## Формы сингоний средней категории

(моноэдры, пинакоиды, различные призмы, пирамиды и дипирамиды, трапецоэдры, ромбоэдры, скаленоэдры, тетрагональные тетраэдры)





Т  
Р

## ТРИГОНАЛЬНАЯ



*Турмалин*



*Корунд*



*Кварц*

## ТЕТРАГОНАЛЬНАЯ



*Касситерит*



Циркон, 2,2 см. Вабнбед,  
Кольский п-ов.

*Циркон*



*Шеелит*

## ГЕКСАГОНАЛЬНАЯ



*Берилл*



*Апатит*



*Пирротин*

## Кубическая сингония – 15 простых форм

(чаще тетраэдр, октаэдр, гексаэдр (куб), ромбододекаэдр, пентагон-додэкаэдр, тетрагон-триоктаэдр)



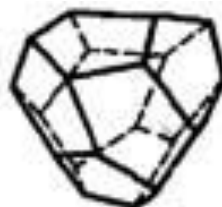
Тетраэдр



Тригон-тритетраэдр



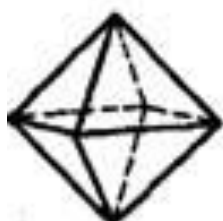
Тетрагон-тритетраэдр



Пентагон-тритетраэдр



Гексатетраэдр



Октаэдр



Тригон-триоктаэдр



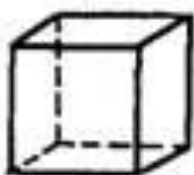
Тетрагон-триоктаэдр



Пентагон-триоктаэдр



Гексоктаэдр



Гексаэдр



Тетрагексаэдр



Ромбододекаэдр



Пентагон-додэкаэдр



Дидодэкаэдр



Галенит



Магнетит



Гранат