

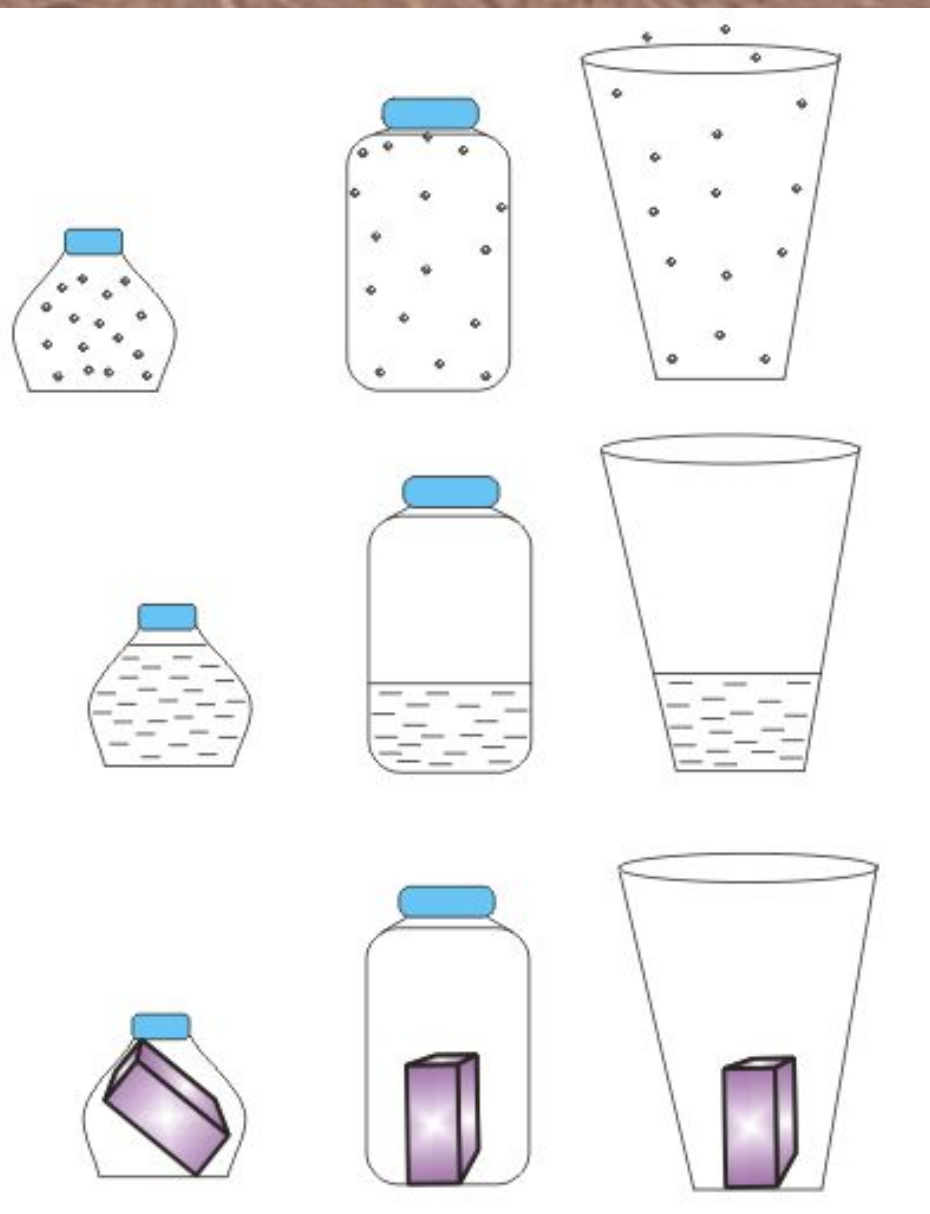
# СТРОЕНИЕ ТВЕРДОГО ВЕЩЕСТВА





# ПЛАН

1. Свойства твердого состояния вещества.
2. Строение кристаллов.
3. Типы кристаллических решеток.
4. Упаковка атомов в кристаллах.
5. Аморфное состояние вещества.

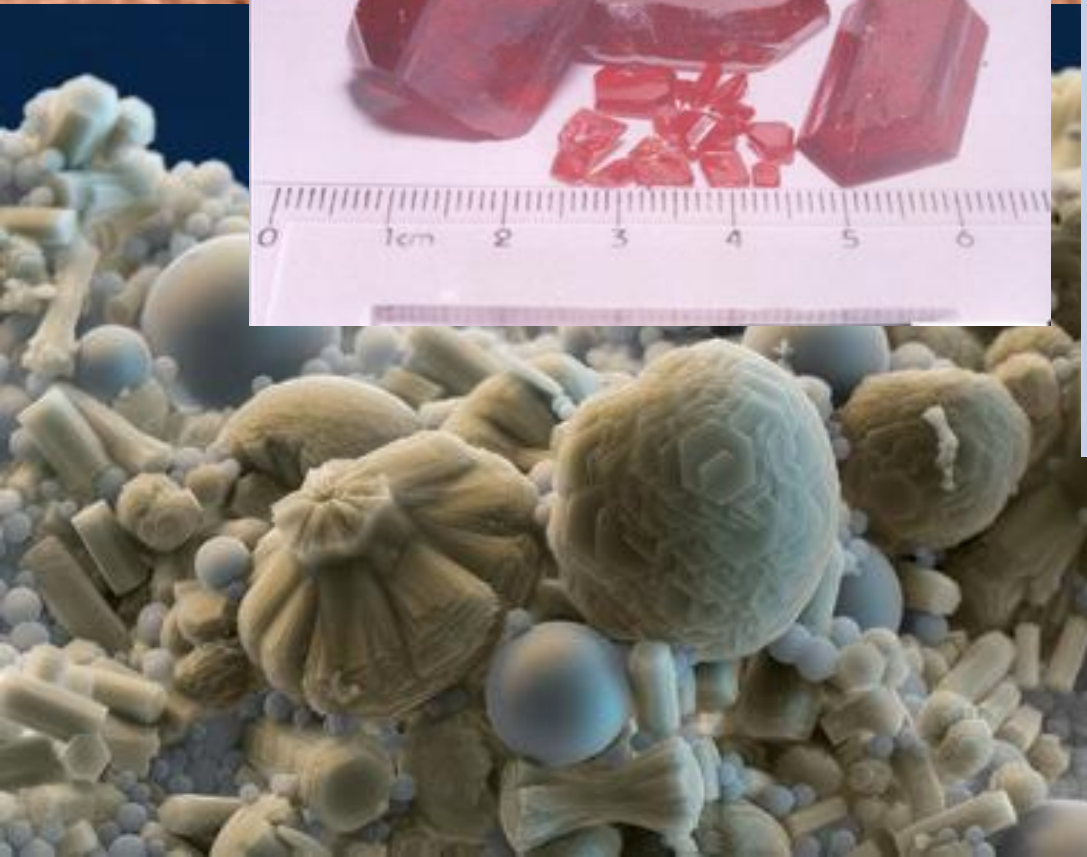


**Твердое тело  
сохраняет и свою  
форму и свой объем,  
т.к.**

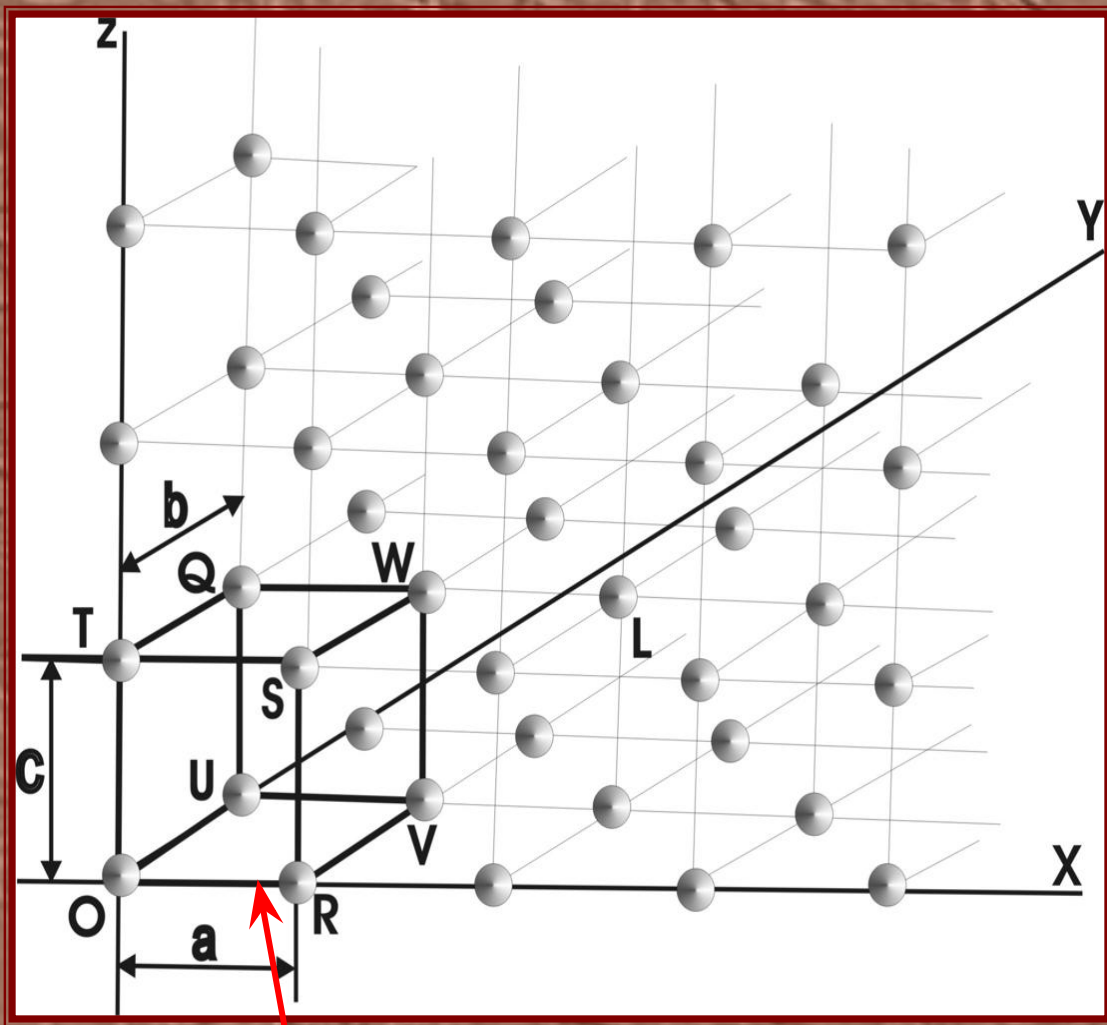
**молекулы или атомы в  
кристаллах не могут  
передвигаться на  
большие расстояния,  
а только совершают  
колебательное  
движение в узлах  
кристаллической  
решетки**



кристаллические вещества состоят из огромного количества очень маленьких кристалликов, имеющих абсолютно одинаковое строение. кристаллические вещества характеризуются повторяющимся в пространстве расположением атомов или ионов, образующих правильные геометрические тела (куб, параллелепипед, призма и др.)



**Система атомов или ионов, определенным образом расположенных в пространстве, называется кристаллической решеткой.**



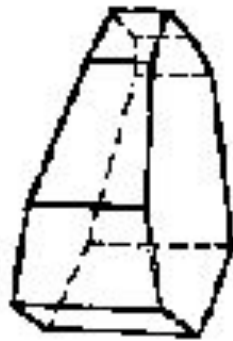
Типичная (повторяющаяся) часть кристаллической решетки называется элементарной ячейкой.

**элементарная ячейка**

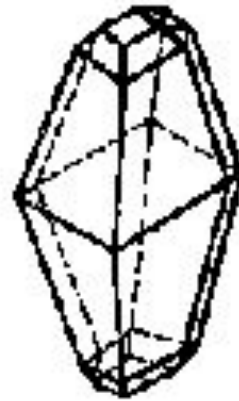




триклинная



Моноклинная



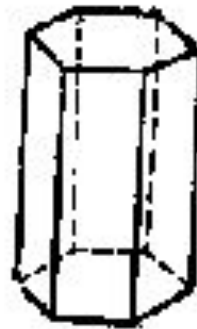
Ромбическая



Тригональная



Тетрагональная



Гексагональная



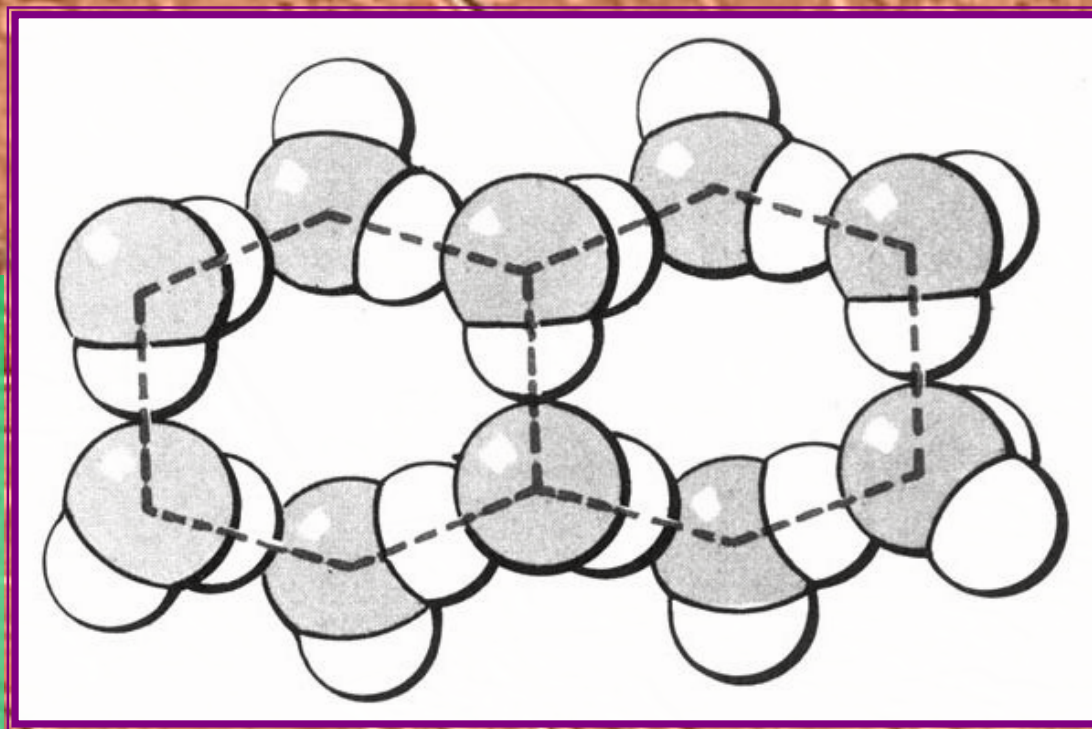
Кубическая

Огромное разнообразие кристаллических решеток подразделено на 7 больших систем, называемых **СИНГОНИЯМИ** (по геометрической форме кристаллов)

кристаллы классифицируются на типы по виду связи между частицами, составляющими кристалл

Самые слабые силы взаимодействия между молекулами в молекулярных кристаллах, к числу которых относятся, например, кристаллы  $\text{CO}_2$ , серы, бензола, йода, нафталина

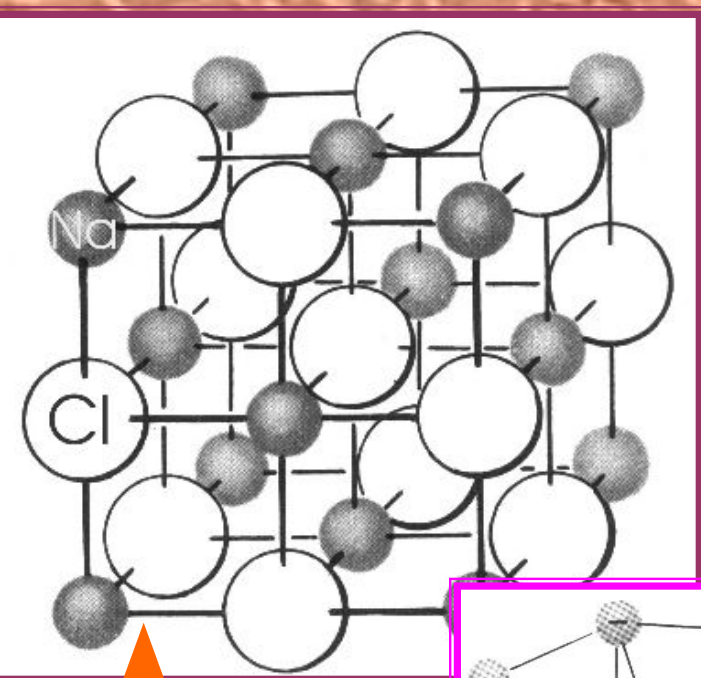
низкая  $t^0$  плавления,  
электропроводность;  
мягкость и хрупкость,  
летучи и пахучи, т.к.  
молекулы легко  
испаряются с  
поверхности  
кристаллов



кристалл льда



**ионные кристаллы** - ионная связь между ионами (за счет электростатического взаимодействия между зарядами).  
Примеры: многие соли, например, хлориды натрия и калия или цезия.



NaCl

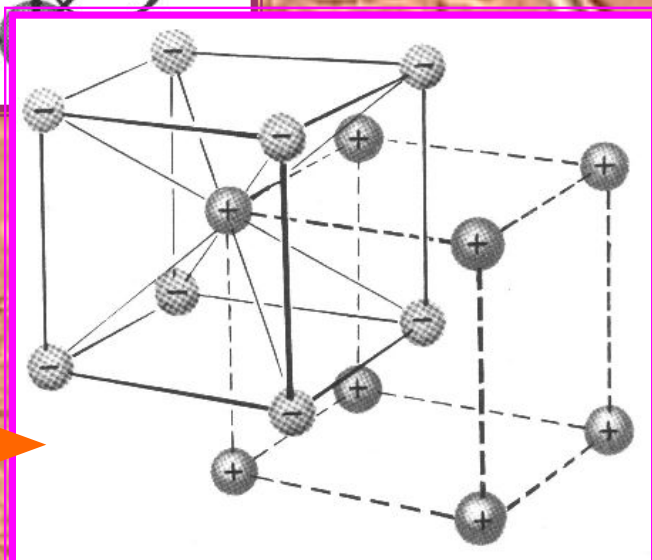
CsCl

**СИЛЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВЕЛИКИ**



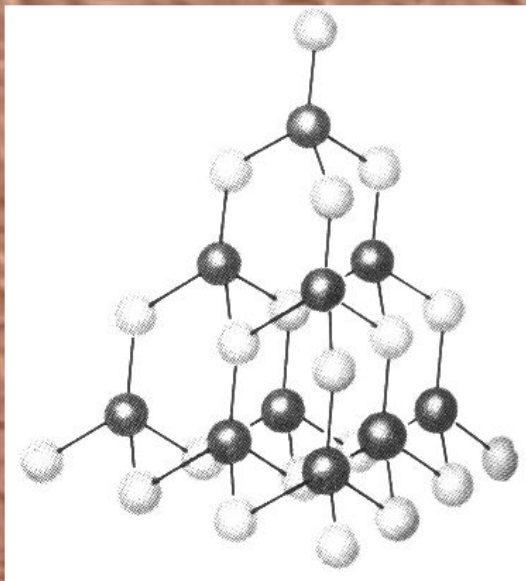
высокие температуры плавления и кипения, чрезвычайно низкое давление паров; растворяются только в наиболее полярных растворителях; диэлектрики,

потому что образующие их ионы не могут свободно покидать свои положения в узлах решетки



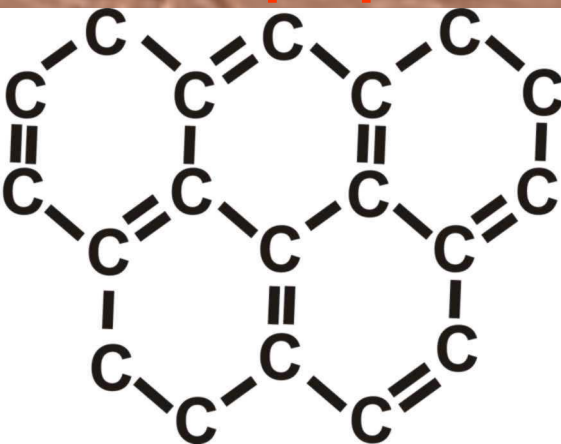


Ковалентные кристаллы (атомные решетки): атомы связаны в кристалле ковалентной связью неполярной или слабо полярной



алмаз

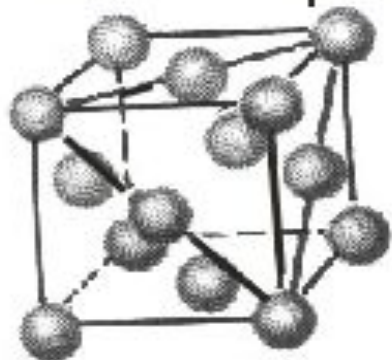
графит



мощные ковалентные связи так близко стягивают соседние атомы, что их электронные облака частично перекрываются. Расстояние между центрами атомов С в алмазе намного меньше, чем известный диаметр атома углерода. Поэтому высокая прочность и химическая инертность алмаза. Он практически не реагирует ни с кислотами, ни со щелочами, и лишь в атмосфере  $O_2$  и  $F_2$  окисляется до  $CO_2$  и  $CF_4$ . Аналогичной кристаллической структурой обладают и другие представители главной подгруппы IV группы периодической системы: Si, Ge, серое Sn.

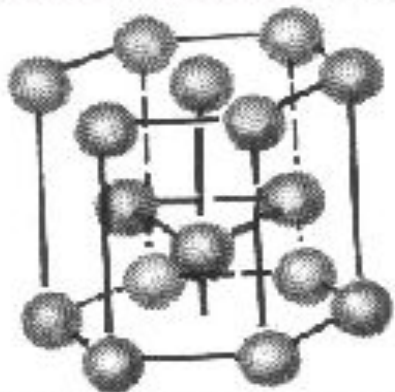
Прочные кристаллы образуются лишь в том случае, если число ковалентных связей достаточно для образования пространственных решеток.

## Элементарная ячейка



**Al, Cu, Au, Ag, Fe**

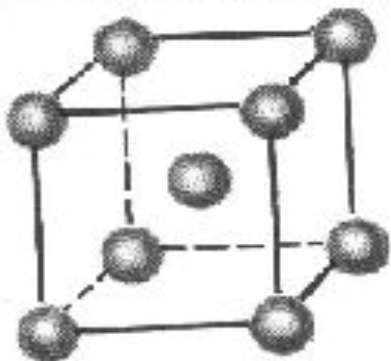
Гранецентрированная кубическая



**координационные  
числа 8-12**

**Mg, Co<sub>α</sub>, Zn, Ti<sub>α</sub>,  
Cd**

Гексагональная










**Mo, W, V, Fe**

Объемноцентрированная кубическая


**Металлические кристаллы** – кристаллы, в которых атомы металлов образуют плотно упакованные структуры. Взаимодействие, удерживающее атомы металлов в едином кристалле называется металлической связью. Она возникает между атомами металлов в результате перекрывания внешних атомных орбиталей и обобществления валентных электронов, которые могут мигрировать между атомами по всему куску металла.



# Взаимосвязь между положением металлов в ПСЭ и их кристаллическим строением

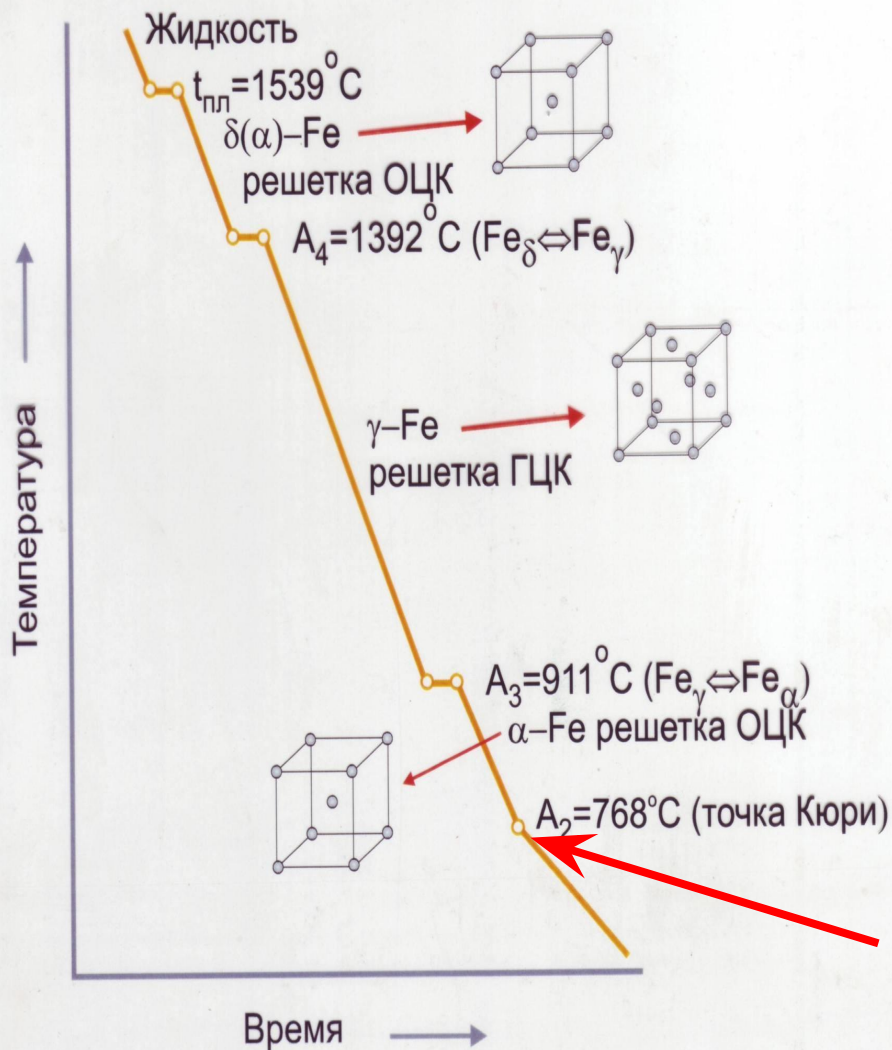
I A	II A	III B	IV B	V B	VI B	VII B	VIII		IB	
 Li	 Be									
 Na	 Mg									
 K	 Ca	 Sc	 Ti	 V	 Cr	Mn <sup>2+</sup>	 Fe	 Co	 Ni	 Cu
 Rb	 Sr	 Y	 Zr	 Nb	 Mo	 Tc	 Ru	 Rh	 Pd	 Ag
 Cs	 Ba	 La	 Hf	 Ta	 W	 Re	 Os	 Ir	 Pt	 Au

 Объемно-центрированная кубическая

 Гексагональная плотноупакованная

 Кубическая плотноупакованная

## Температурный полиморфизм железа



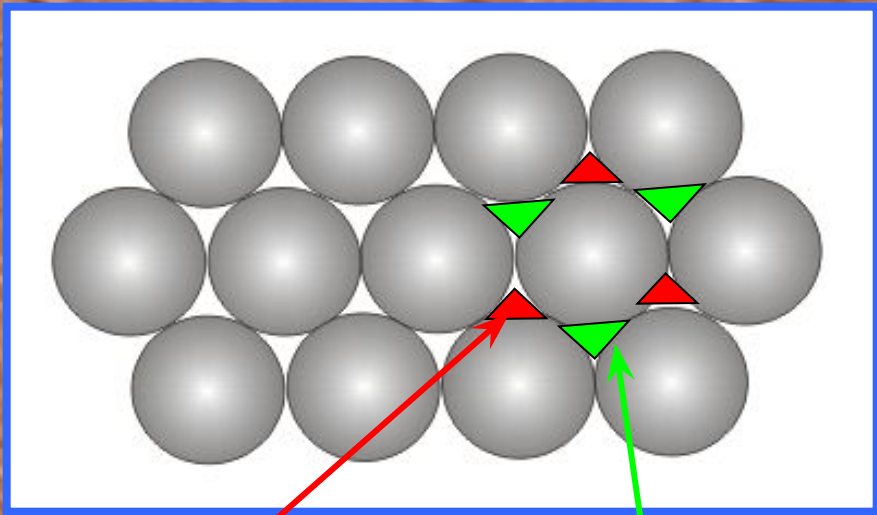
Железо имеет две модификации:  $\alpha$  (ОЦК) и  $\gamma$  (ГЦК).

Одно и то же вещество, кристаллизуясь в различных условиях, может образовать кристаллы различной формы, различающиеся по свойствам, а иногда и по типу связи. Это явление называется полиморфизмом, а кристаллы – полиморфными модификациями.

Полиморфизм простых элементов называют аллотропией.

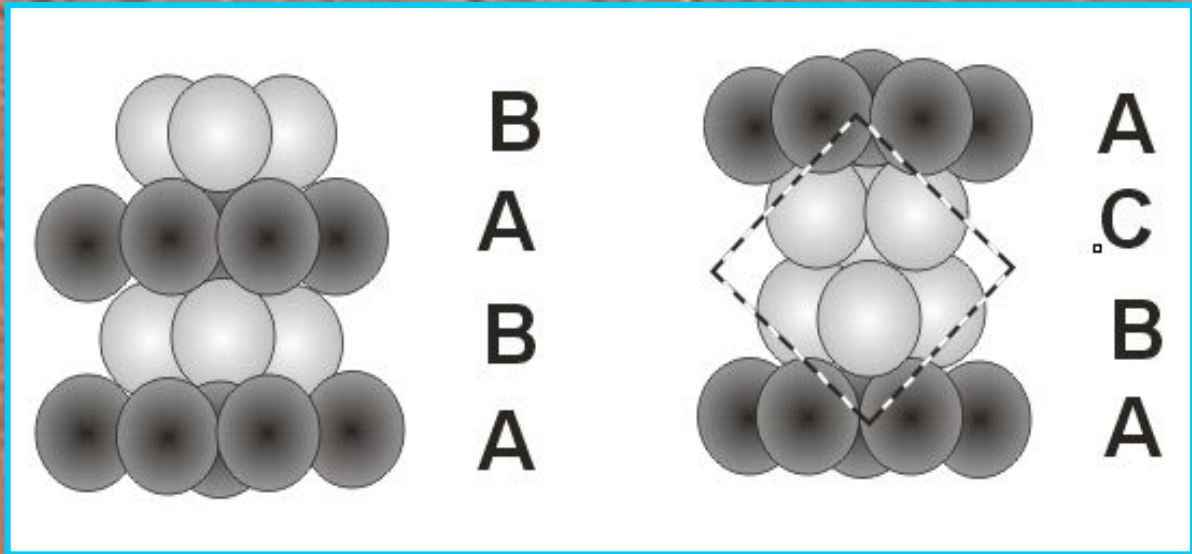
исчезают магнитные свойства





плоскость В

плоскость С

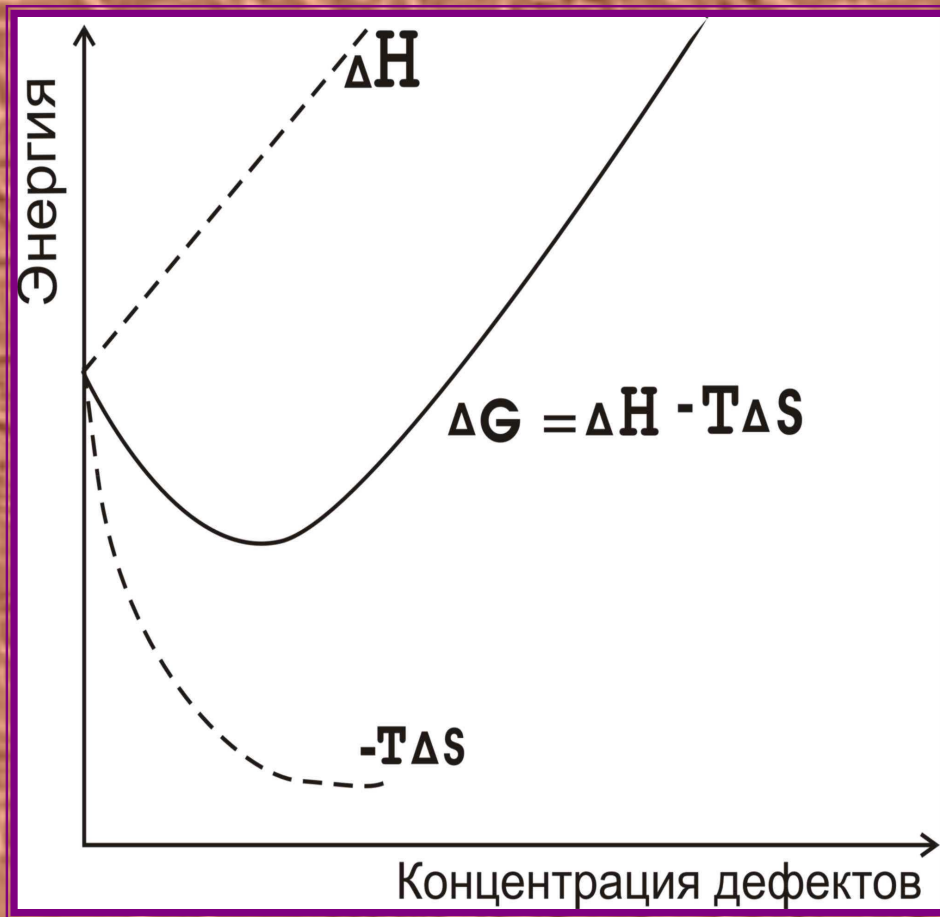


гексагональная

кубическая

2 типа плотноупакованных структур: кубическая и гексагональная. Одинаковое расположение атомов в пределах одной кристаллической плоскости (слоя), но разные способы чередования таких плоскостей.

Идеальный кристалл может существовать только при температуре абсолютного нуля. При любых других температурах все реальные кристаллы несовершенны, т.е. в них наблюдаются нарушения идеального расположения атомов, называемые *дефектами*.



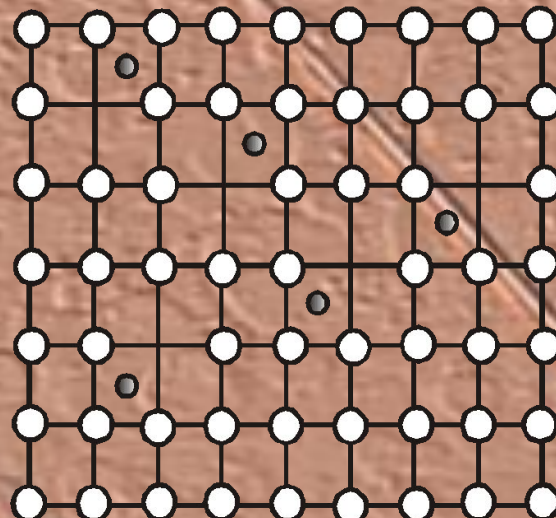
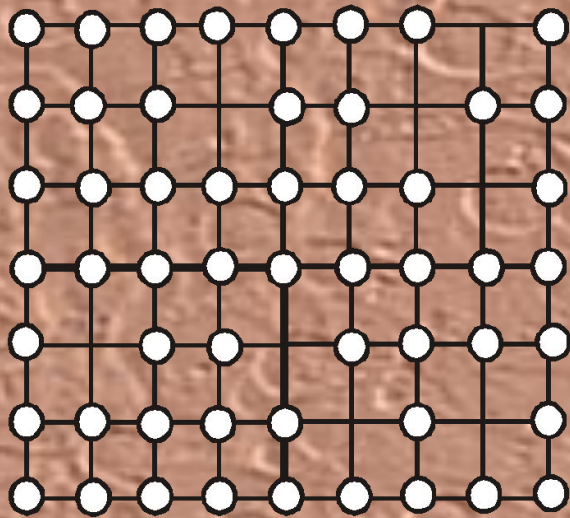
накопление дефектов до определенной концентрации приводит к уменьшению свободной энергии системы

Хотя образование этих дефектов и требует затрат энергии (энтальпия системы возрастает), но оно сопровождается значительным увеличением энтропии системы

изменение энергии при образовании дефектов



виды дефектов: точечные - охватывают один-два структурных узла или междоузлия в элементарной ячейке, и протяженные – дислокации, трещины, микрокаверны



точечные:

1) незанятые узлы решетки – вакансии (дефекты Шоттки),

2) атомы, молекулы или ионы, расположенные не на своих позициях или в междоузлиях (дефекты Френкеля),

3) посторонние атомы – примеси как в узлах, так и в междоузлиях.

вакансии по Шоттки

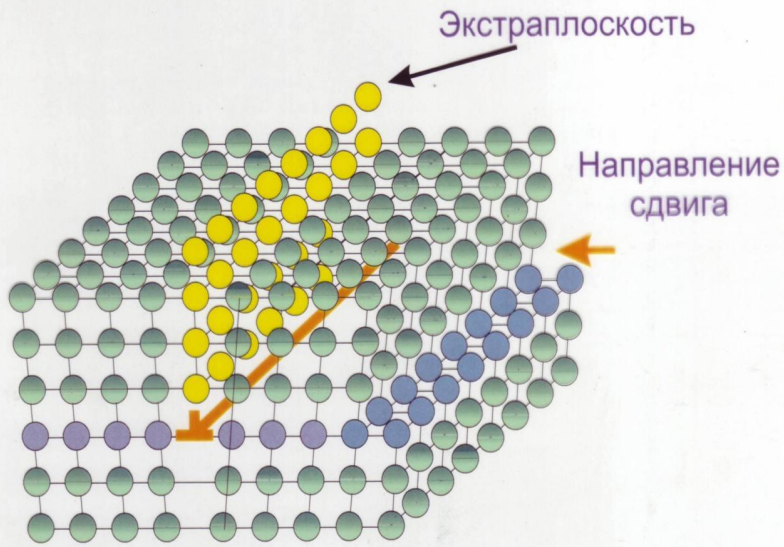
дефекты Френкеля

**ИСКАЖЕНИЯ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКИ**

Окраска драгоценных камней – рубина, изумруда и др. – вызвана примесными ионами (хрома, железа).

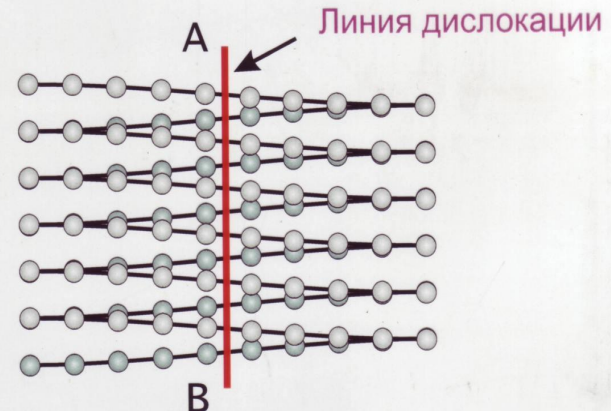
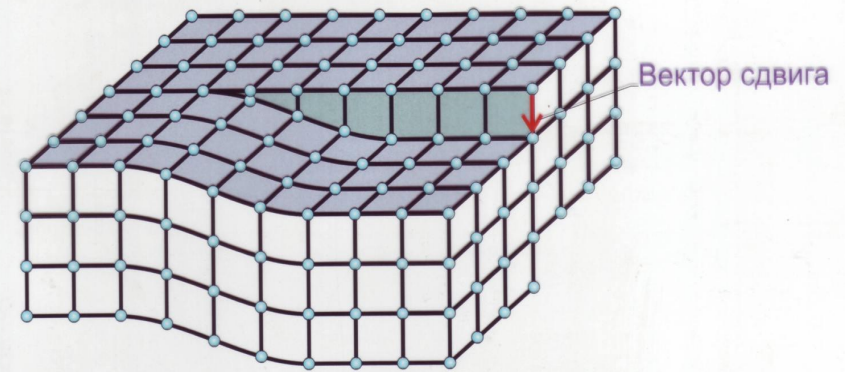
**Дислокация** – смещение рядов атомов друг относительно друга, простирающееся вдоль некоторой линии – *линии дислокации*. Дислокации – неполные атомные плоскости.

### краевая дислокация



**обрыв плоскости атомов**

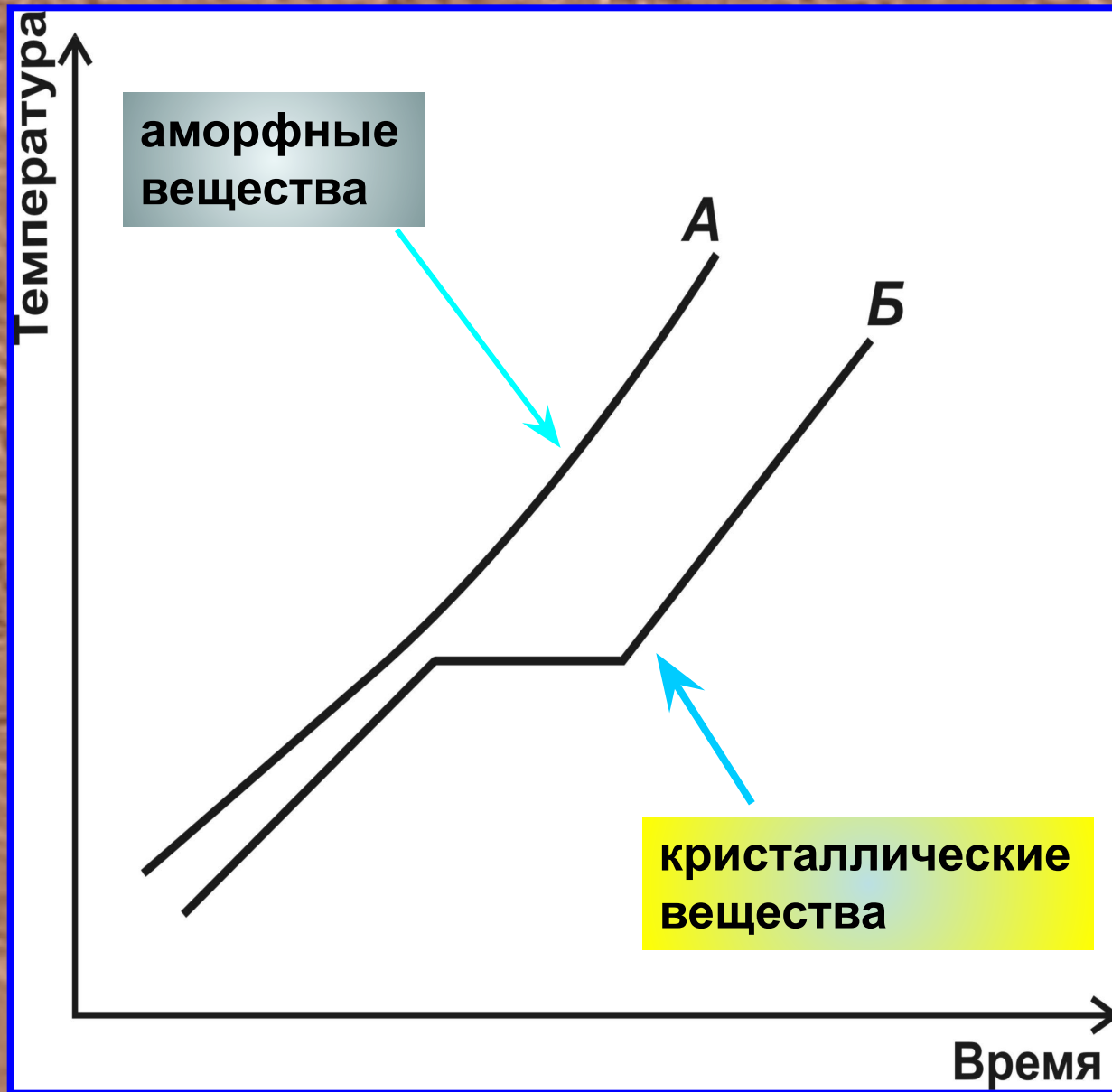
### винтовая дислокация



**взаимный сдвиг плоскостей**



# 2 вида твердого состояния: кристаллическое и аморфное



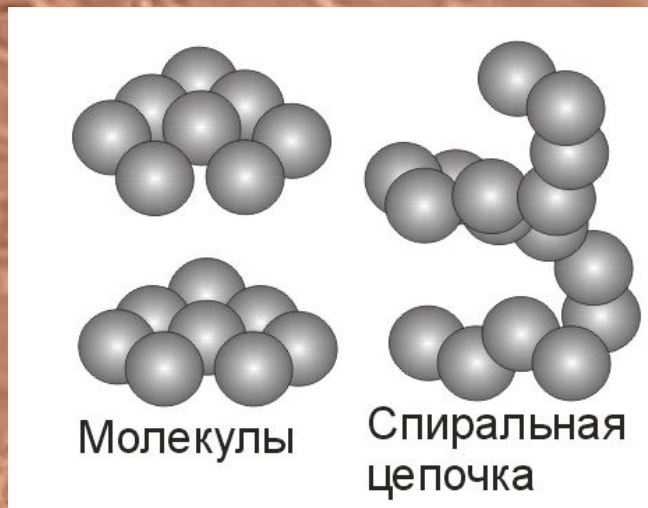
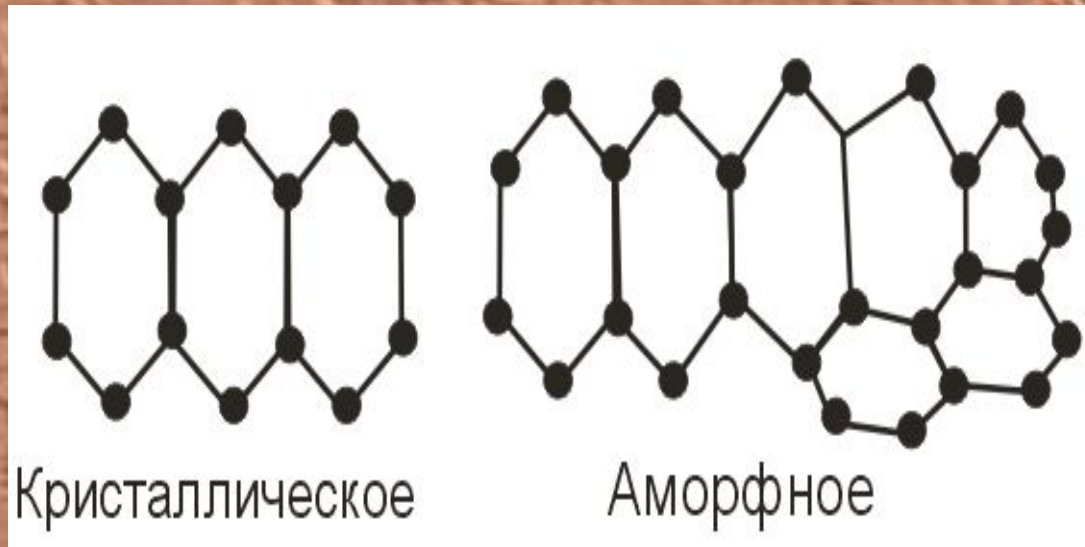
аморфные  
вещества

кристаллические  
вещества

различные  
физические и меха-  
нические свойства

аморфный в  
переводe с гре-  
ческого языка  
означает  
«бесформенный».

Аморфные вещества можно рассматривать как переохлажденные жидкости с сильно пониженной подвижностью частиц. Строение аморфных веществ характеризуется наличием порядка только во взаимном расположении соседних частиц. Это так называемый ближний порядок



Сера  
кристаллическая  
S<sub>8</sub> и аморфная

Аморфные металлы обладают рядом физических отличий от обычных кристаллических по механическим свойствам, особенно по прочности. В аморфных структурах нет типичных для кристаллов дефектов и внутренних напряжений, способных снизить прочность материала.