

# **Лекция 1**

**Материаловедение.**

**Строение и свойства металлов.**

**Аллотропия (полиморфизм).**

**Анизотропия. Кристаллизация. Дендрит,  
зерно. Строение стального слитка.**

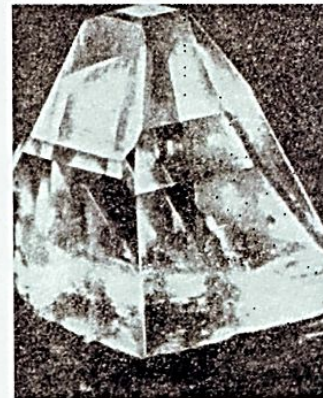
**Ликвация.**

# Кристаллическое строение вещества

Природные кристаллы : кварца-горного хрусталя (а) и топаза (б).



(а)



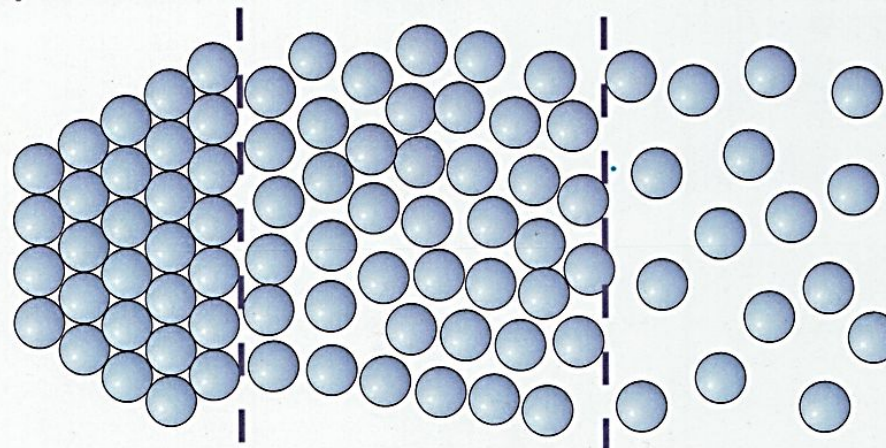
(б)

Схематическая модель расположения частиц в веществе

Кристалл

жидкость

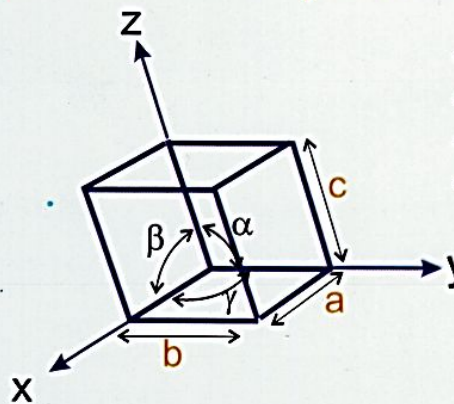
газ



# Пространственно-кристаллическая решетка



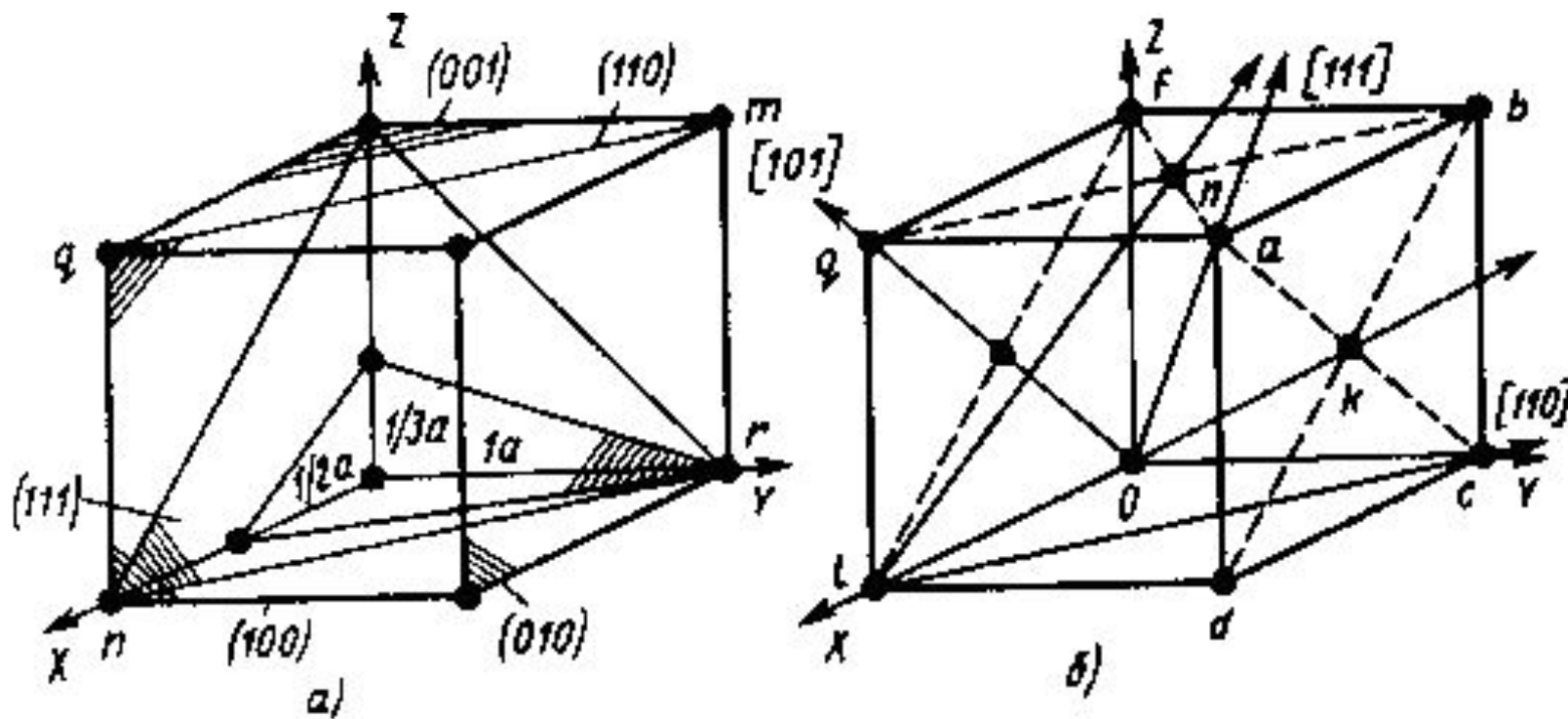
## Основные характеристики кристаллической решетки



- 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:

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

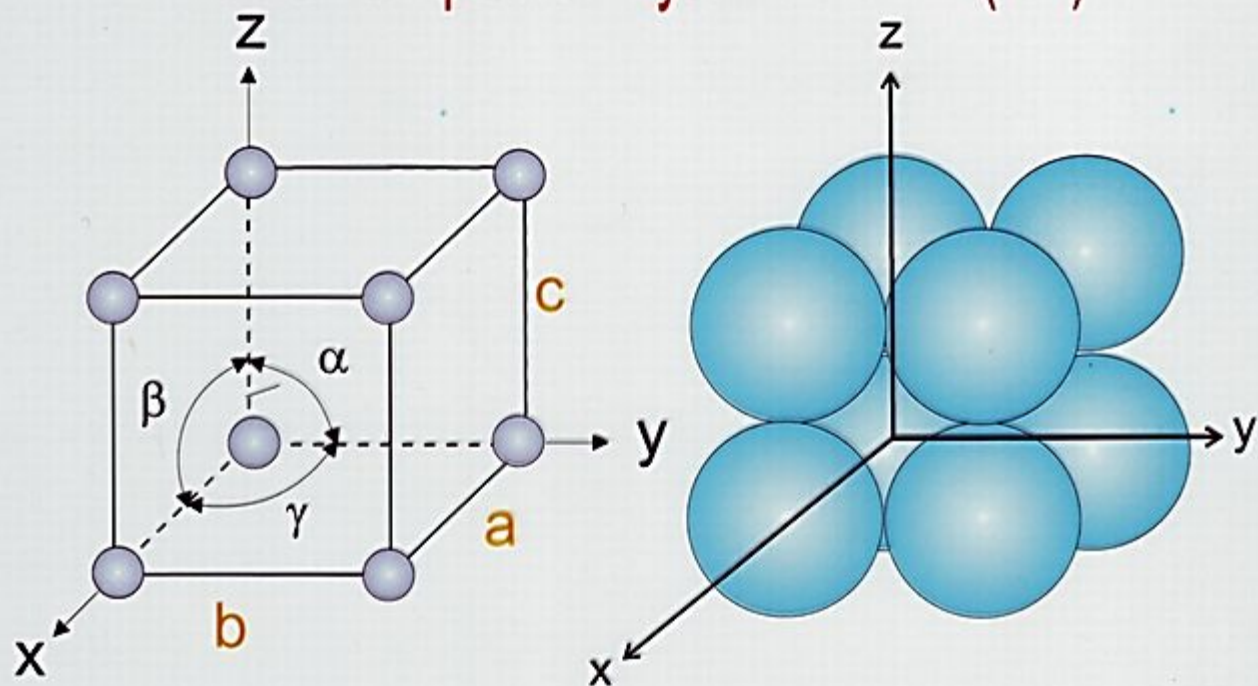
# Понятие об изотропии и анизотропии



Примеры обозначения кристаллографических плоскостей (а) и кристаллографических направлений (б)



## Решетка простая кубическая (ПК)



### Характеристики решетки

Углы между осями

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

Период решетки

$$a = b = c$$

Число атомов на ячейку

$$n = 1$$

Координационное число

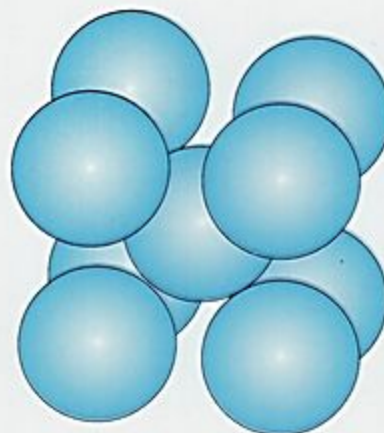
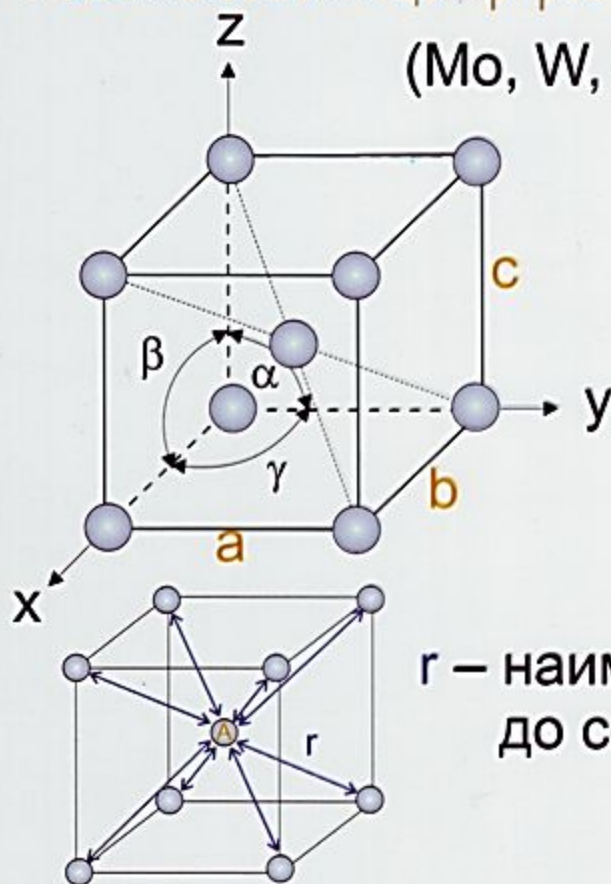
$$Z = 6$$

Коэффициент компактности

$$K = 0,52$$

# 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

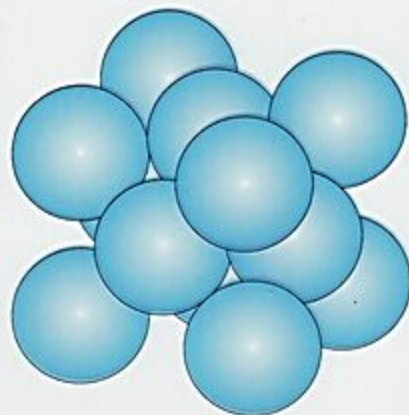
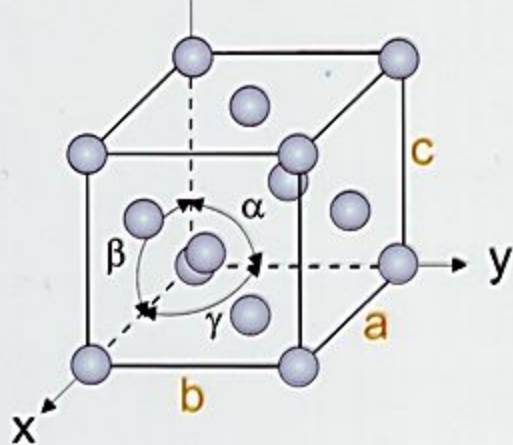
$$Z = 8$$

Коэффициент компактности

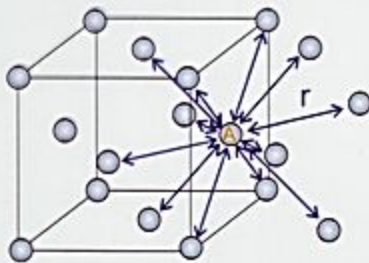
$$K = 0,68$$

# Решетка гранецентрированная кубическая (ГЦК)

Z (Al, Cu, Au, Ag, Fe<sub>γ</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

$$n = 4$$

Координационное число

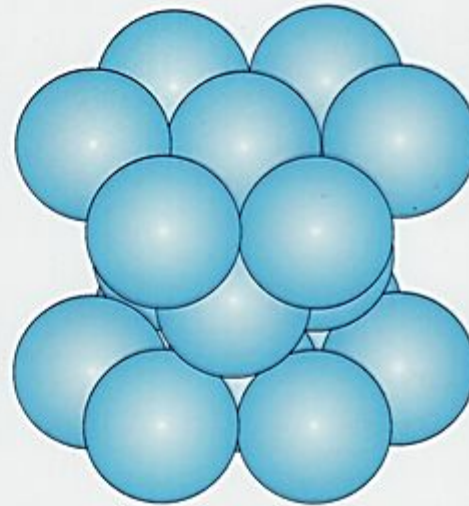
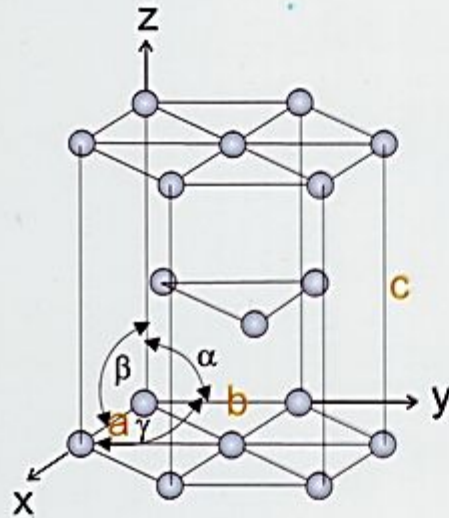
$$Z = 12$$

Коэффициент компактности

$$K = 0,74$$



# 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

$$n = 6$$

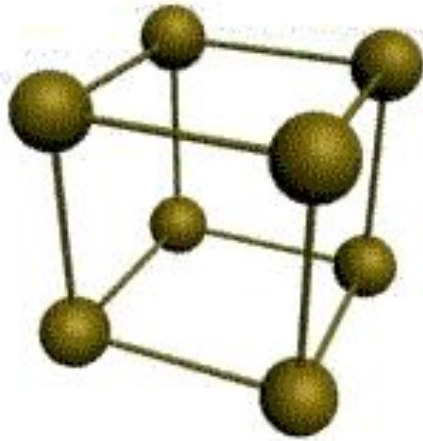
Координационное число

$$Z = 12$$

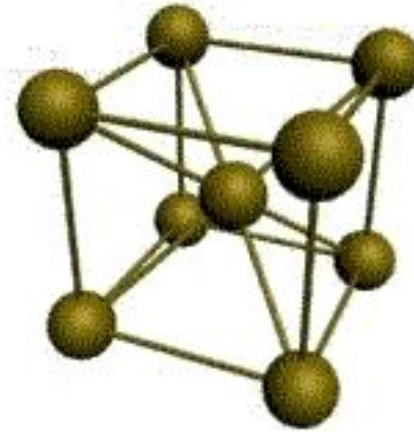
Коэффициент компактности

$$K = 0,74$$



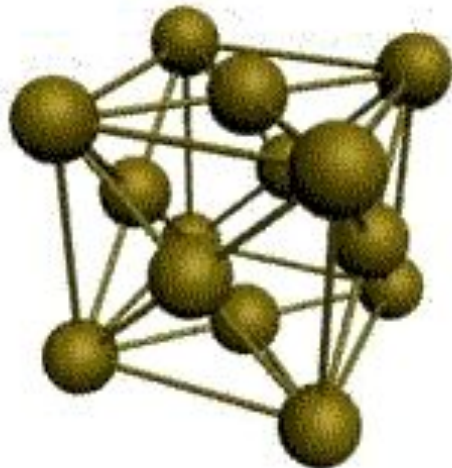


кубическая (1 атом на ячейку)

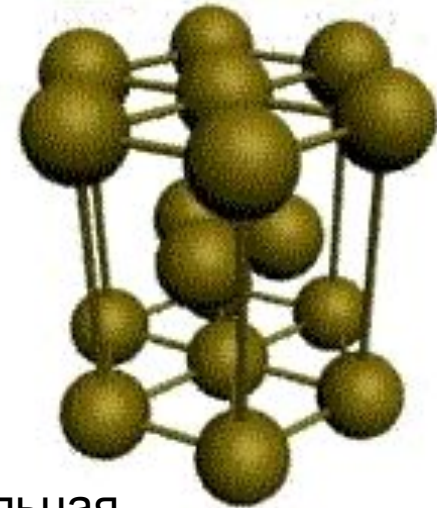


объемно-центрированная  
кубическая (ОЦК) (2 атома на  
ячейку)

АК-218



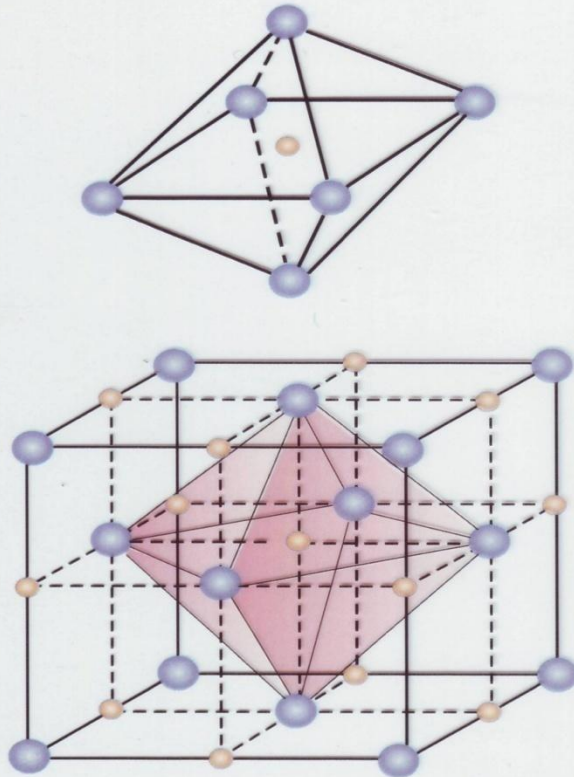
гранецентрированная  
кубическая (ГЦК) (4 атома на  
ячейку)



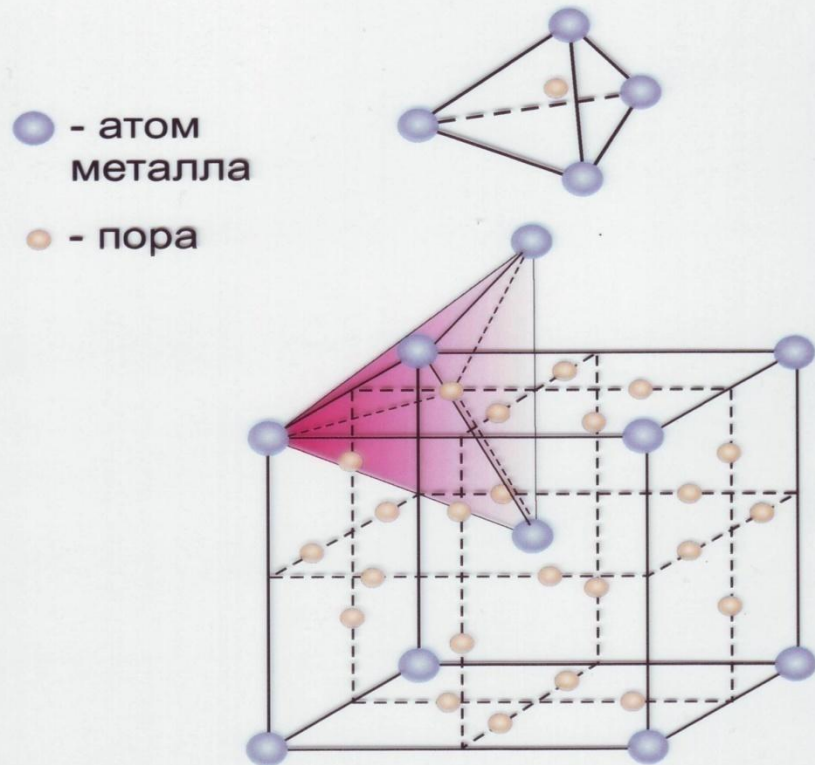
гексагональная  
плотноупакованная (ГП) (6  
атомов на ячейку)

# Поры в кристаллических решетках

Октаэдрическая пора



Тетраэдрическая пора

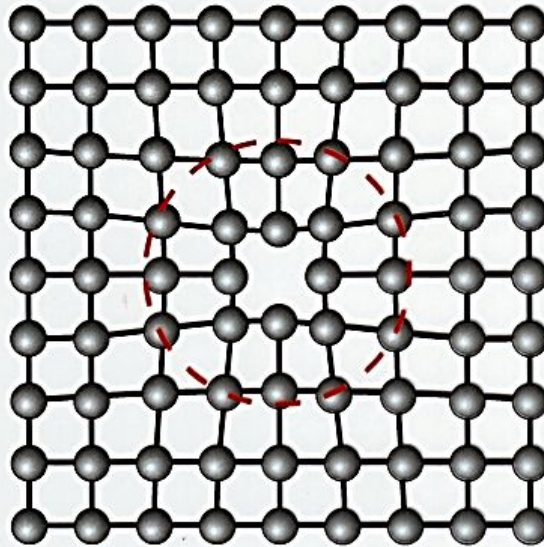


В ГЦК решетке наибольший объем имеет октаэдрическая пора. Там можно поместить сферу радиусом  $0,41R$ , где  $R$  - радиус атома. На одну ячейку приходится 4 октапоры.

В ОЦК решетке наибольшей является тетрапора, её радиус  $0,291R$ . В одной ячейке 12 тетрапор..



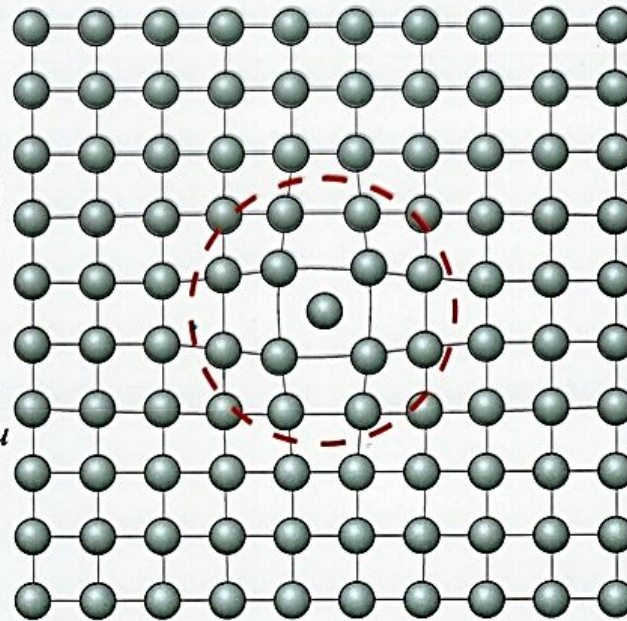
# Точечные дефекты



*Вакансия* - это узел кристаллической решетки незанятый атомом или ионом.

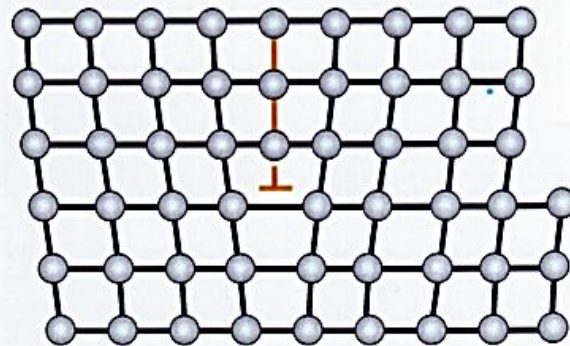
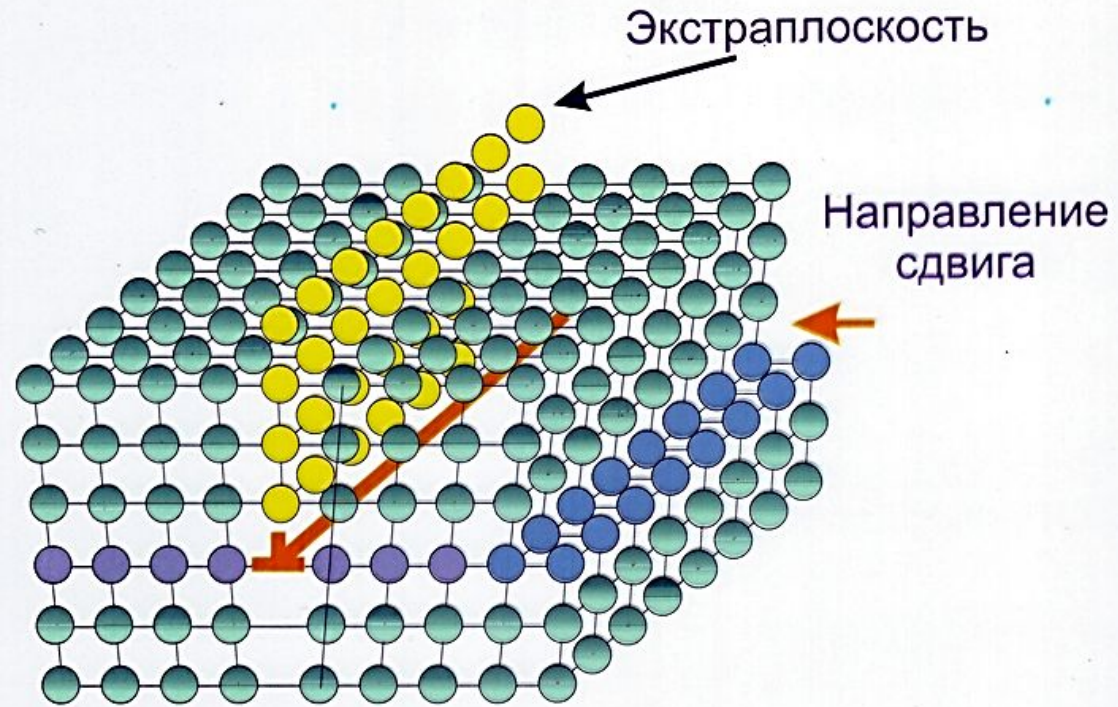
*Межузельный атом* - атом, расположенный в межатомной пространстве кристаллической решетки.

Образование вакансии или межузельного атома приводит к локальному искажению решетки кристалла.

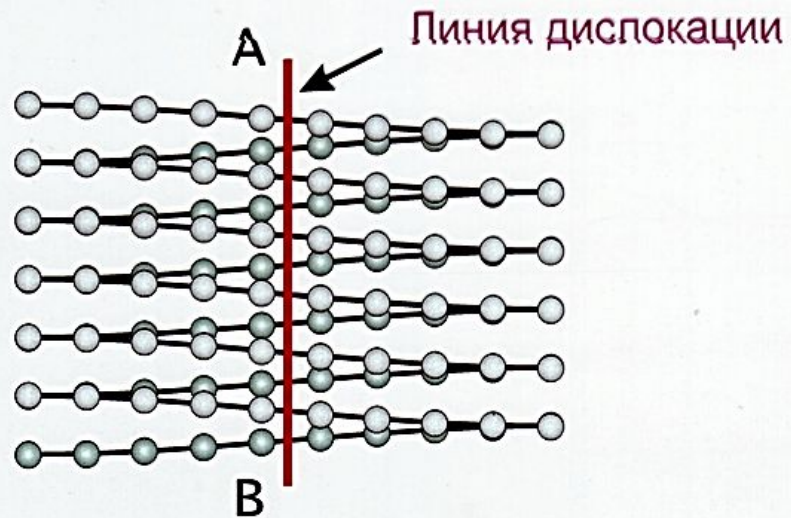
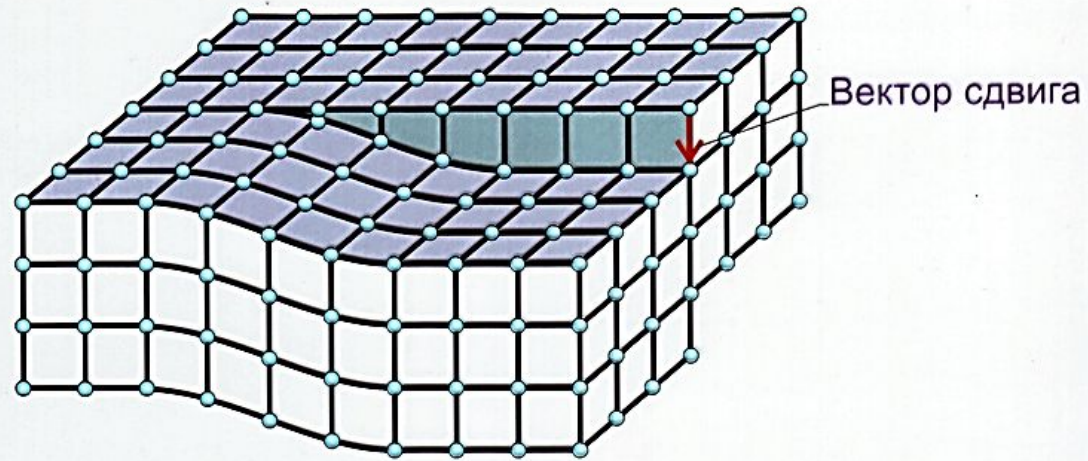




# Краевая дислокация

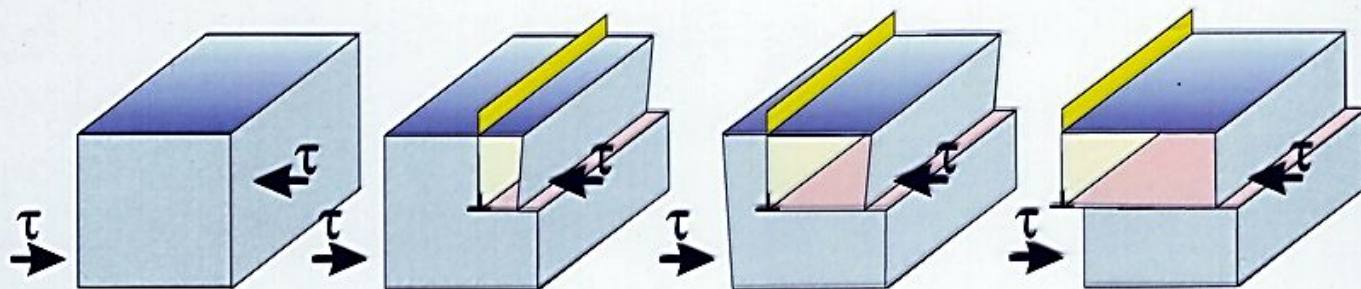


# Винтовая дислокация

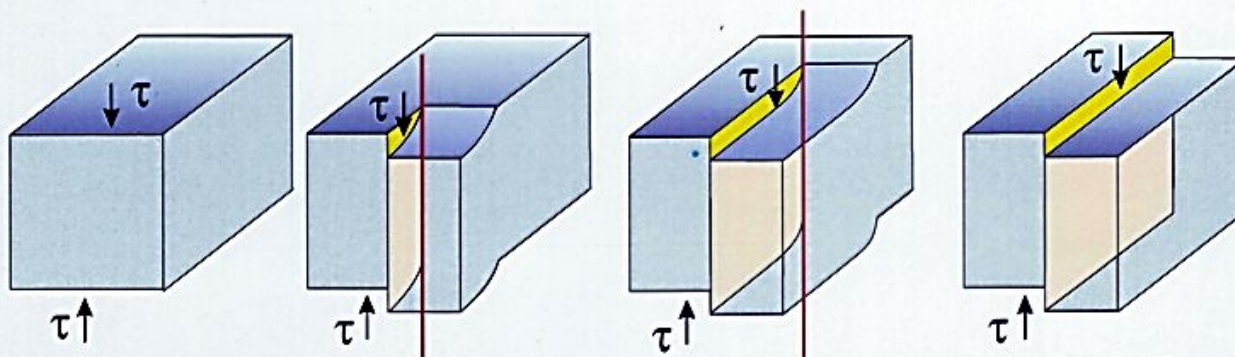


# Схемы скольжения дислокаций

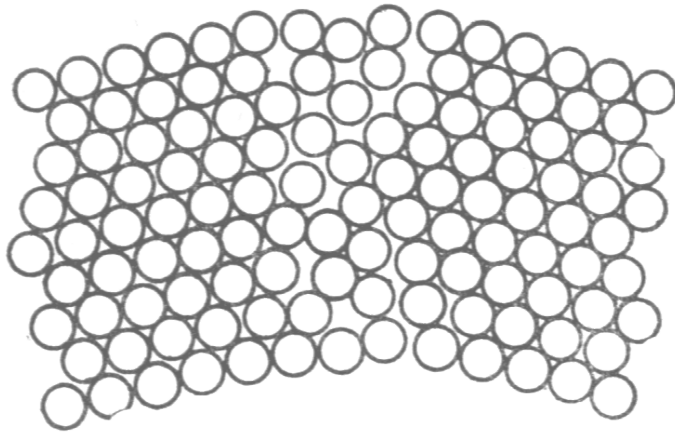
*Схема движения краевой дислокации*



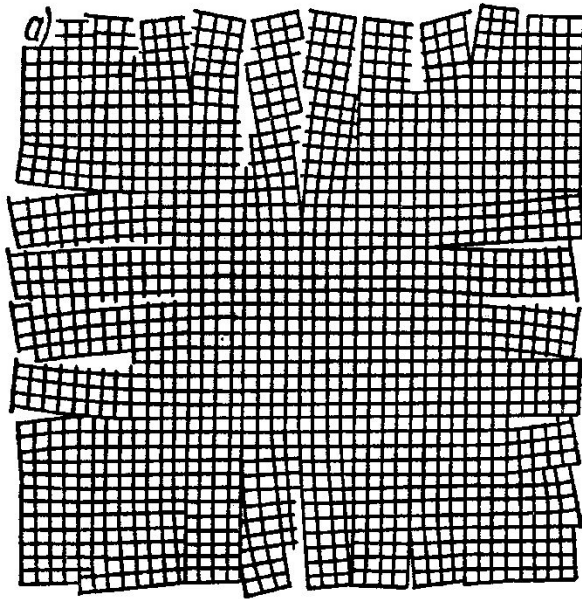
*Схема движения винтовой дислокации*







Структура границы двух соседних кристаллических зерен

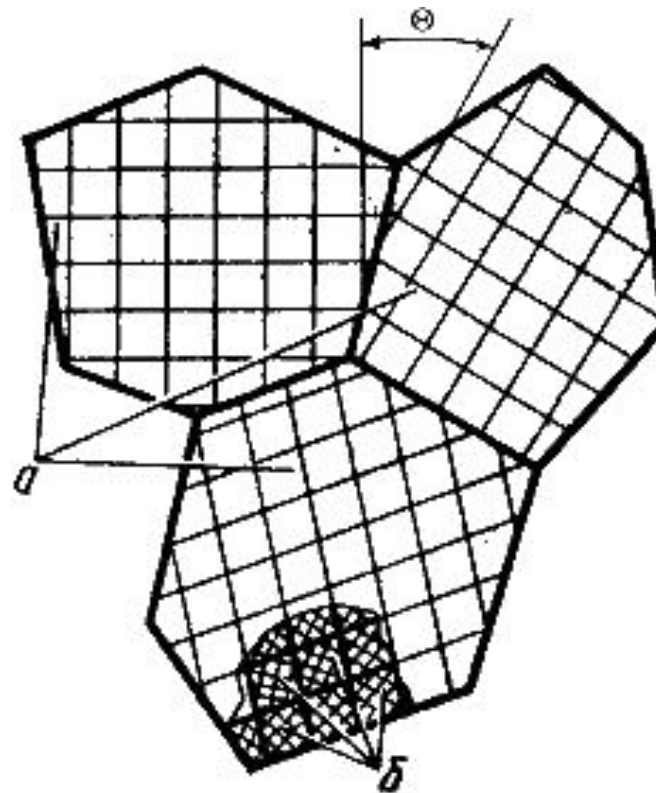


Блочная структура кристалла: а) схема, б) в вольфраме, х 10 000

# Плотность дислокаций в кристалле



Влияние плотности дислокаций на прочность

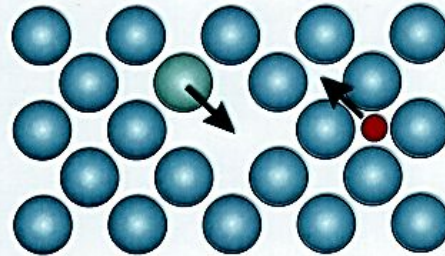


Разориентация зерен и блоков в металле

## Диффузия в металлах

Под диффузией понимают перемещение атомов в кристаллическом теле на расстояния, превышающие средние межатомные для данного вещества

Диффузия может осуществляться по **вакансионному** и **межузельному** механизмам.



Диффузия сопровождается массопереносом.

Поток диффундирующего вещества  $\bar{Q}$  подчиняется закону Фика:

$$\bar{Q} = -D \nabla C$$

где  $D$  - коэффициент диффузии

$\nabla C$  - градиент концентрации вещества

$$D = D_0 e^{-U/RT}$$

$U$  - энергия активации.



# Самопроизвольная кристаллизация

Изменение свободной энергии металла



Кривые охлаждения при кристаллизации

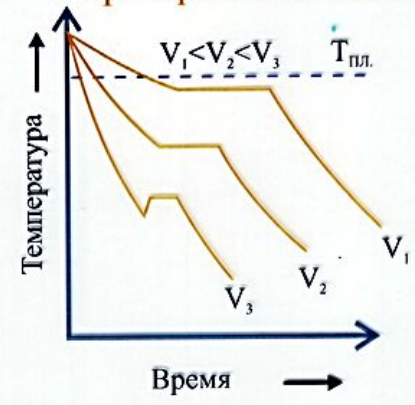
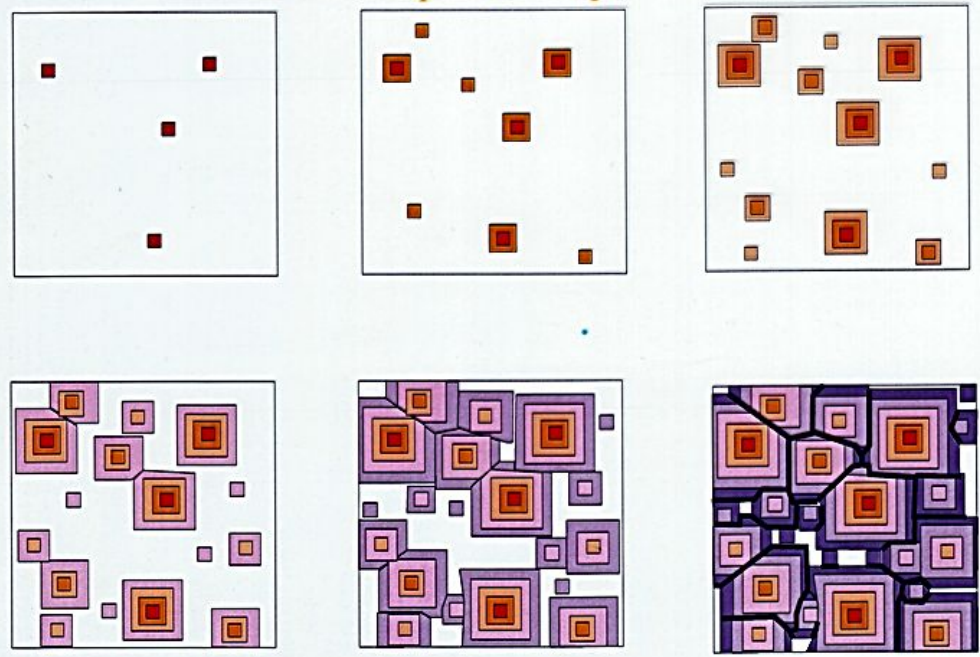
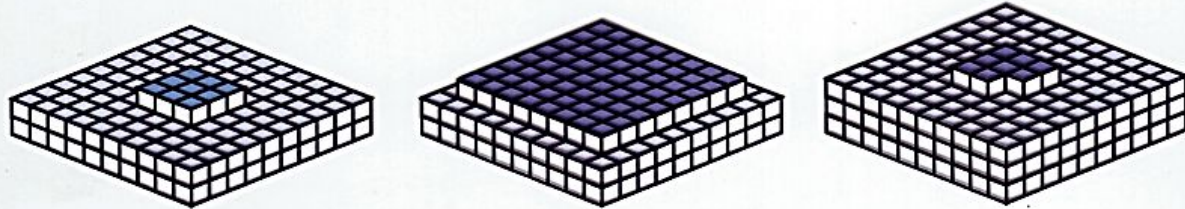


Схема процесса кристаллизации

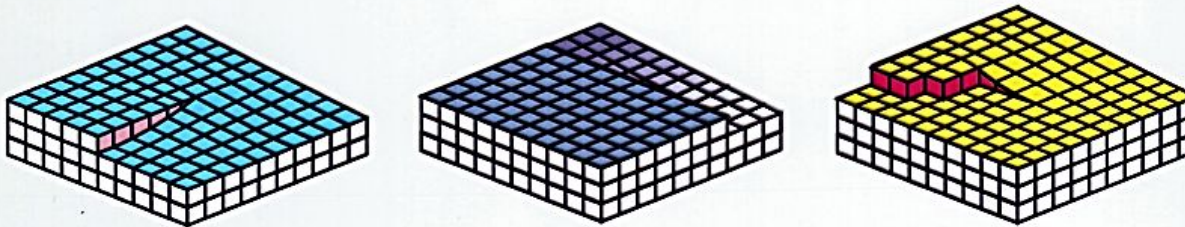


# Рост зародышевых центров

с образованием двумерного зародыша



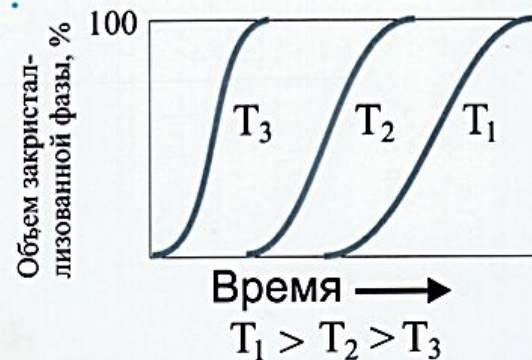
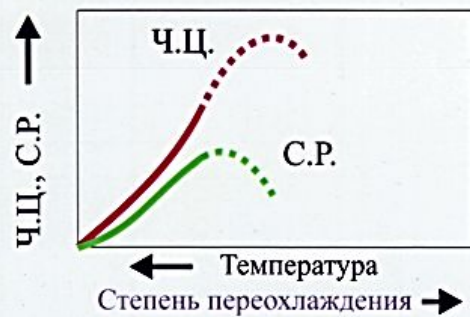
при наличии винтовой дислокации



## Параметры кристаллизации

- Ч.Ц. - число зародышевых центров, возникающих в единице объема за единицу времени
- С.Р. - скорость увеличения линейных размеров растущего кристалла

## Кинетика кристаллизации

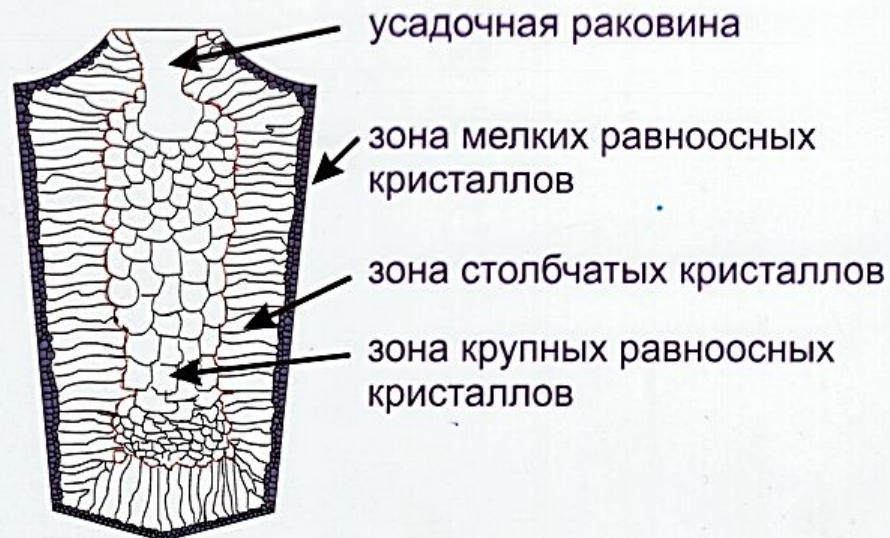


# Строение слитка

Схема дендритных кристаллов



Схема макроструктуры слитка





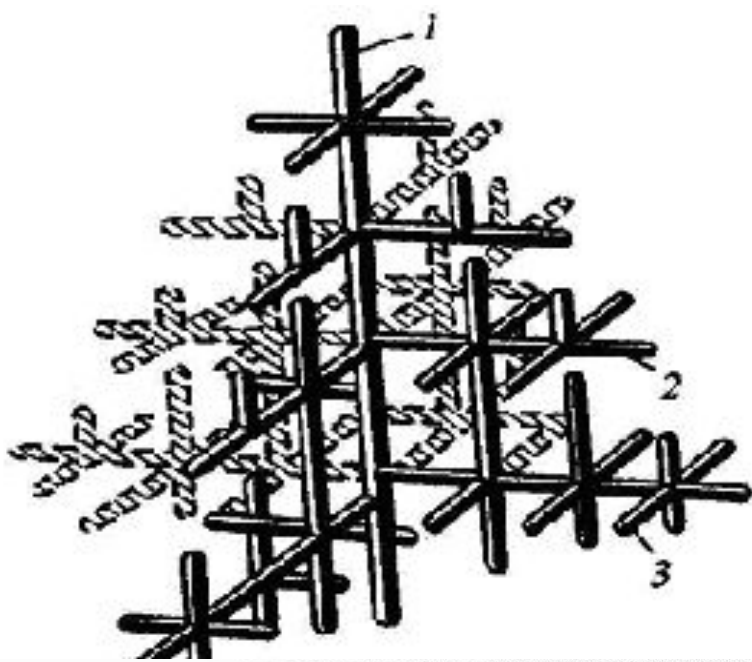
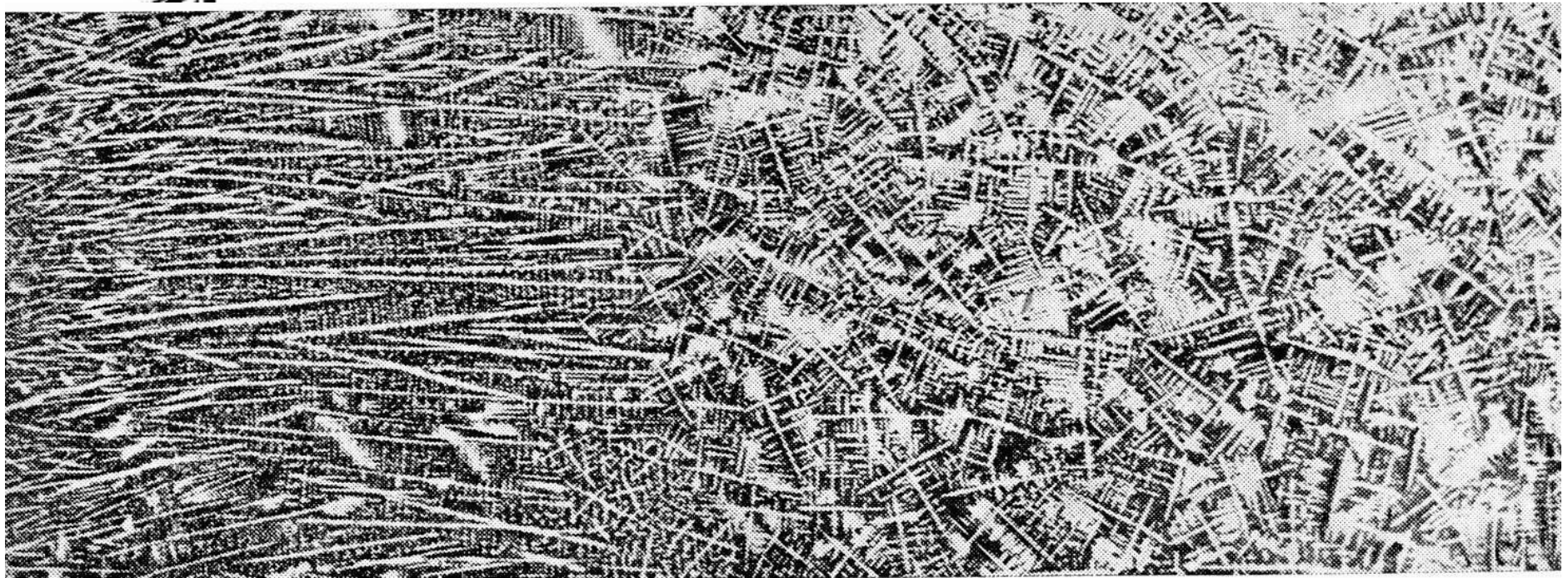


Схема строения дендрита: 1–3 – оси первого, второго и третьего порядка



Макроструктура стального слитка

# КРИВАЯ ОХЛАЖДЕНИЯ (Полиморфные превращения железа)

