

Лекция 3

***Лекция Формирование и  
особенности структуры  
кристаллических  
материалов***

# План лекции

1. Градация структуры твердых кристаллических материалов
2. Элементы кристаллографии и типы кристаллических решеток
3. Анизотропия и аллотропия кристаллов
4. Дефекты кристаллов

# 1. Градация структуры твердых кристаллических материалов

*Градация структуры твердых кристаллических материалов - это распределение кристаллических материалов по составу ионов, атомов, молекул и характером их расположения*

## Монокристаллы -

состоят с атомов, ионов, или молекул, что занимают в пространстве определенное положение в узлах кристаллической решетки.

## Поликристаллы -

состоят из многих кристаллов имеющих разную ориентацию.

## 2. Элементы

### *кристаллографии и типы*

### ***кристаллических решеток*** **Кристаллические тела** - тела, у которых

атомы расположены строго упорядоченно в пространстве. В ряде случаев, например, под влиянием тепловых процессов, атомы могут перемещаться (диффузия).

Если атомы соединить условными линиями, образуется кристаллическая решетка.

**Кристаллическая решетка** - мнимая пространственная сетка, в узлах которой расположены части, образующие кристалл.

## *Типы кристаллических решеток*

```
graph TD; A[Типы кристаллических решеток] --> B[Кубическая объемно-центрированная (которую имеют хром, ванадий, молибден и другие металлы)]; A --> C[Кубическая гранецентрированная (характерна для алюминия, меди, никеля и др.)]; A --> D[Гексагональная (ее имеют цинк, магний, кадмий и др.)];
```

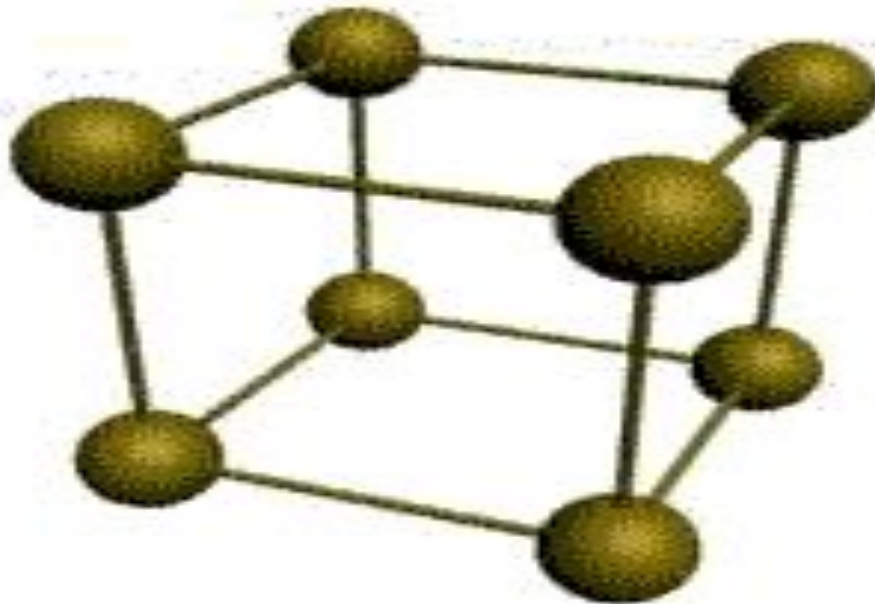
Кубическая объемно-центрированная (которую имеют хром, ванадий, молибден и другие металлы)

Кубическая гранецентрированная (характерна для алюминия, меди, никеля и др.)

Гексагональная (ее имеют цинк, магний, кадмий и др.)

Целостность кристаллической решетки обуславливают межатомные силы (отталкивание и притяжение) благодаря электромагнитной взаимосвязи валентных электронов в атомах. От плотности упаковки атомов кристаллической решетки и особенностей строения атомов зависит прочность твердых тел.

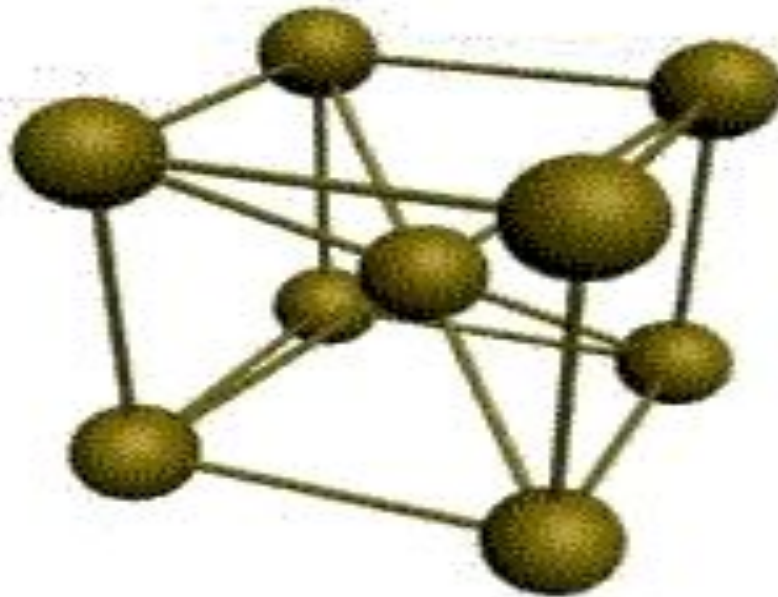
**Схема определения координационного числа  
кристаллической решётки  
Кубическая (1 атом на ячейку)**



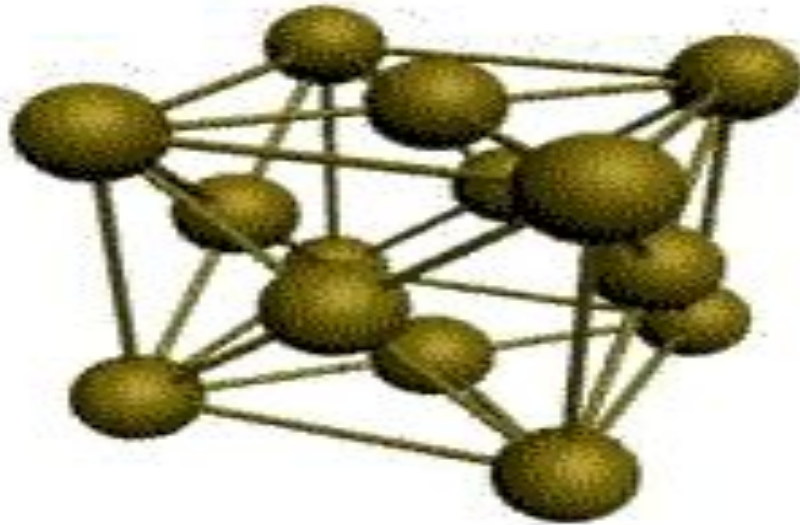
# объемно-центрированная кубическая (ОЦК)

(2 атома на ячейку) а) с параметром

$$a = 0,28 - 0,6\text{мм} = 2,8 - 6,0 \text{ \AA}$$



**гранецентрированная кубическая (ГЦК)  
(4 атома на ячейку)  
б) с параметром  $a = 0,25\text{мм}$**



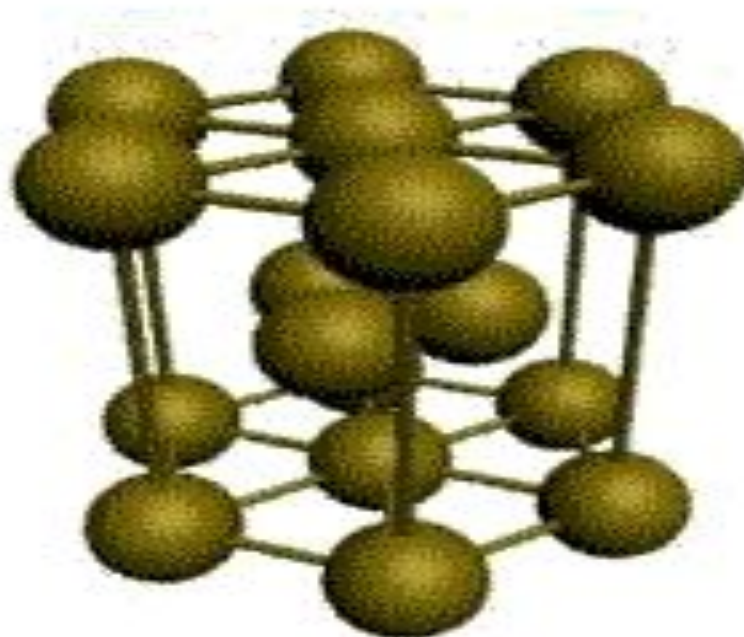


# гексагональная плотноупакованная (ГПУ)

(6 атомов на ячейку)

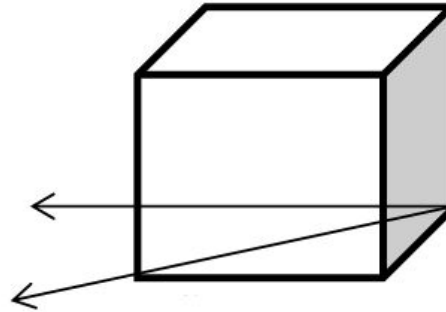
в) с параметром

$$c / a \approx 1.633$$



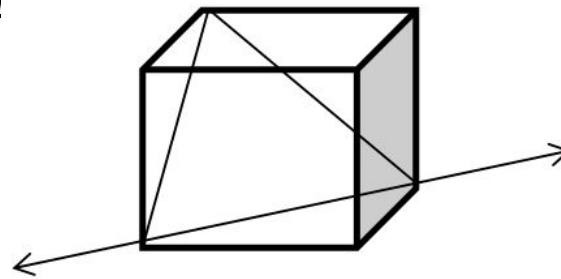
**Период решетки** – расстояние между центрами двух соседних частиц в элементарной ячейке решетки.

**Кристаллографические направления** - это прямые линии, которые выходят с какой-нибудь точки отсчета (диагонали, ребра, вершины куба), на которых располагаются атомы.



Кристаллографические направления

**Кристаллографические плоскости** – это плоскости, на которых лежат атомы.



Кристаллографические плоскости

Кристаллографические направления и плоскости определяют индексами Миллера.

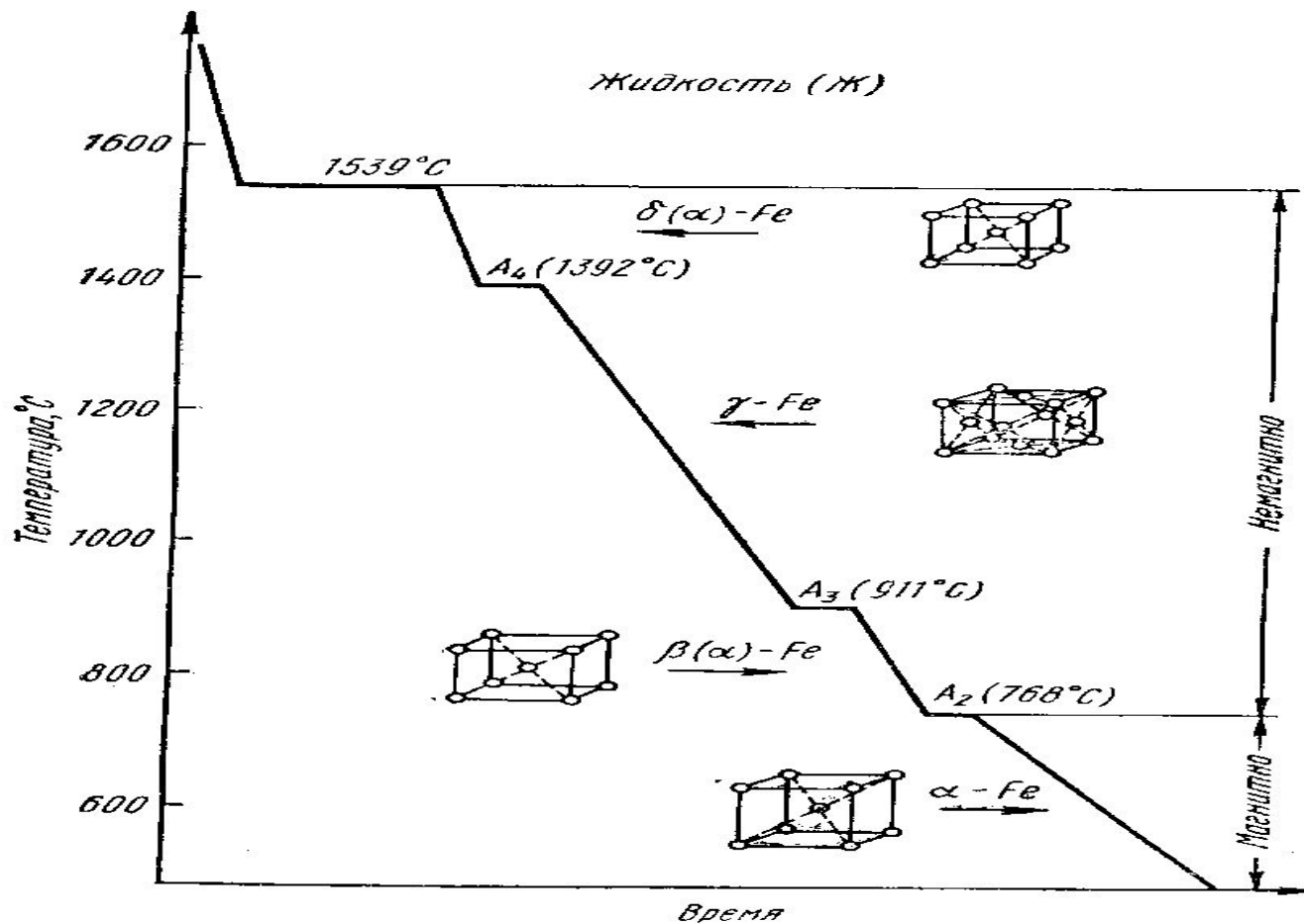
Использование этих понятий позволяет определить разные процессы в кристаллах и их свойства.

**Координационное число** - указывает, какое количество атомов находится на наиболее близком и равном расстоянии от какого-либо выбранного атома решетки.

# 3. Анизотропия и аллотропия кристаллов

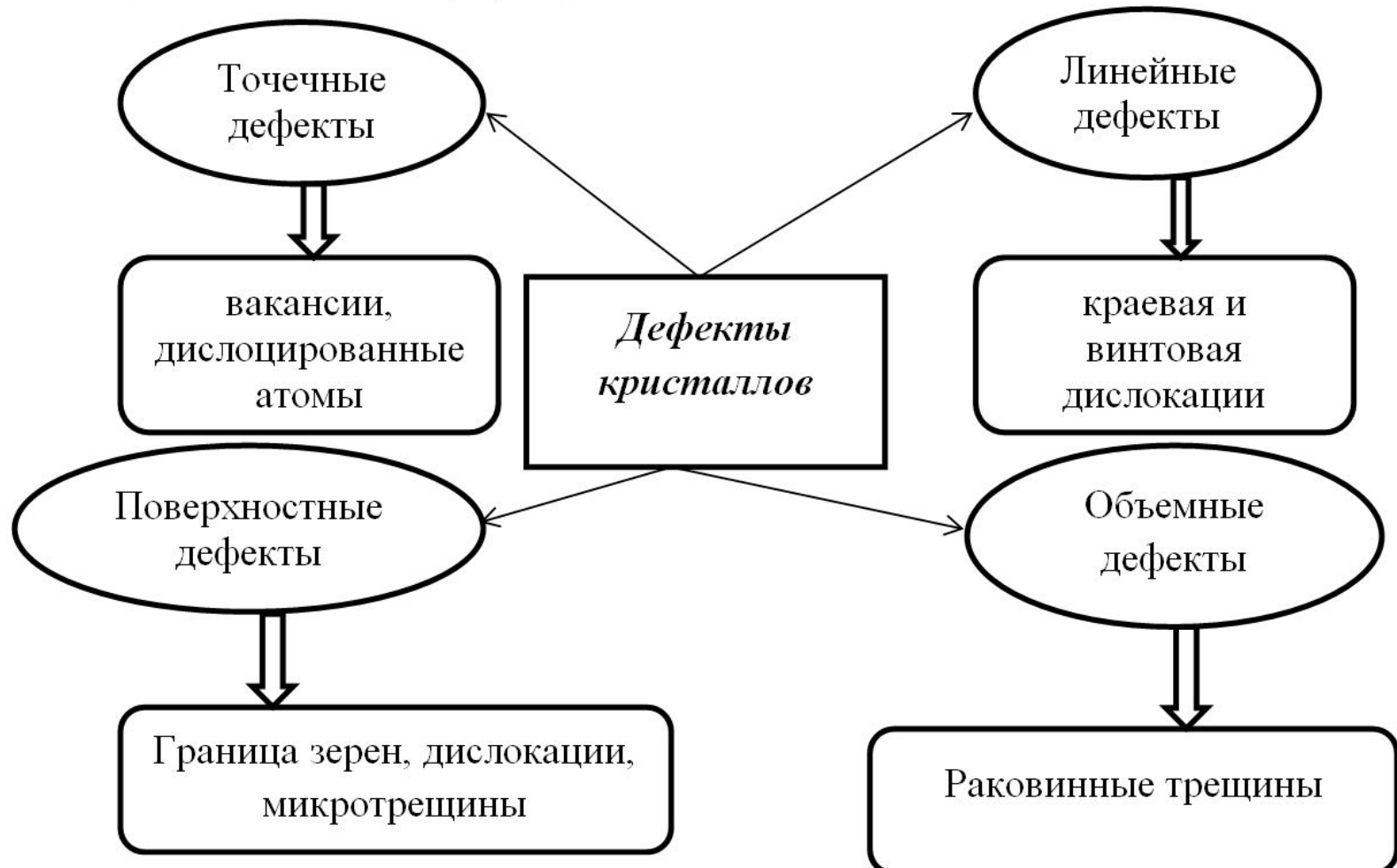
Металл (элемент)	Аллотропическая форма	Интервал температуры устойчивого состояния ° С	Кристаллическая решетка
Fe	$\alpha$	<911 и	кубическая объемно-центрированная кубическая гранецентрированная
	$\gamma$	1392-1539 911-1392	
Co	$\alpha$	<450	гексагональная кубическая гранецентрированная
	$\beta$	450-1480	
Sn	$\alpha$	<18	решетка алмаза тетрагональная объемно-центрированная
	$\beta$	18-232	
Mn	$\alpha$	<700	кубическая сложная многоатомная тоже тетрагональная гранецентрированная кубическая объемно-центрированная
	$\beta$	700-1079	
	$\gamma$	1079-1143	
	$\sigma$	1143-1244	
Ti	$\alpha$	<882	гексагональная кубическая объемно-центрированная
	$\beta$	882-1668	
Zr	$\alpha$	<867	гексагональная кубическая объемно-центрированная
	$\beta$	867-1860	
U	$\alpha$	<660	ромбическая тетрагональная кубическая объемно-центрированная
	$\beta$	660-770	
	$\gamma$	770-1133	

# Кривая охлаждения железа



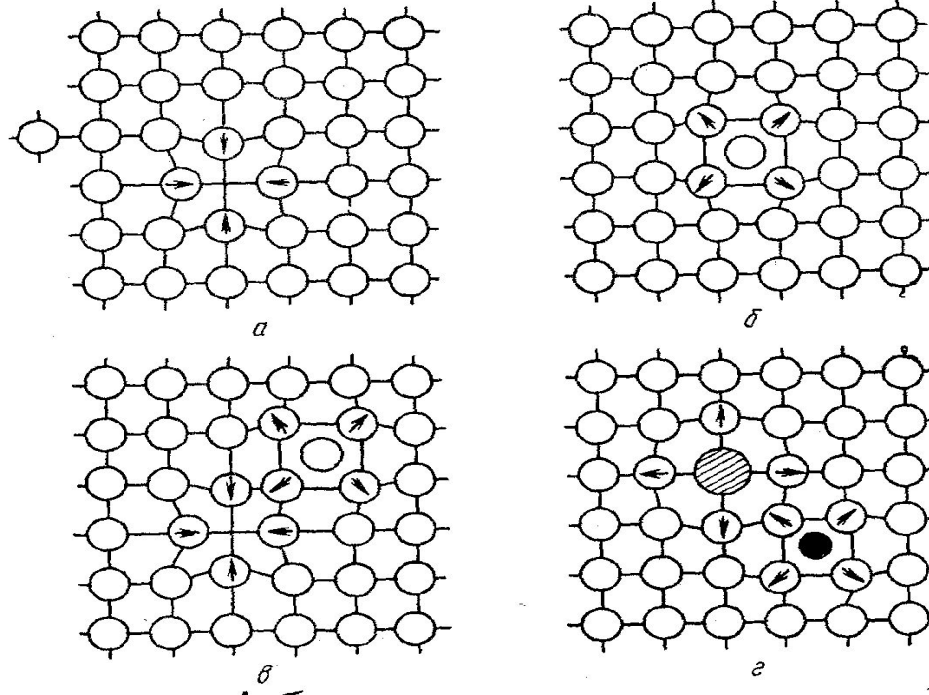
## 4. Дефекты кристаллов

Реальные кристаллы имеют структурные дефекты: точечные, линейные, поверхностные и другие.

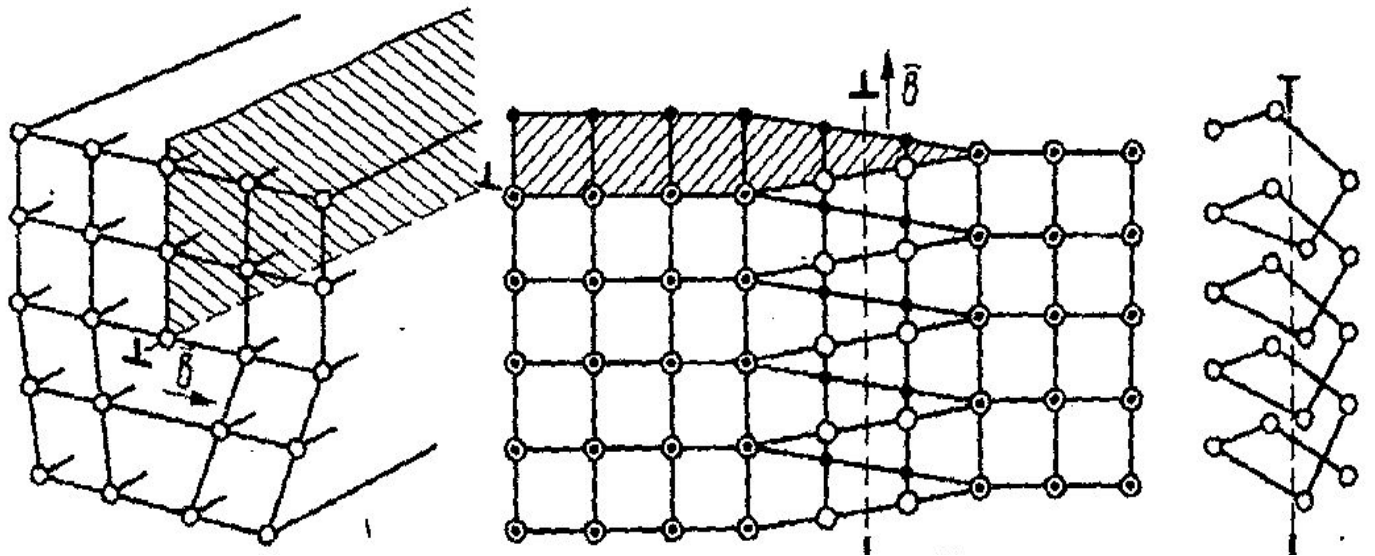


## 2.2. Дефекты кристаллического строения

ТОЧЕЧНЫЕ ДЕФЕКТЫ В КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКЕ: А- ВАКАНСИЯ; Б - МЕЖУЗЕЛЬНЫЙ АТОМ; В- ДЕФЕКТ ФРЕНКЕЛЯ; Г- ПРИМЕСНЫЕ АТОМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ (БОЛЬШОЙ) И ВНЕДРЕНИЯ (МАЛЕНЬКИЙ).  
СТРЕЛКАМИ УКАЗАНЫ НАПРАВЛЕНИЯ СМЕЩЕНИЙ АТОМОВ В РЕШЕТКЕ.

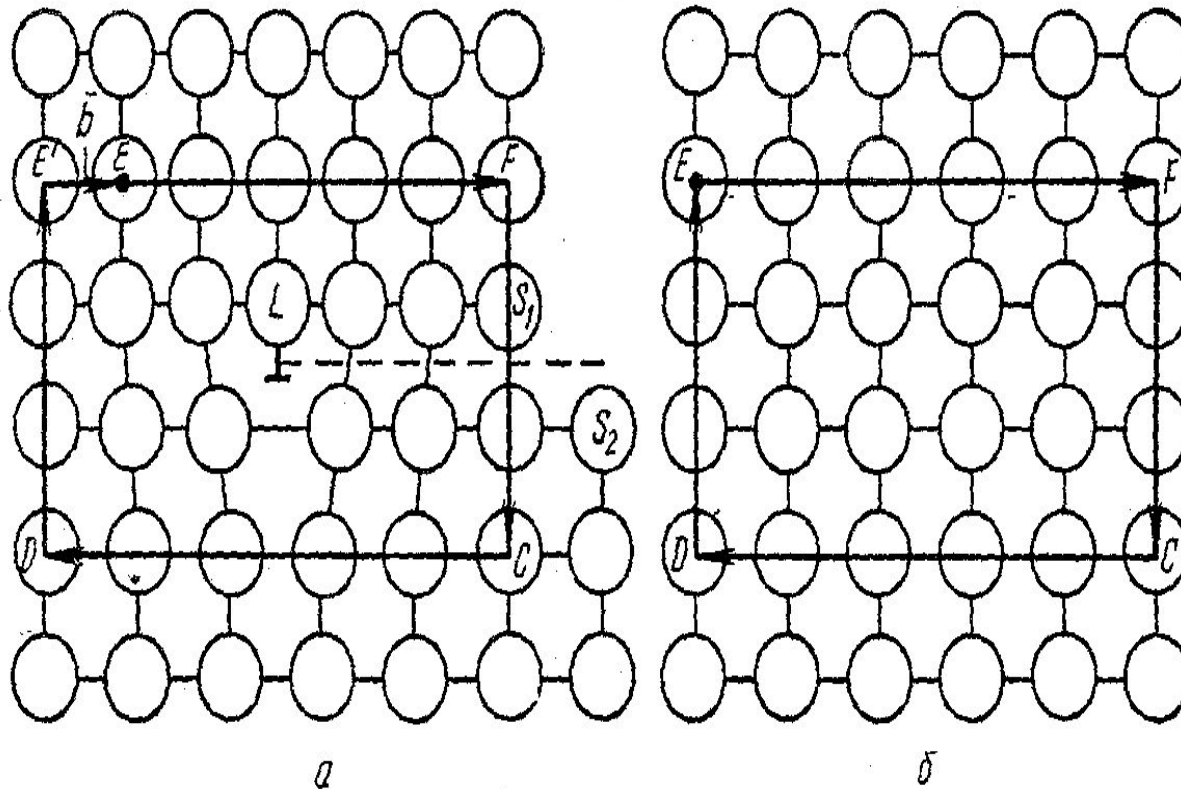


# Схема дислокаций: а – краевая; б - винтовая



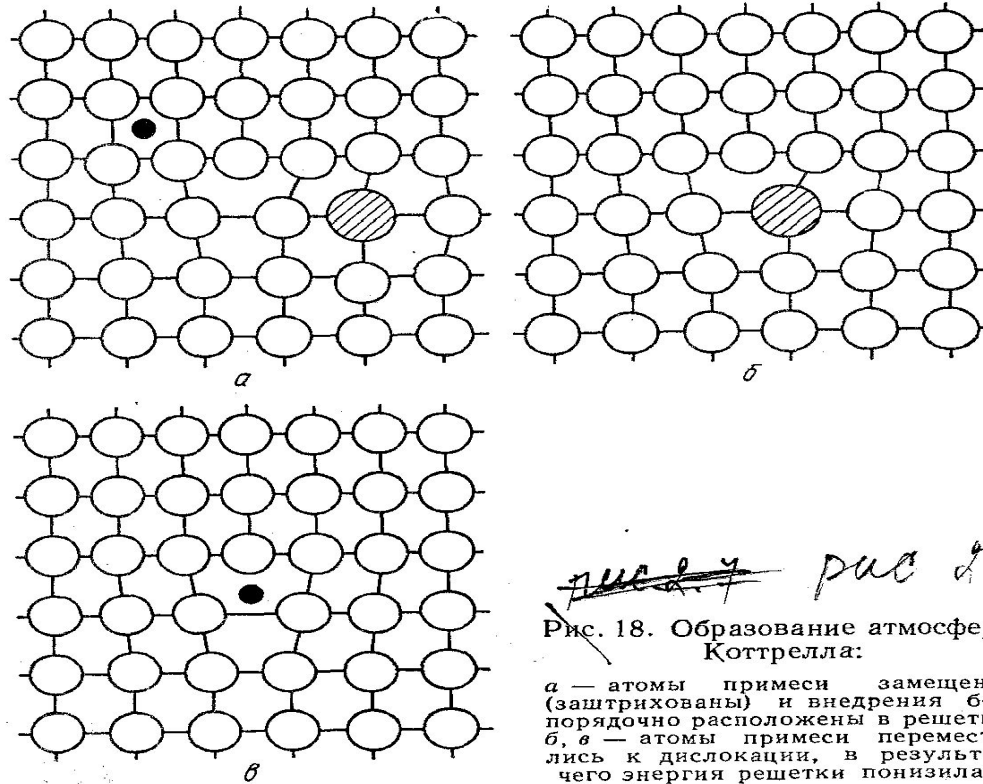
а б

# Сечение простой кубической решетки: а - с краевой дислокацией; б - без дислокации.





**Образование атмосферы Коттрелла: а – атомы примеси замещения (заштрихованы) и внедрения беспорядочно расположены в решетке; б, в – атомы примеси переместились к дислокации, в результате чего энергия решетки понизилась.**



~~рис 2.7~~ рис 2.1  
Рис. 18. Образование атмосферы Коттрелла:

а – атомы примеси замещения (заштрихованы) и внедрения беспорядочно расположены в решетке, б, в – атомы примеси переместились к дислокации, в результате чего энергия решетки понизилась