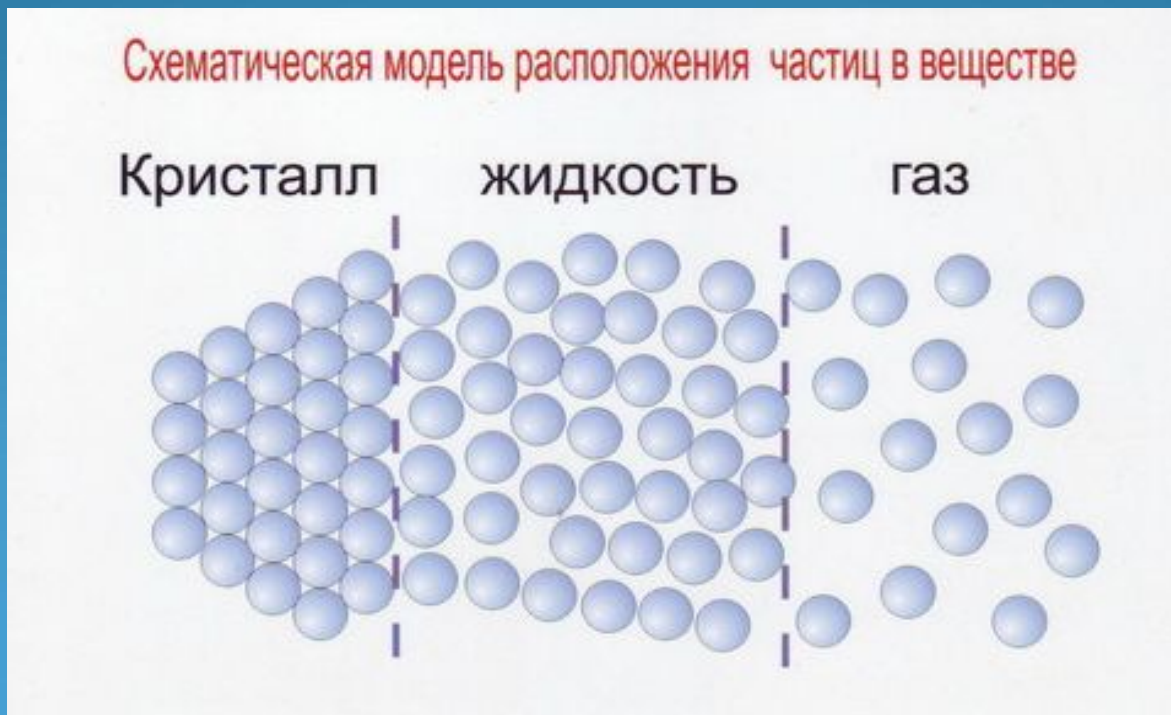


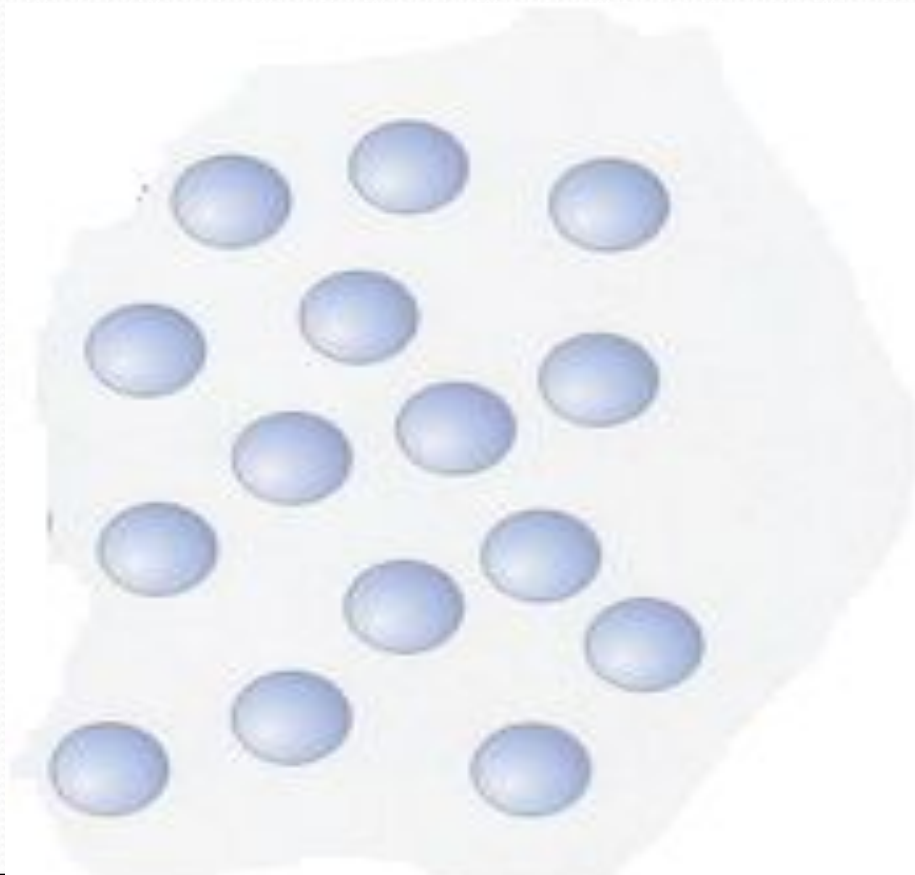
# Кристаллическое строение материалов

Каждый металл(вещество) может находиться в 3-х агрегатных состояниях:

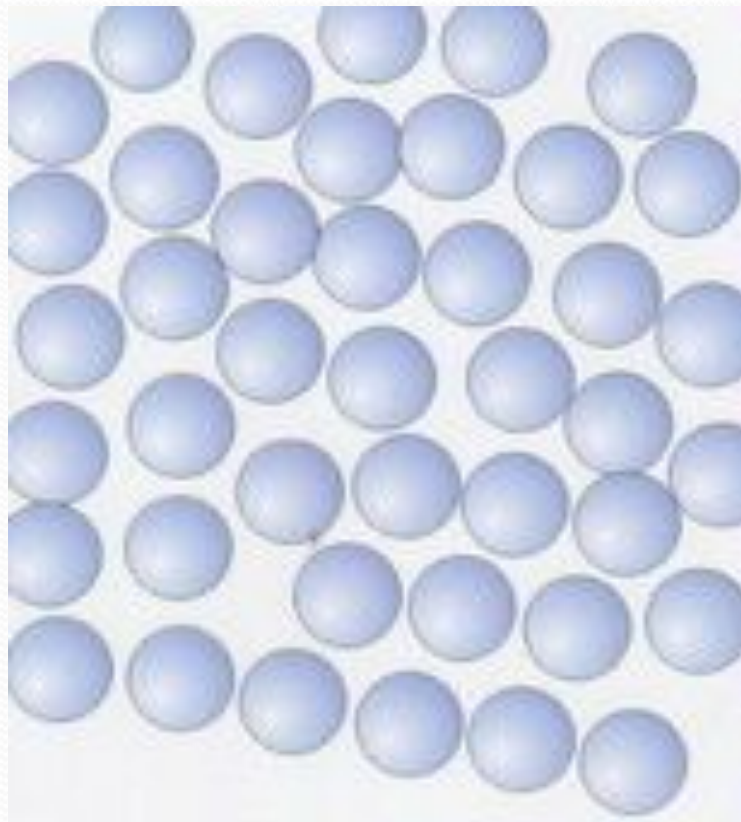
газообразном, жидком, твердом



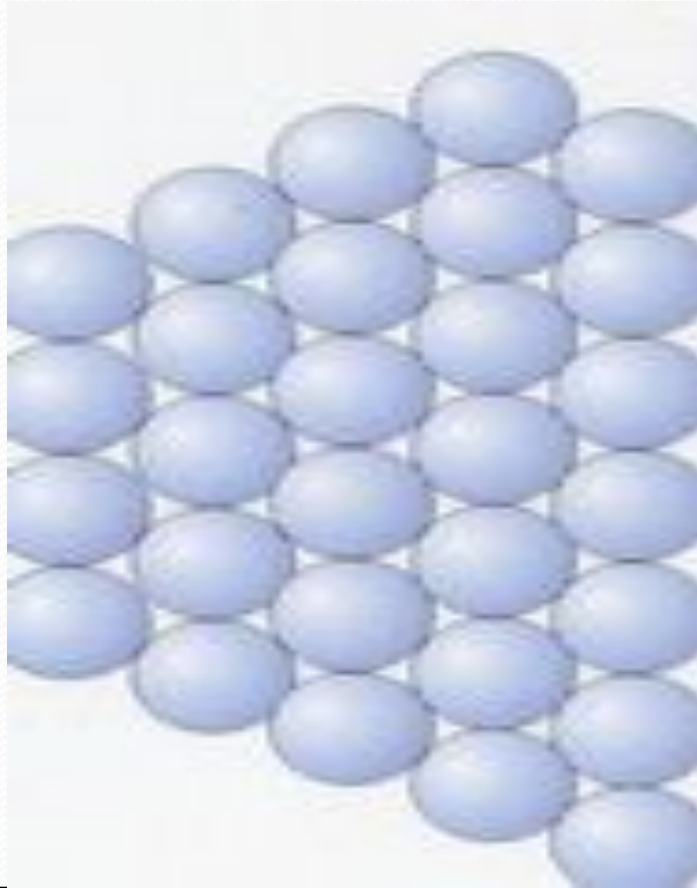
- В газообразном металле расстояние между атомами велико, силы взаимодействия малы и атомы хаотично перемещаются в пространстве, отталкиваясь друг от друга. В газообразном состоянии атомы обладают большой кинетической энергией



- В жидком металле атомы сохраняют лишь ближний порядок, в объеме закономерно расположено небольшое количество атомов. Ближний порядок неустойчив и может исчезнуть, либо возникнуть под воздействием тепловых колебаний.



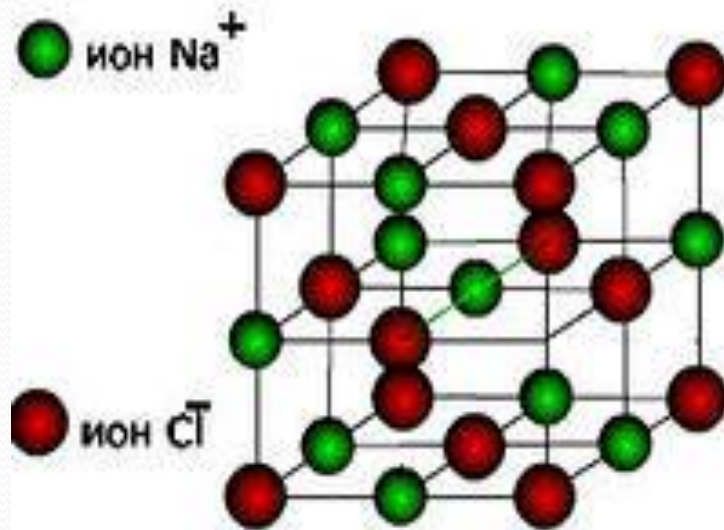
- В твердых телах порядок расположения атомов в пространстве строго определен, закономерен; силы взаимодействия уравновешены, тело сохраняет свою форму. Правильное расположение атомов в пространстве характеризует кристаллическое состояние.



# Кристаллическая решетка

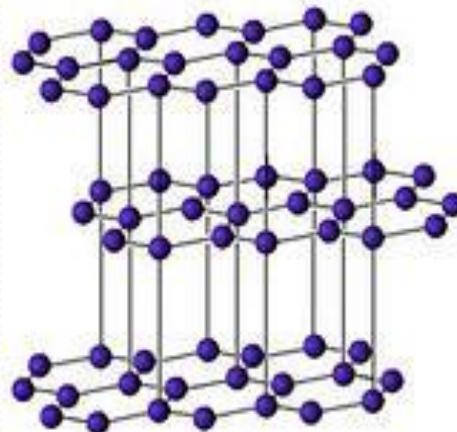
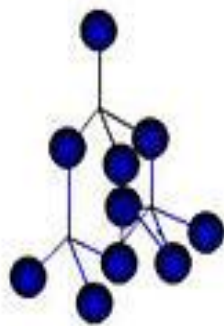
- Кристаллическая решетка- это воображаемая пространственная сетка, в узлах которой располагаются атомы (ионы), образующие металл. Частицы вещества, из которых построен кристалл, расположены в определенном геометрическом порядке, который периодически повторяется в пространстве.
- В зависимости от типа частиц, расположенных в узлах кристаллической решётки, и характера связи между ними различают *4 типа кристаллических решёток:*
- ионные, атомные, молекулярные, металлические.

- **Ионными** называют кристаллические решетки, в узлах которых находятся ионы. Их образуют вещества с ионной связью. Ионные кристаллические решётки имеют соли, некоторые оксиды и гидроксиды металлов.
- Связи между ионами в кристалле очень прочные и устойчивые. Поэтому вещества с ионной решёткой обладают высокой твёрдостью и прочностью, тугоплавки и нелетучи.



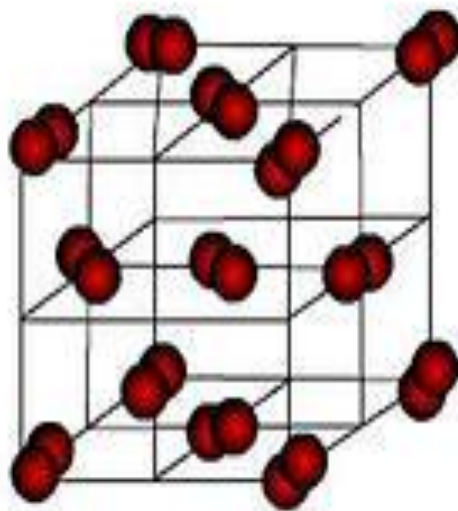
● **Атомными** называют кристаллические решётки, в узлах которых находятся отдельные атомы, которые соединены очень прочными ковалентными связями. Ниже показана кристаллическая решётка алмаза и графита.

● В природе встречается немного веществ с атомной кристаллической решёткой. К ним относятся **бор, кремний, германий, кварц, алмаз**. Вещества с АКР имеют высокие температуры плавления, обладают повышенной твёрдостью. Алмаз - самый твёрдый природный материал.



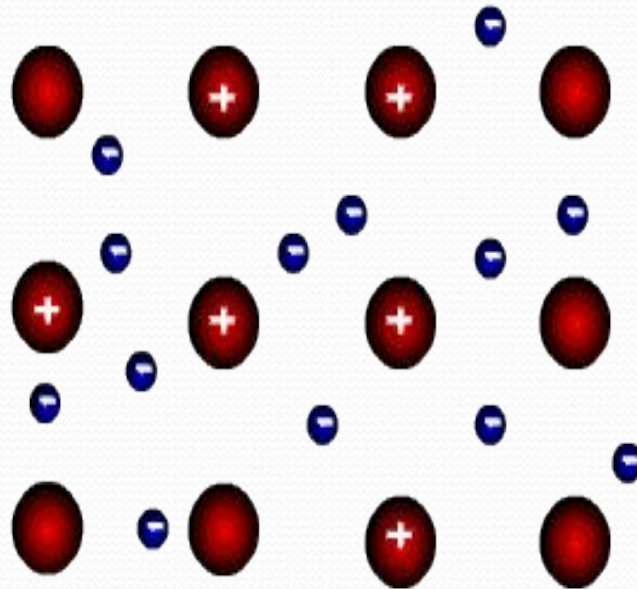
- **Молекулярными** называют кристаллические решётки, в узлах которых располагаются молекулы. Химические связи в них ковалентные, как полярные, так и неполярные. Связи в молекулах прочные, но между молекулами связи не прочные.

- Вещества с МКР имеют малую твёрдость, плавятся при низкой температуре, летучие, при обычных условиях находятся в газообразном или жидком состоянии



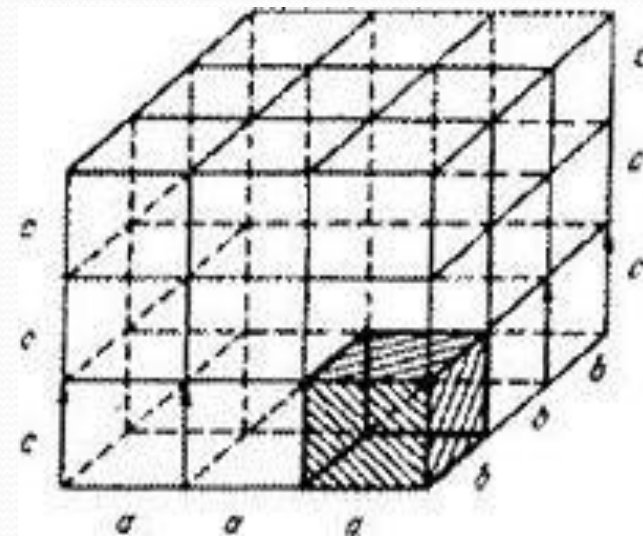
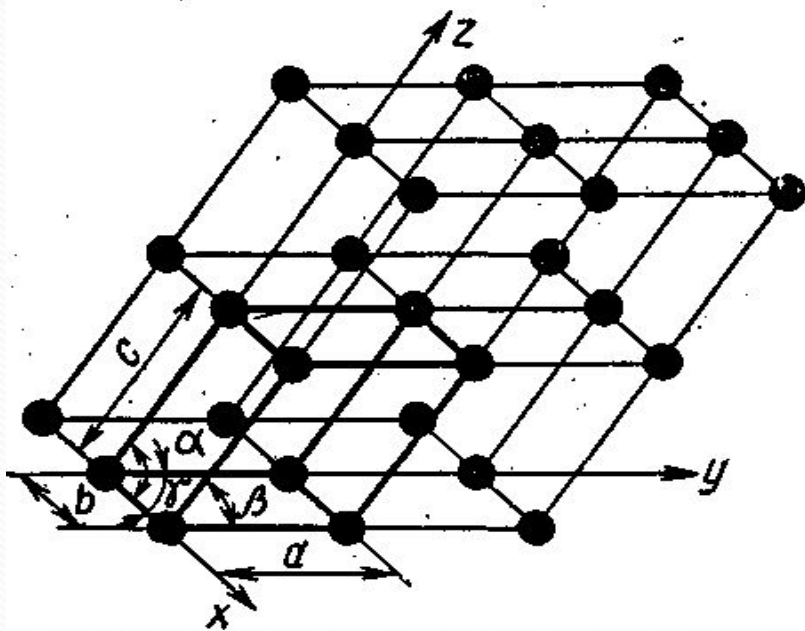


- **Металлическими** называют решётки, в узлах которых находятся атомы и ионы металла.
- Связь в металле осуществляется электростатическими силами. Между ионами и свободными электронами возникают электростатические силы притяжения, которые стягивают ионы



# Кристаллические решетки металлов

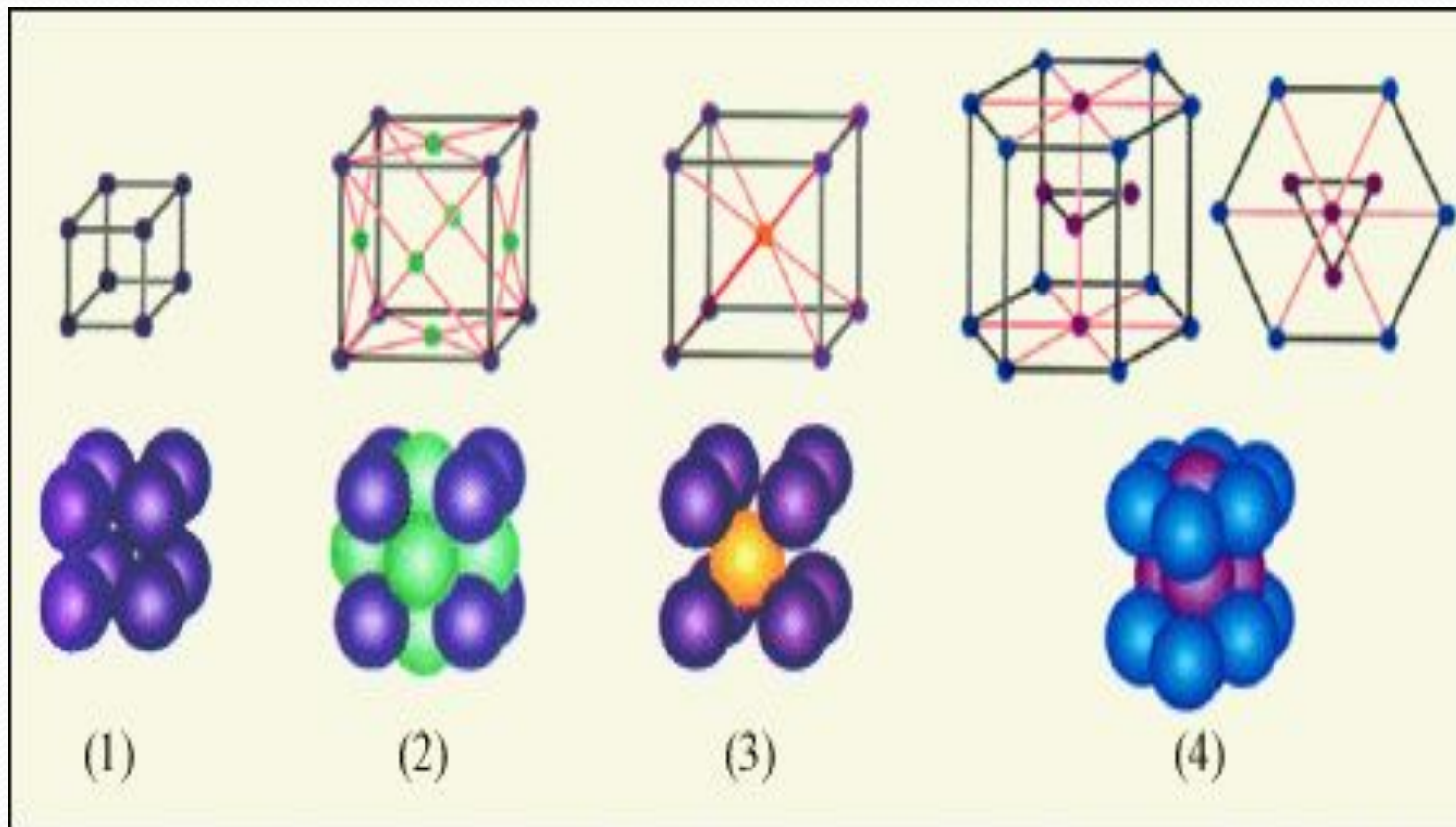
- Металлы обычного способа производства имеют кристаллическое строение. В кристаллах атомы расположены строго упорядоченным образом так, что, если через их центры провести воображаемые линии вдоль трех координатных осей, они образуют **пространственную (кристаллическую) решетку**



- Пространственная кристаллическая решетка сложна в изображении, поэтому представление об атомном строении кристаллов дается в виде элементарных кристаллических ячеек.
- Кристаллические решётки металлов часто имеют форму **гранецентрированного** (*медь, золото*) или **объёмно-центрированного куба** (*железо*), а также **шестигранной призмы** (*цинк, магний*).

# Примеры простых кристаллических решёток

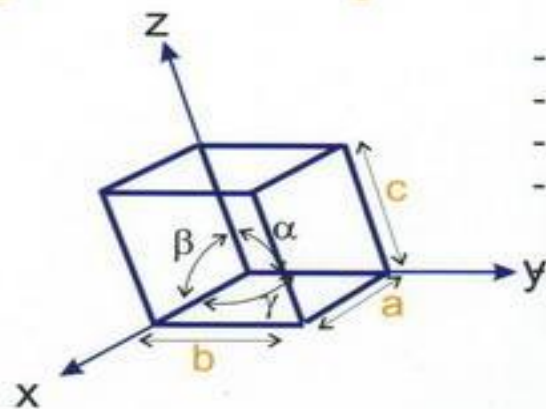
- **1** – простая кубическая; **2** – гранецентрированная кубическая; **3** – объёмно-центрированная кубическая; **4** – гексагональная



# Пространственно-кристаллическая решетка



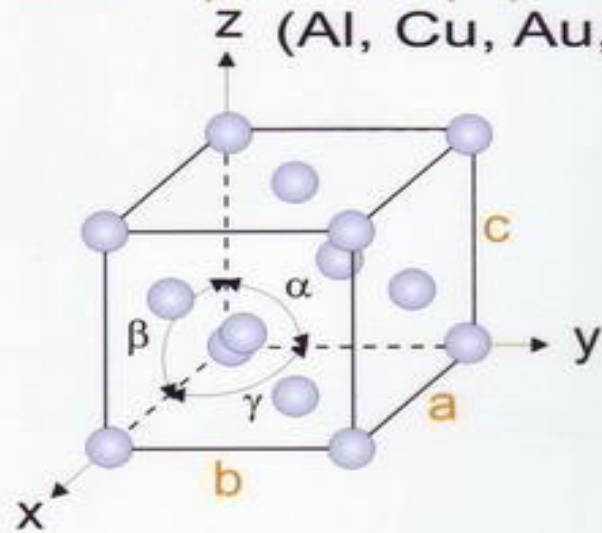
## Основные характеристики кристаллической решетки



- углы между осями  $\alpha, \beta, \gamma$ ;
- периоды решетки  $a, b, c$ ;
- число атомов, приходящееся на ячейку  $n$ ;
- координационное число  $Z$ , равное числу ближайших равноудаленных атомов;
- коэффициент компактности  $K$ , равный доле объема ячейки, занятой атомами:

$$K = \frac{n \cdot 4/3 \pi R^3}{V_{\text{яч}}}$$

# Решетка гранецентрированная кубическая (ГЦК)



$r$  – наименьшее расстояние до соседних атомов.



## **Характеристики решетки:**

Углы между осями

$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

Период решетки

$$a = b = c$$

Число атомов на ячейку

$$n = 4$$

Координационное число

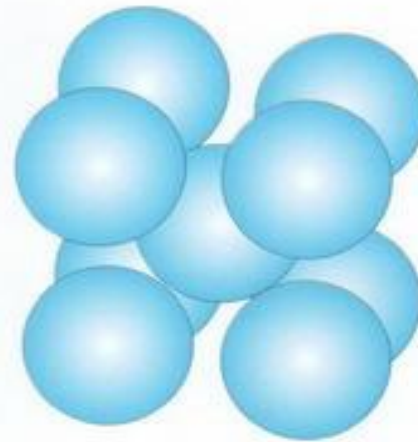
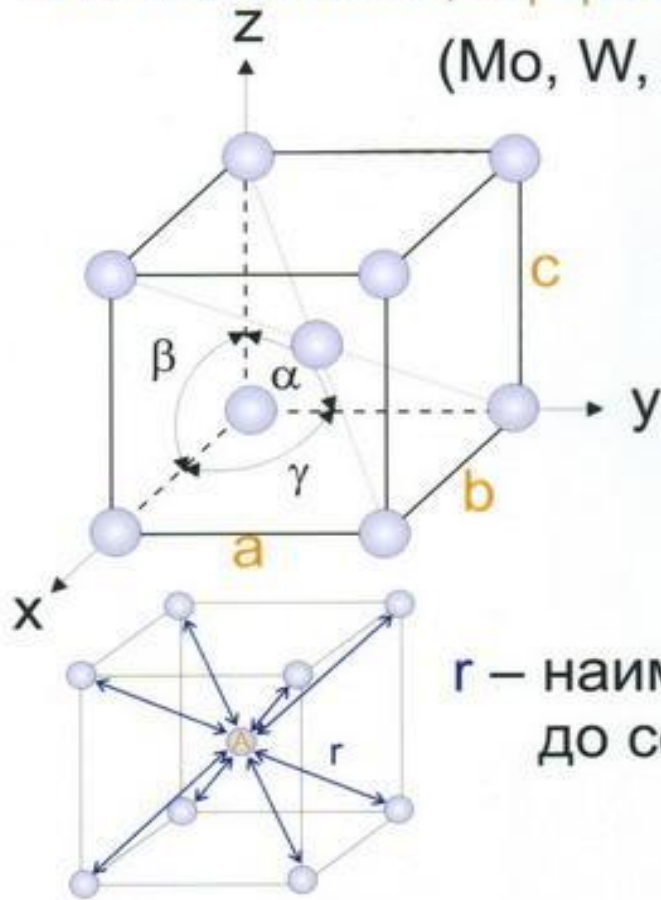
$$Z = 12$$

Коэффициент компактности

$$K = 0,74$$

# Решетка объемноцентрированная кубическая (ОЦК)

(Mo, W, V, Fe<sub>α</sub>)



$r$  – наименьшее расстояние до соседних атомов.

## Характеристики решетки:

Углы между осями

$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

Период решетки

$$a = b = c$$

Число атомов на ячейку

$$n = 2$$

Координационное число

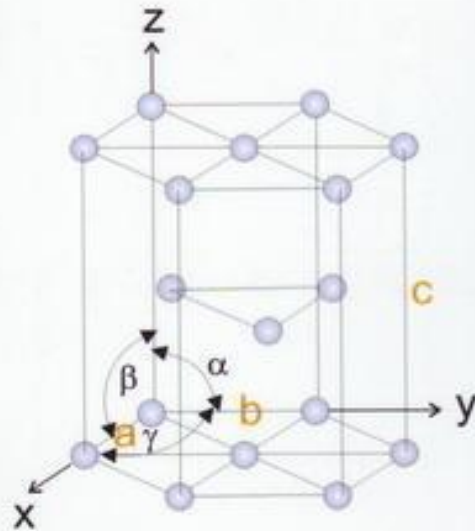
$$Z = 8$$

Коэффициент компактности

$$K = 0,68$$

# Решетка гексагональная плотноупакованная (ГП)

(Mg, Co<sub>α</sub>, Zn, Ti<sub>α</sub>, Cd)



## Характеристики решетки:

Углы между осями

$$\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$$

Период решетки

$$a = b \quad c/a = 1,633$$

Число атомов на ячейку

$$n = 6$$

Координационное число

$$Z = 12$$

Коэффициент компактности

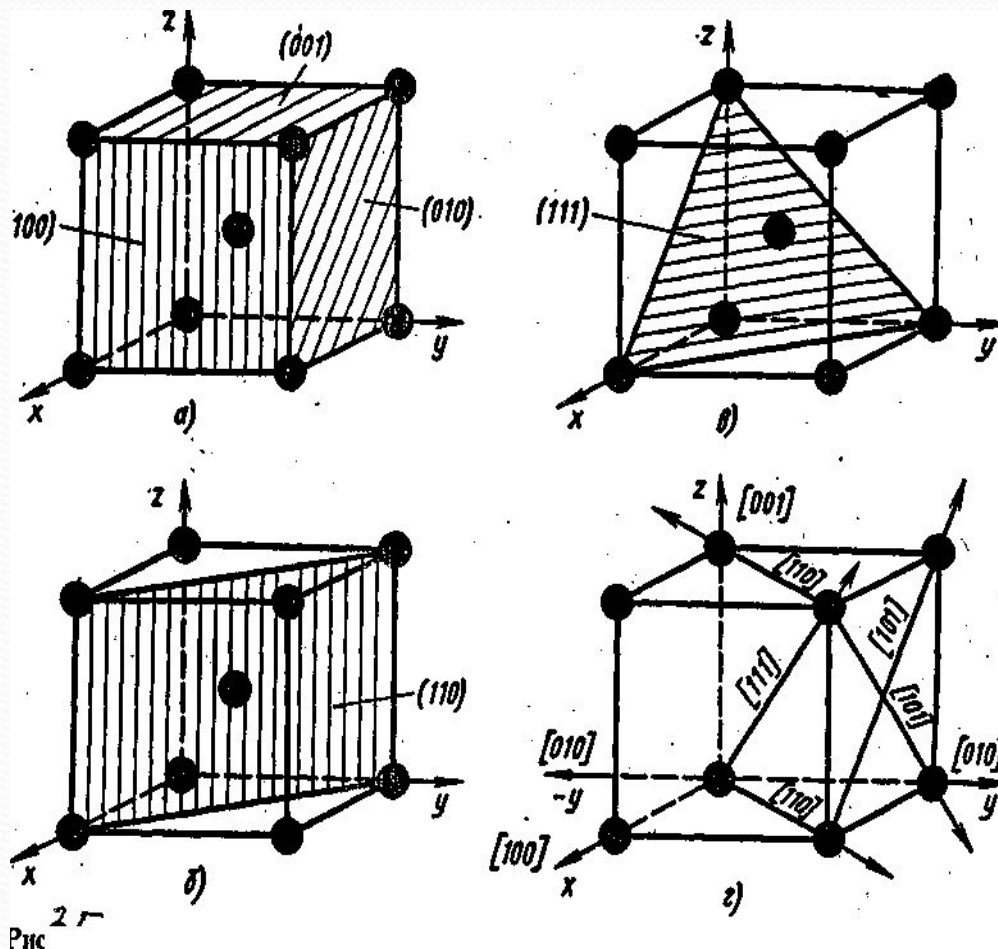
$$K = 0,74$$



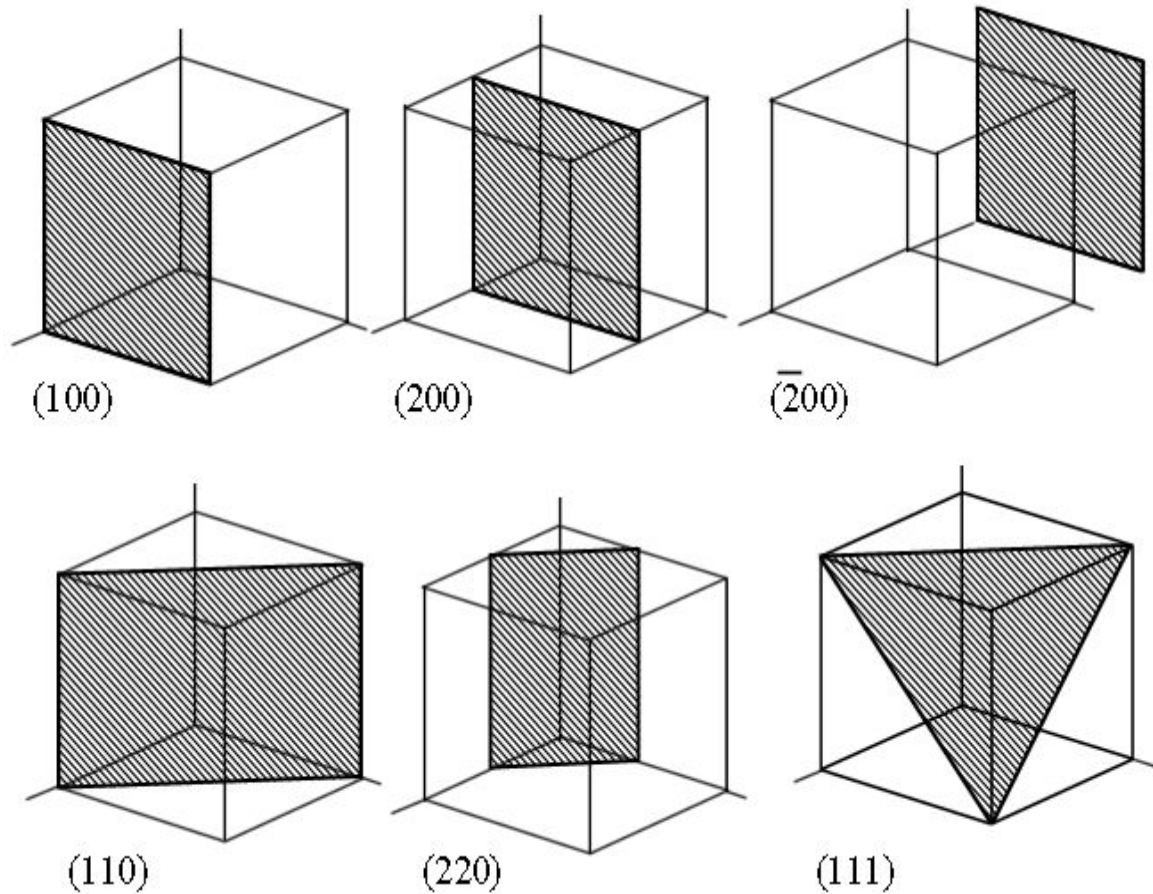
# Анизотропия в кристаллах

- Под *анизотропией* понимается неодинаковость механических и других свойств в кристаллических телах вдоль различных кристаллографических направлений. Она является естественным следствием кристаллического строения, так как на различных кристаллографических плоскостях и вдоль различных направлений плотность атомов различна.
- Так как механические, физические и химические свойства вдоль различных направлений зависят от плотности находящихся на них атомов, то перечисленные свойства вдоль различных направлений в кристаллических телах должны быть неодинаковыми.

# Индексы кристаллографических плоскостей и направлений в кубической решетке



# Индексы кристаллографических плоскостей и направлений в кубической решетке



# Полиморфизм

- Некоторые металлы при изменении внешних условий (температуры или давления) изменяют тип кристаллической решетки. При этом химически они остаются теми же самыми веществами.
- Явление перестройки решетки называется ***полиморфным превращением***.
- Один и тот же металл с разными кристаллическими решетками называют ***полиморфными модификациями*** данного металла

# Кривая охлаждения железа

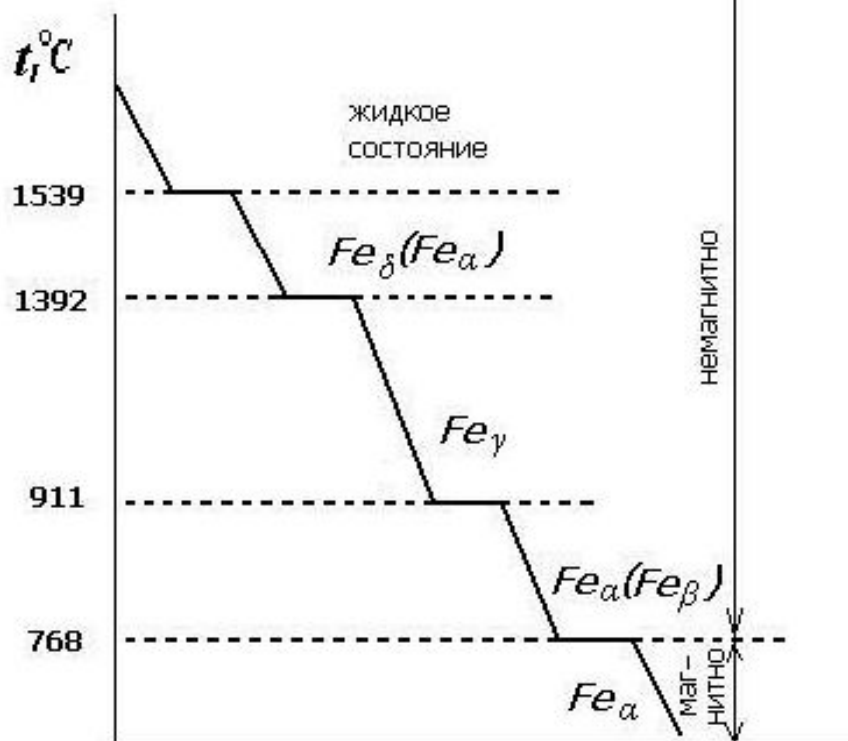
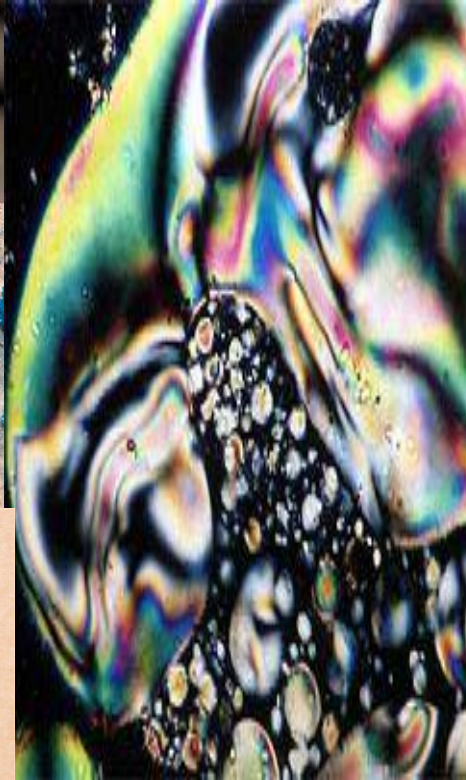


Рис.5 Кривая охлаждения железа.



# монокристаллы

