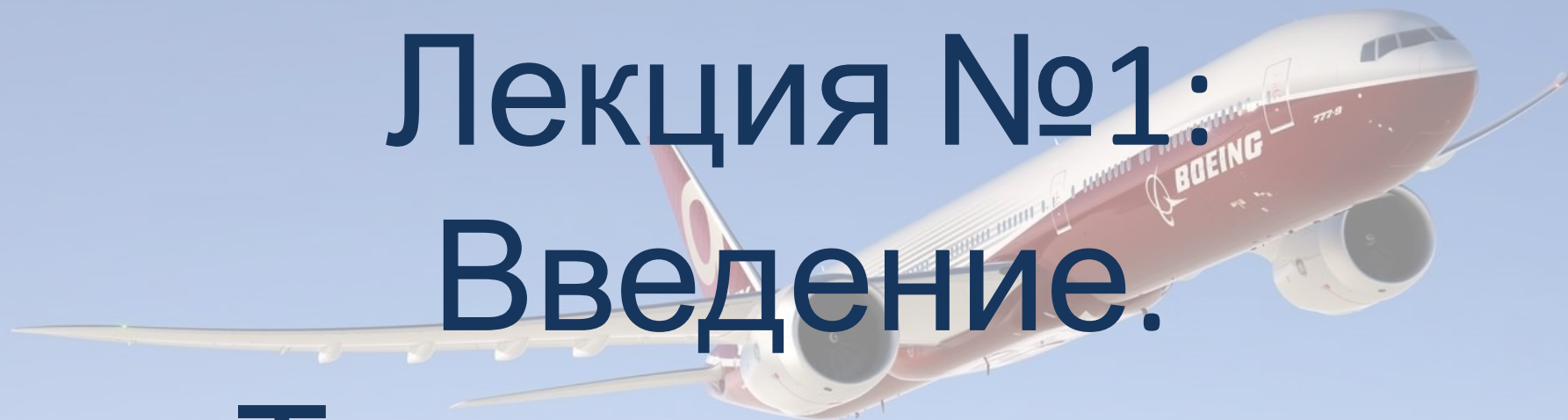


Авиационное  
материаловедение

Лекция №1:

Введение.

Теория сплавов



# Введение

Материаловедение – это наука о связях между составом, строением и свойствами материалов и закономерности их изменений при внешних физико-механических воздействиях.

- \* Все материалы по химической группе делятся на **металлические** и **неметаллические**



\* В технике под металлами понимают вещества, обладающие комплексом металлических свойств:

- металлический блеск
- высокая электропроводность
- хорошая электропроводность
- высокая пластичность



## Аморфные вещества



Янтарь



Жемчуг



Канифоль



Полиэтилен



Стекло



Пчелиный воск

## Кристаллические вещества



Железо



Графит



Алмаз



Сахароза

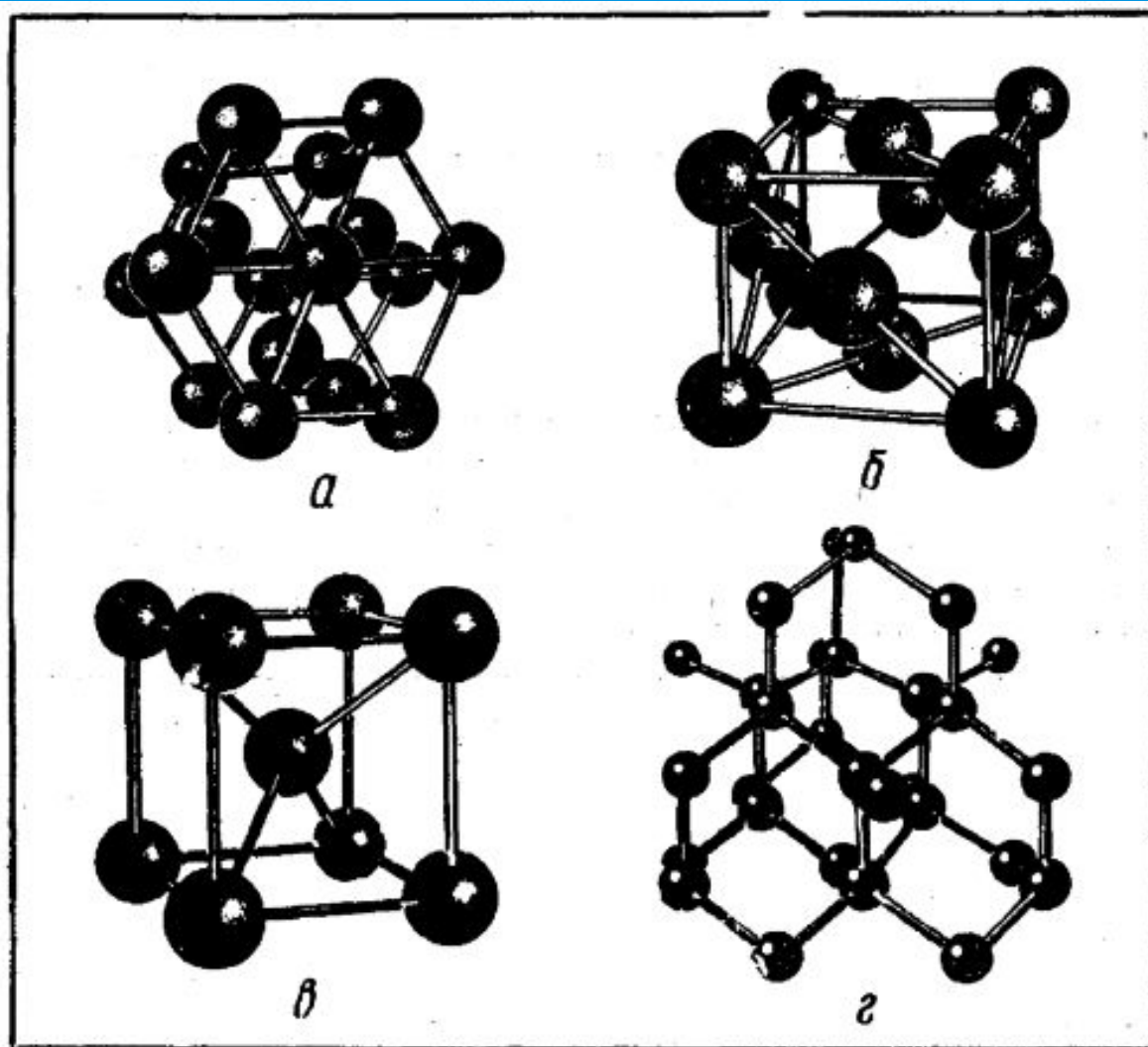


Поваренная соль

- \* Все вещества в твердом состоянии могут иметь кристаллическое или аморфное строение.
- \* В аморфном веществе атомы расположены хаотично, а в кристаллическом – в строго определенном порядке

# Кристаллическая решетка

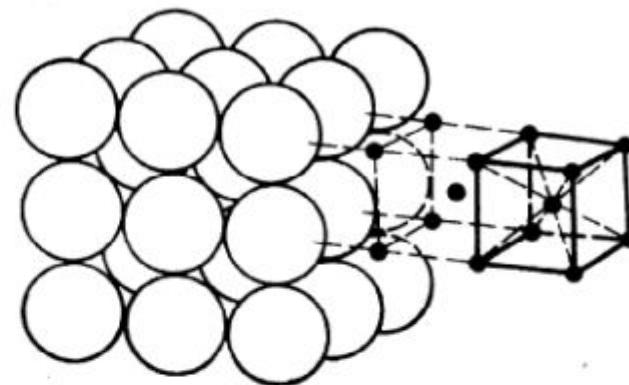
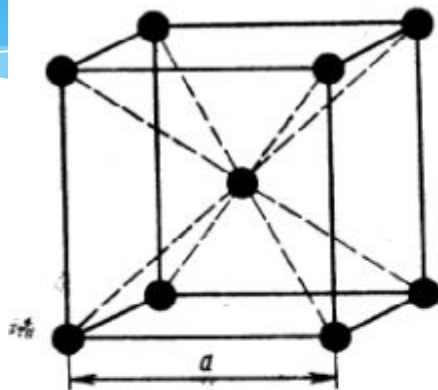
- \* Для описания кристаллической структуры металлов используется понятие **кристаллической решетки** – это воображаемая пространственная стека, в узлах которой расположены атомы.
- \* Наименьшая часть кристаллической решетки, определяющая структуру металла, называется **элементарной кристаллической ячейкой**.



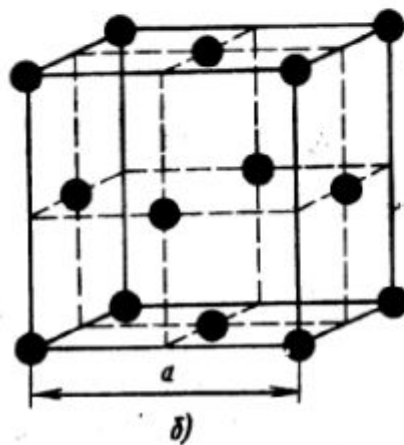
а — гексагональная плотнейшая; б — кубическая  
гранецентрированная; в — кубическая объемноцентрированная;  
г — кристаллическая решетка типа алмаза.

\* В металлических сплавах наиболее распространенными кристаллическими решетками являются:

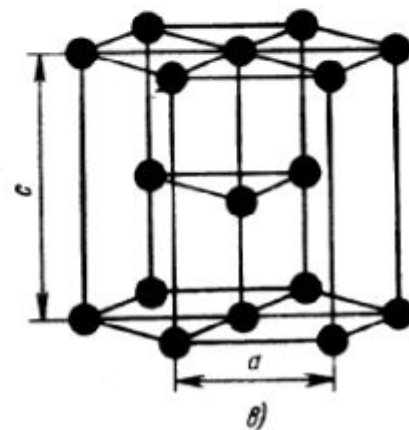
- Кубическая объемно-центрированная (а)
- Кубическая гранецентрированная (б)
- Гексагональная плотноупакованная (в)



а)



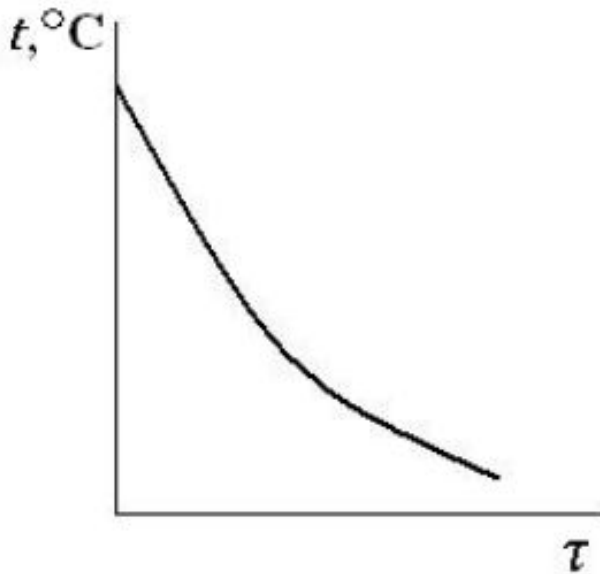
б)



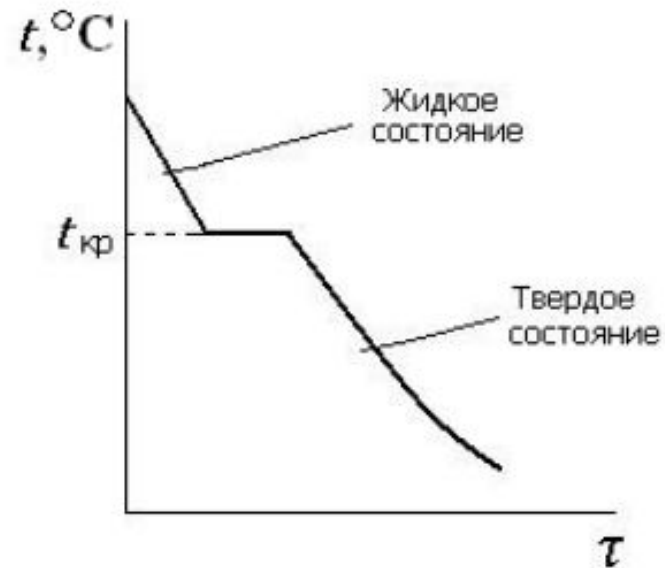
в)

# Кристаллизация металлов

- Процесс образования в металлах кристаллической решетки называется **кристаллизацией**.
- \* Для изучения процессов кристаллизации строят кривые охлаждения металлов, которые показывают изменение температуры во времени.



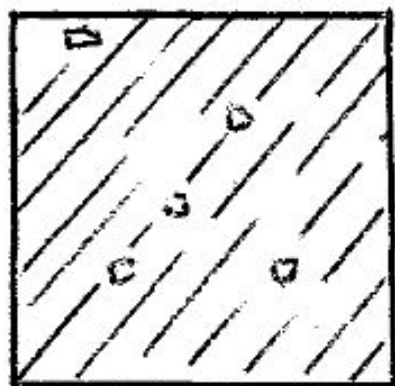
а



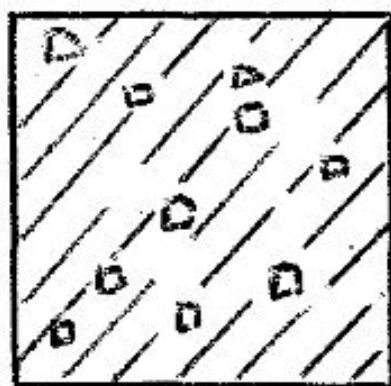
б



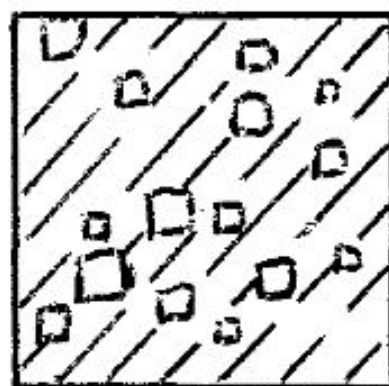
# Схема кристаллизации металлов



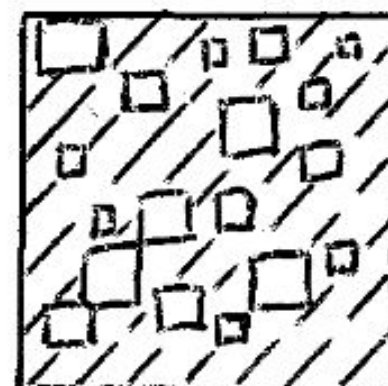
1c



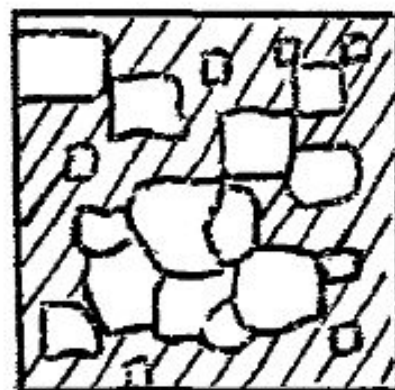
2c



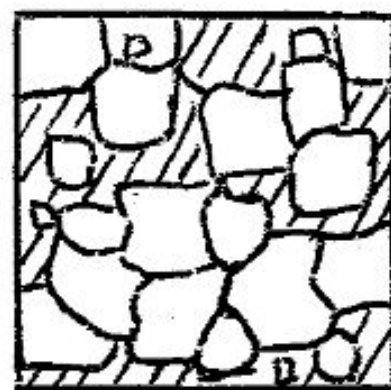
3c



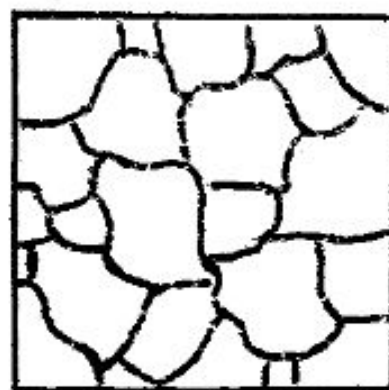
4c



5c



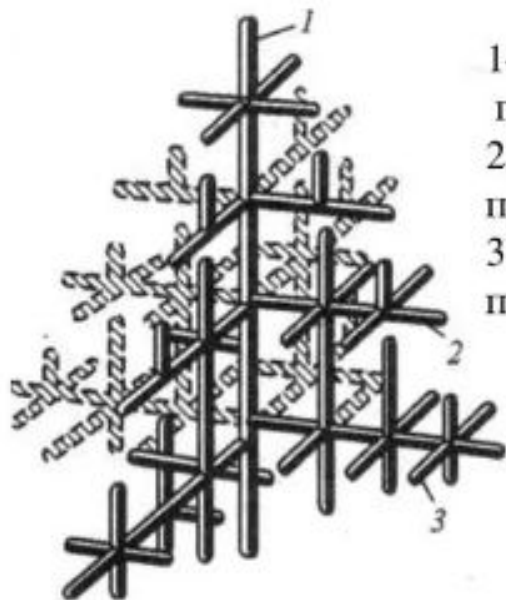
6c



7c

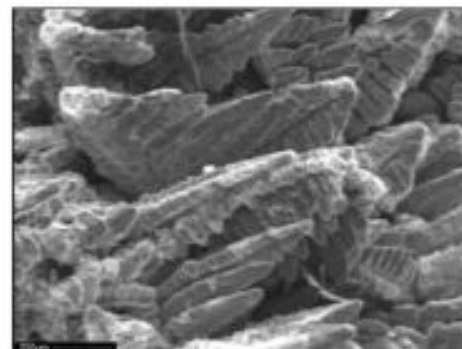
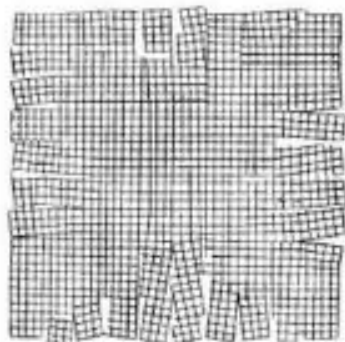
- \* Рост зерна происходит по дендритной (древовидной) схеме.

## Дендритный способ кристаллизации

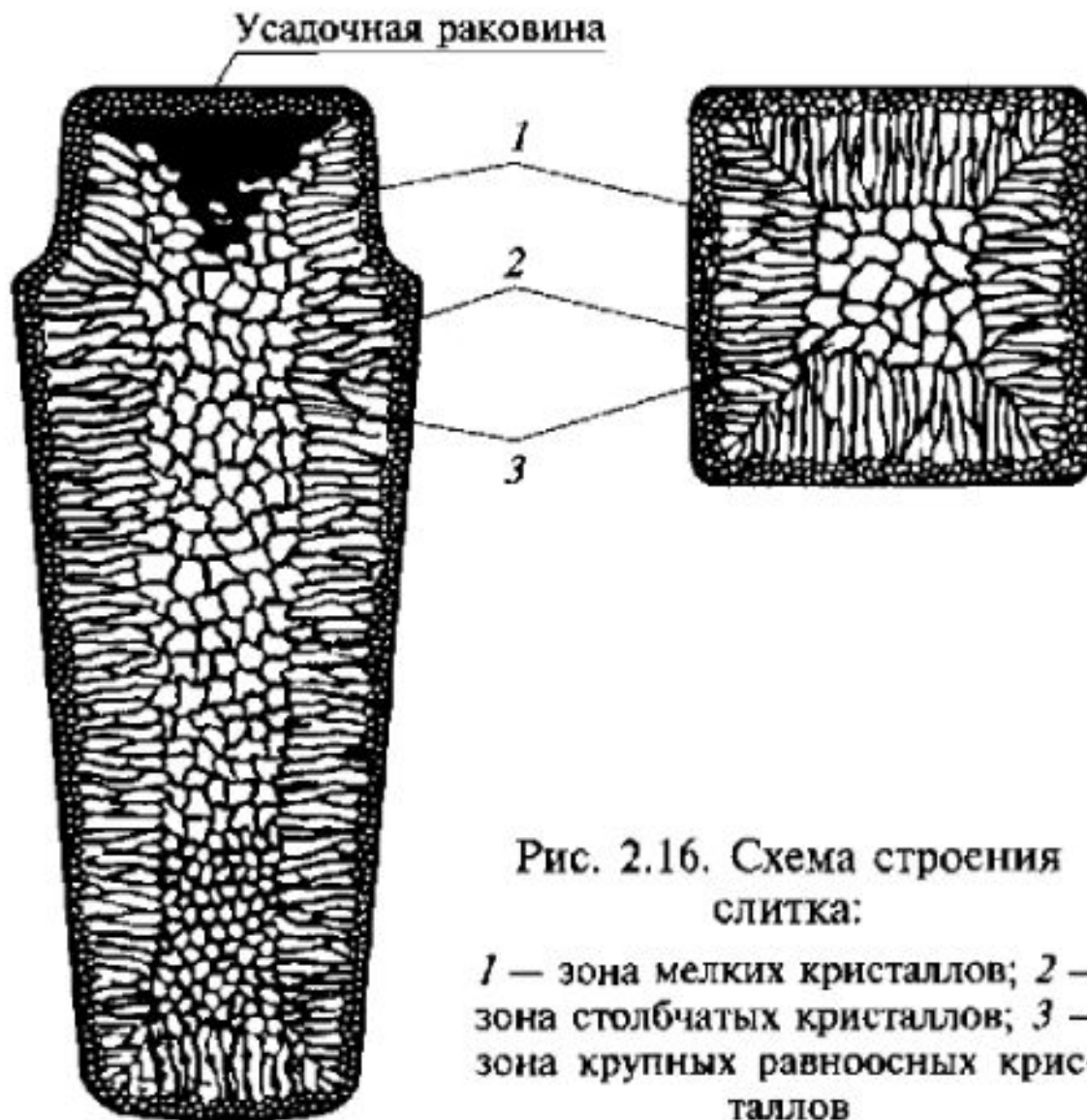


1 - ось первого  
порядка  
2 - оси второго  
порядка  
3 - оси третьего  
порядка

Схема дендритных кристаллов



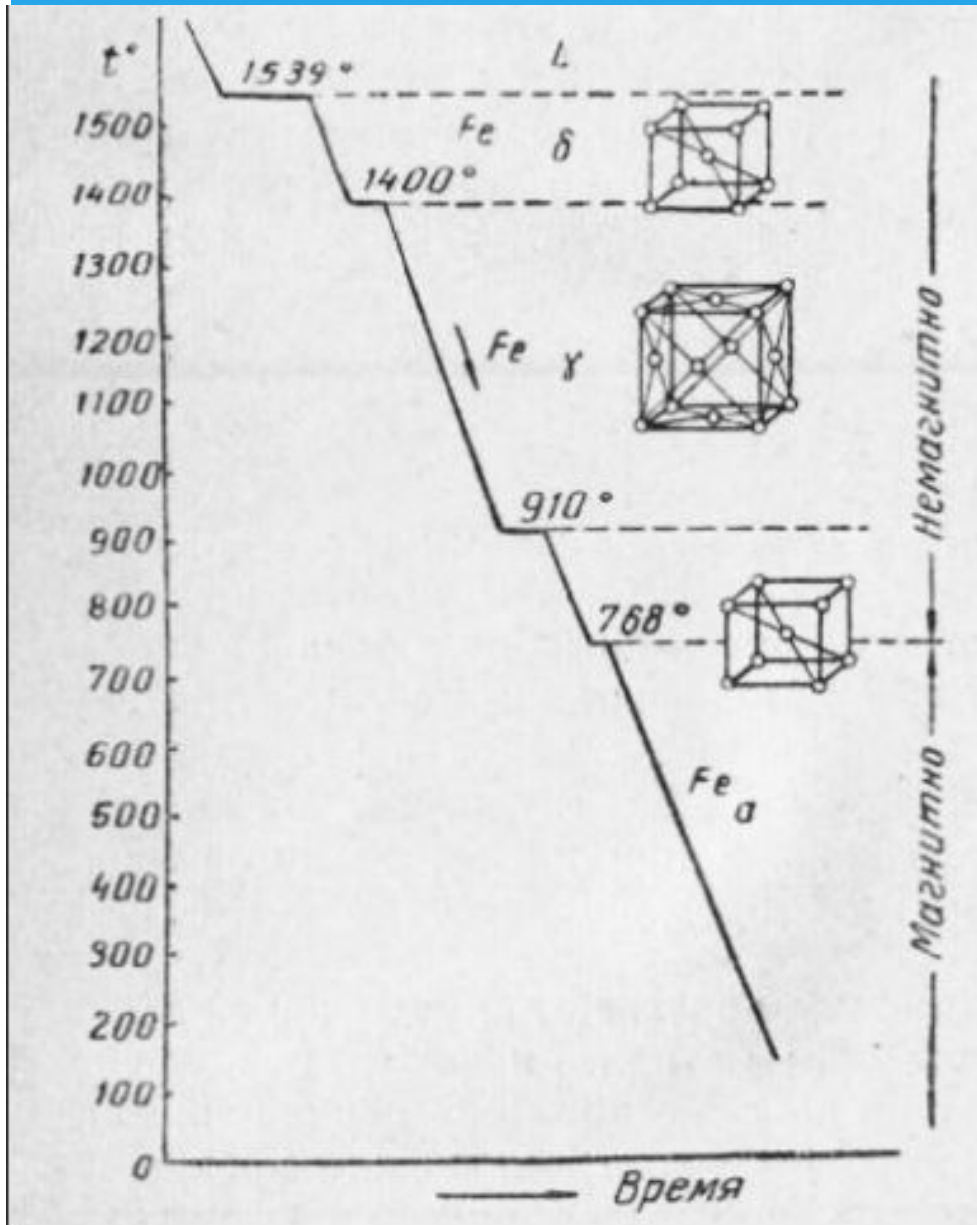
# Строение стального слитка



# Полиморфизм

- \* Некоторые металлы могут существовать в различных кристаллических формах. Это явление называется **полиморфизм** или **аллотропия**, а различные кристаллические формы одного вещества называются **полиморфными модификациями**. Процесс перехода от одной кристаллической формы к другой называется **полиморфным превращением**. Этот процесс протекает при определенной температуре.
- \* **Полиморфизм характерен для железа, олова, кобальта, марганца, титана и некоторых других металлов.**

# Полиморфизм железа

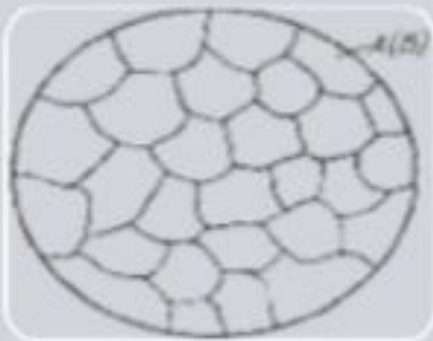


# Строение металлических сплавов

- \* **Металлическим сплавом** называется материал, полученный сплавлением двух или более металлов или металлов с неметаллами, обладающий металлическими свойствами.
- \* Вещества, которые образуют сплав называют **компонентами**
- \* **Фазой** называют однородную часть сплава, характеризующуюся определенным составом и строением и отделенную от других частей сплава поверхностью раздела
- \* Под **структурной** понимают форму, размер и характер взаимного расположения фаз в металлах и сплавах.  
**Структурными составляющими** называют обособленные части сплава, имеющие одинаковое строение с присущими им характерными особенностями.

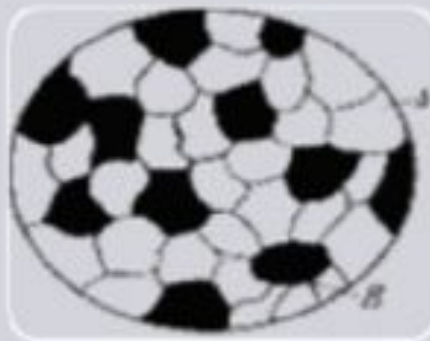
# Структура сплавов

Твердый  
раствор



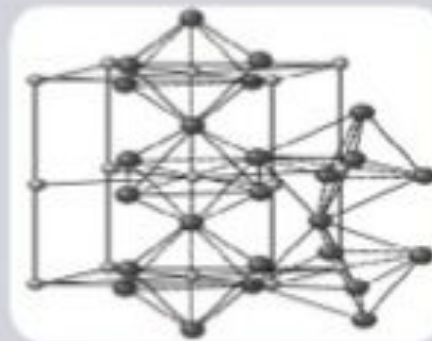
*образуют общую  
кристаллическую  
решетку*

Механическая  
смесь



*не образуют  
общую  
кристаллическую  
решетку и не  
образуют  
химическое  
соединение*

Химическое  
соединение



*образуют новое  
вещество,  
свойства  
которого  
отличаются от  
свойств исходных  
компонентов*

# Диаграмма состояния

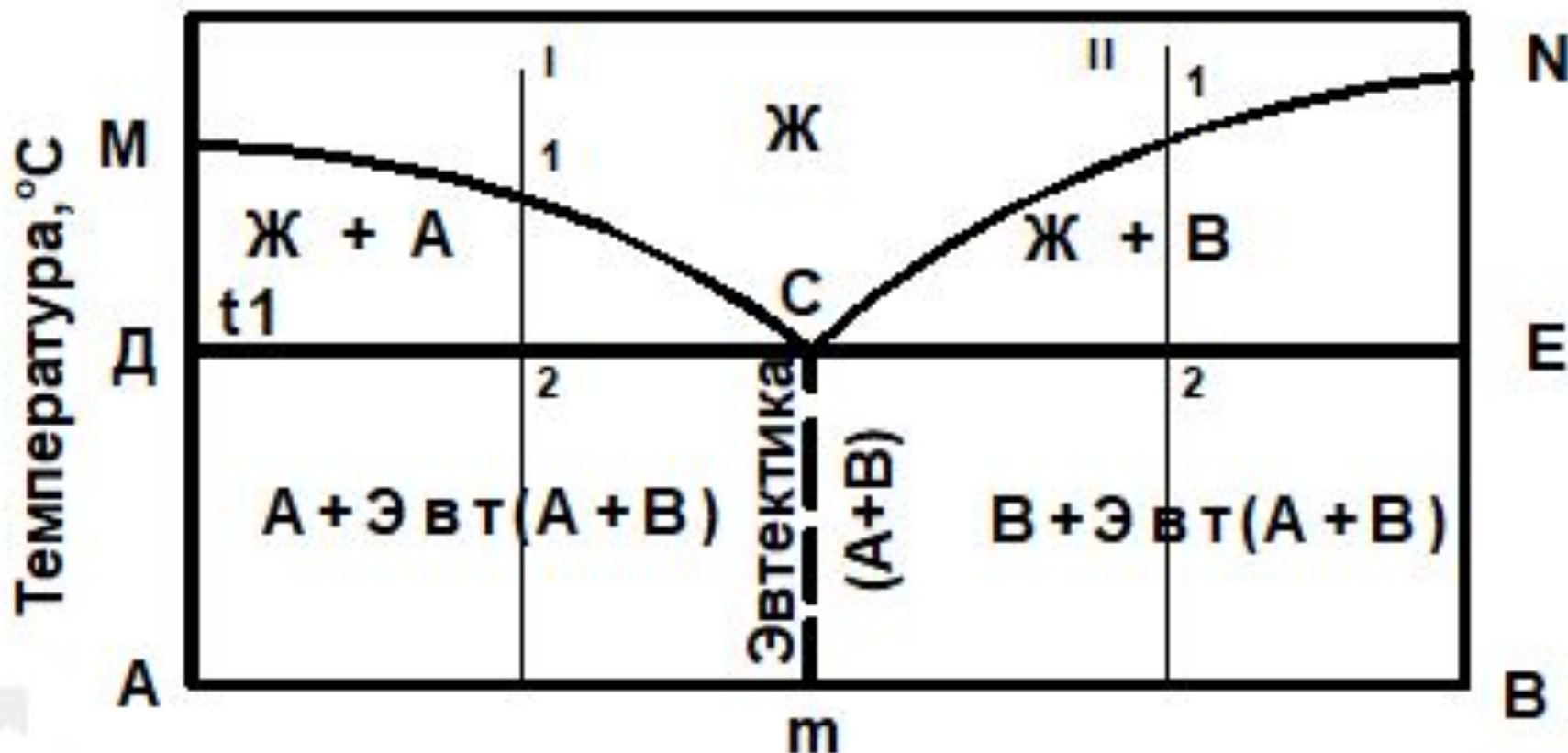
- \* Диаграмма состояния показывает строение сплава в зависимости от соотношения компонентов и от температуры. Она строится экспериментально по кривым охлаждения сплавов.



# ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ:

- \* **Линия ликвидус** – линия полного расплавления твердых фаз, выше неё находится только жидкость
- \* **Линия солидус** - линия на фазовых диаграммах, на которой исчезают последние капли расплава, или температура, при которой плавится самый легкоплавкий компонент. Линия, ниже которой находится только твердая фаза.
- \* **Эвтектика** - жидкая система (раствор или расплав), находящаяся при данном давлении в равновесии с твёрдыми фазами, число которых равно числу компонентов системы. Кристаллизация такой системы происходит при постоянной температуре, как и кристаллизация чистых веществ. При этом образуется механическая смесь твёрдых фаз того же состава. Для данной системы температура плавления твёрдой Э. ниже температуры плавления смеси любого другого состава.

# Диаграмма состояния I рода, образующих механические соединения из чистых компонентов



МСN – линия ликвидус

ДСЕ – линия солидус

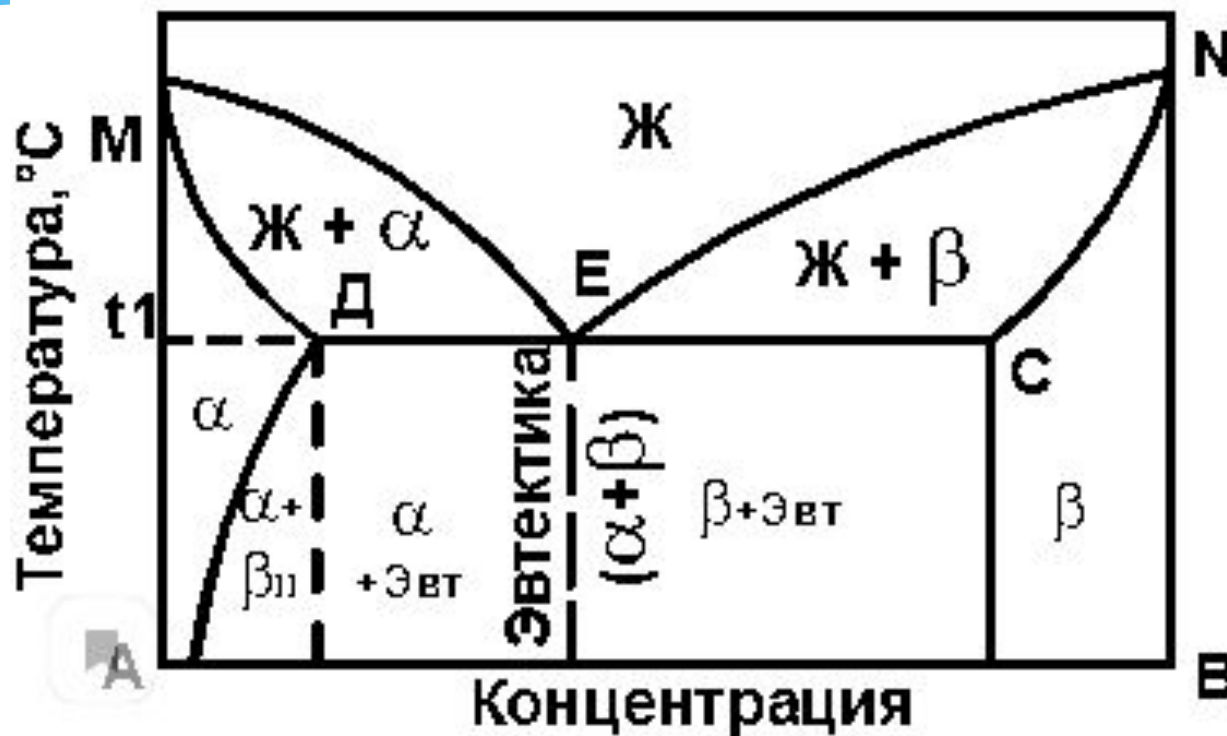
Сm - эвтектика

# Диаграмма состояния II рода сплавов с неограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии.



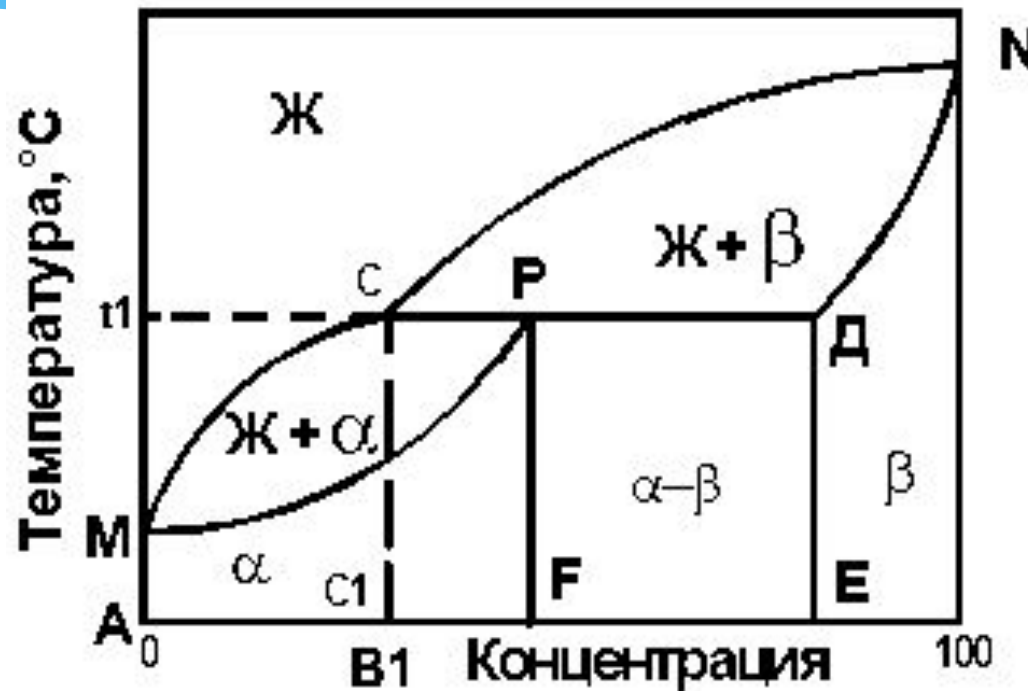
Линия M1N - линия ликвидус, линия M2N - линия солидус. Точки M и N - температуры плавления компонентов A и B.

# Диаграмма состояния сплавов эвтектического типа с ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии (III рода)



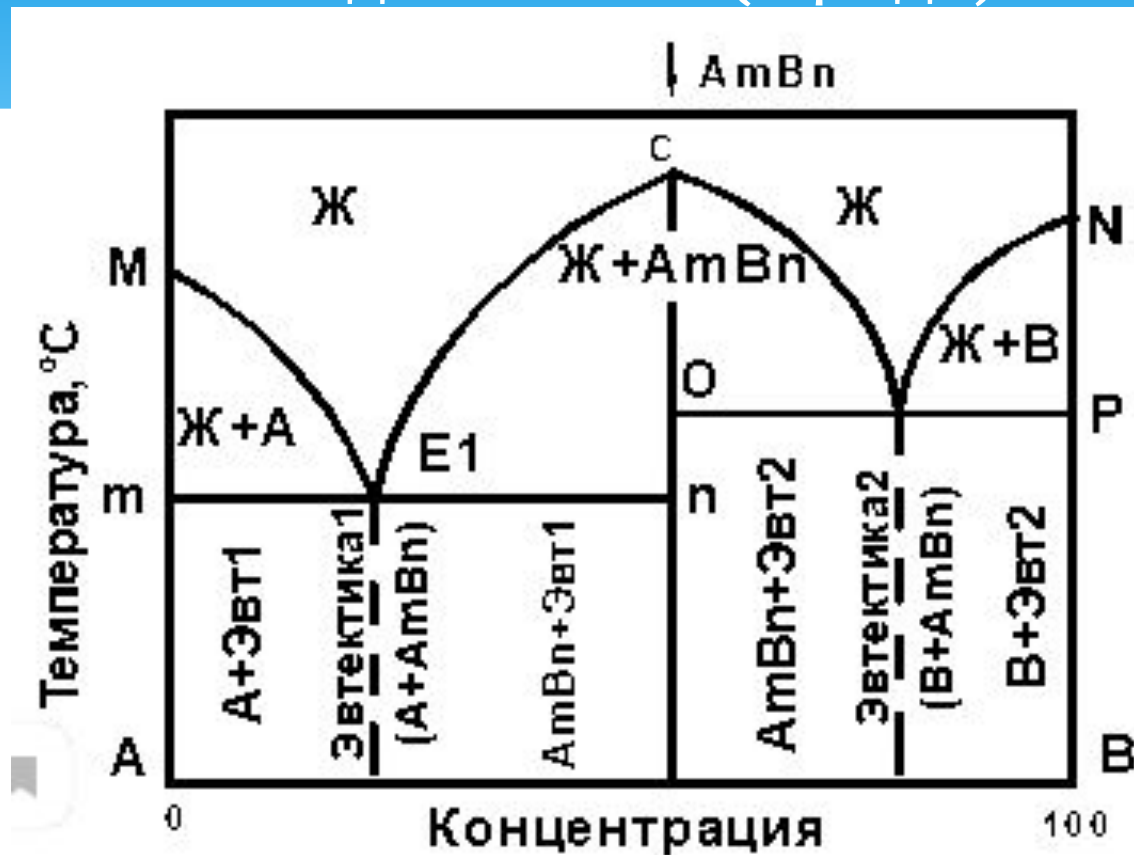
- \* Линия MEN - линия ликвидус, линия MДЕСN - линия солидус. Точки М и N - температуры плавления компонентов А и В. Точка Д - максимальная растворимость компонентов В в компоненте А. Точка С - максимальная растворимость компонента А в компоненте В. Точка Е - эвтектическая точка.

# Диаграмма состояния сплавов с перитектическим превращением (IV рода)



- \* Линия MCN - линия ликвидус, линия MPDN - линия солидус. Точки M и N - температуры плавления компонентов A и B. Точка P - перитектическая точка. Линия CPD (температура  $t_1$ ) - перитектическая линия.

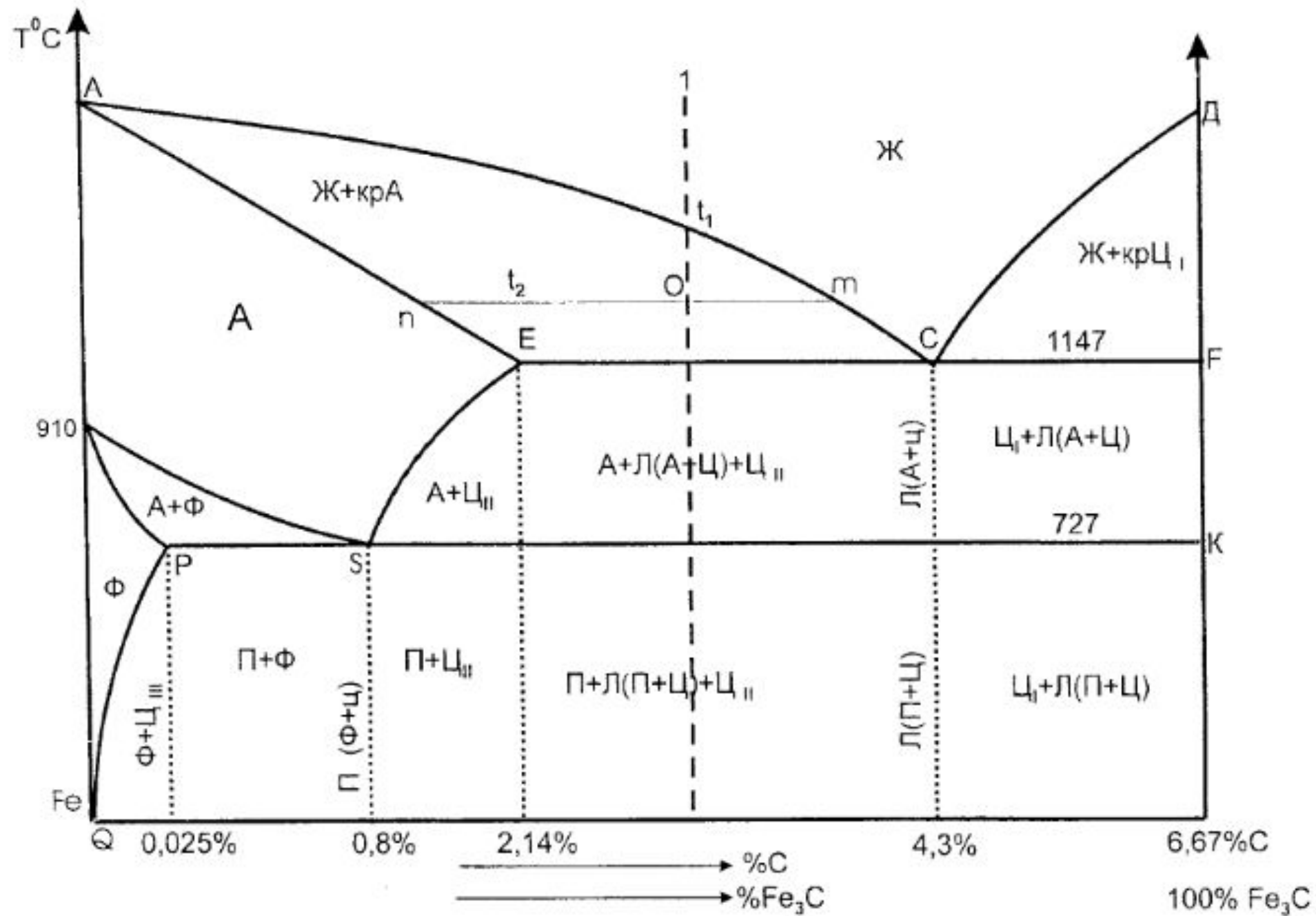
# Диаграмма состояния с устойчивыми химическими соединениями (V рода)



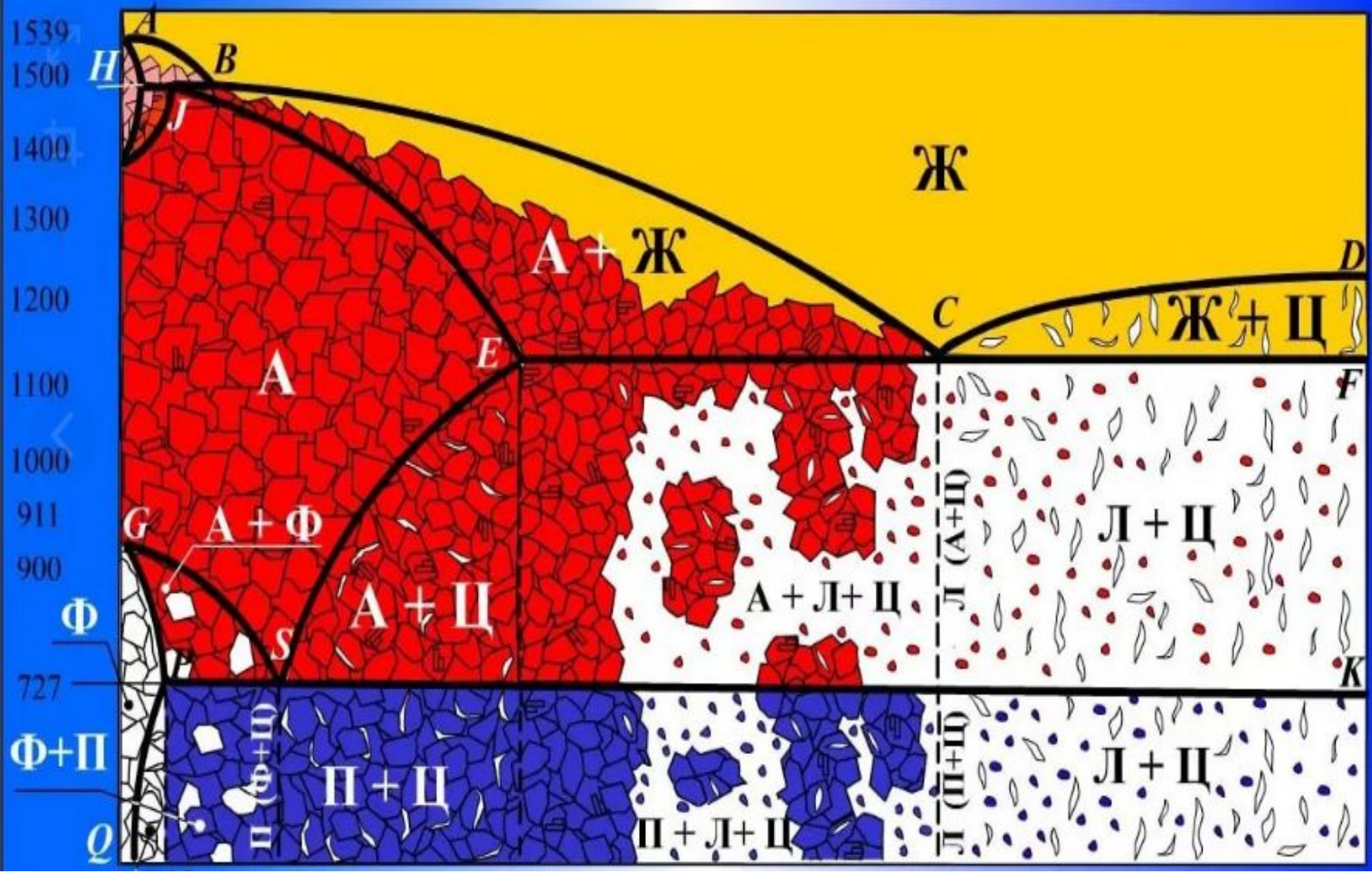
- \* Линии  $ME_1CE_2N$  - линия ликвидус, линия  $mnp$  - линия солидус. Точки M и N - температуры плавления компонентов A и B. Точка C - температура плавления химического соединения  $A_m B_n$ . Точки E<sub>1</sub> и E<sub>2</sub> - эвтектические точки.

# Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов. Основные понятия

- \* Железо – пластичный металл серебристо-белого цвета с невысокой твердостью.  $T_{пл} = 1539^{\circ}\text{C}$ , плотность  $7,83 \text{ г/см}^3$ .
- \* Феррит (Ф) – твердый раствор углерода в  $\alpha$ -железе. ( $C < 0,02\%$  при  $t = 727^{\circ}\text{C}$ )
- \* Аустенит (А) – твердый раствор углерода в  $\gamma$ -железе. ( $C < 2,14\%$  при  $t = 1147^{\circ}\text{C}$ )
- \* Цементит (Ц) – химическое соединение железа с углеродом (карбид железа  $\text{Fe}_3\text{C}$ )  $C = 6,67\%$
- \* Перлит (П) – механическая смесь Ф с Ц. ( $C = 0,8\%$  образуется из А при  $t = 727^{\circ}\text{C}$ )
- \* Ледебурит (Л) – эвтектическая смесь А с Ц. ( $C = 4,3\%$  образуется из жидкого расплава при  $t = 1147^{\circ}\text{C}$ )







# Характеристика линий диаграммы

Индекс линий	Температурный интервал, °С	Интервал концентраций (% углерода)	Основная характеристика линии
<i>Линия ликвидуса</i>			
AC	1539° – 1147°	0 – 4,3	Линия ликвидус (начало затвердевания А). Линия ликвидус (начало затвердевания Ц <sub>1</sub> )
CD	1147° – 1600°	4,3 – 6,67	
<i>Линия солидуса</i>			
AE	1539° – 1147°	0 – 2,14	Конец затвердевания А
ECF	1147°	2,14 – 6,67	Линия эвтектического равновесия
<i>Линии превращения в твердом состоянии</i>			
SE	727° – 1147°	0,8 – 2,14	Линия ограниченной растворимости углерода в А. Начало выделения вторичного цементита.
GS	911° – 727°	0 – 0,8	Начало аллотропического превращения А в Ф
GP	911° – 727°	0 – 0,025	Конец аллотропического превращения (А в Ф)
PSK	727°	0,025 – 6,67	Линия эвтектоидного равновесия А, Ф, Ц
PQ	727° – комн.	0,025 – 0,006	Линия выделения Ц <sub>III</sub>

## Характеристика точек диаграммы

A	0	1539	Точка затвердевания жидкого железа
C	4,3	1147	Состав жидкой фазы при эвтектическом равновесии с А и Ц
E	2,14	1147	Предельное содержание углерода в аустените. Состав А при эвтектическом равновесии с жидкой фазой и Ц
S	0,8	727	Состав А при эвтектоидном равновесии с Ф и Ц
P	0,025	727	Предельное содержание углерода в Ф. Состав Ф при эвтектоидном равновесии с А и Ц
Q	0,006	Комнатная	Предельное содержание углерода в Ф при комнатной температуре

# Диаграммы состояния тройных систем

- \* В системе, состоящей из трех компонентов, в отличие от двухкомпонентных, прибавляется еще одна независимая переменная – концентрация третьего компонента, поэтому диаграмма состояния должна строиться в трех координатах, т.е. в пространстве.

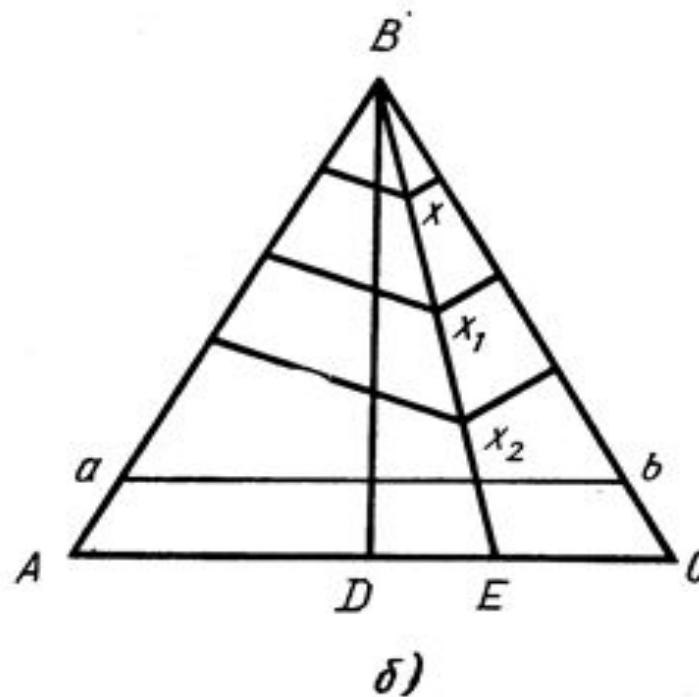
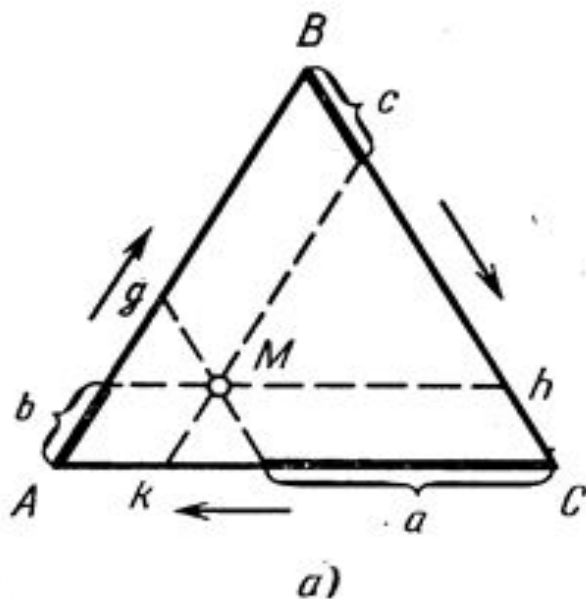


Диаграмма состояния тройных сплавов с неограниченной растворимостью компонентов в жидком и твердом состояниях (а) и кривая охлаждения сплава 1 (б)

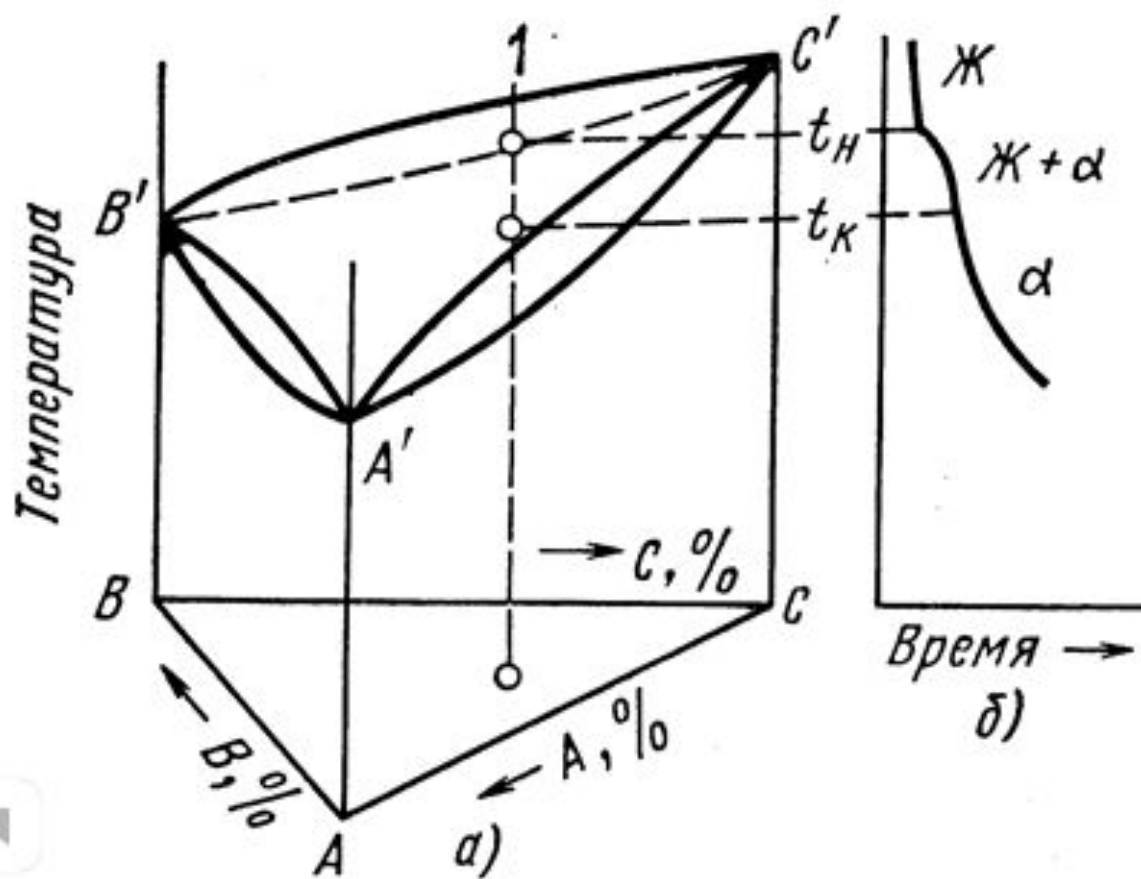


Диаграмма состояния трехкомпонентной системы.  
Компоненты не растворимы в твердом состоянии  
и образуют тройную эвтектику (пространственное изображение)

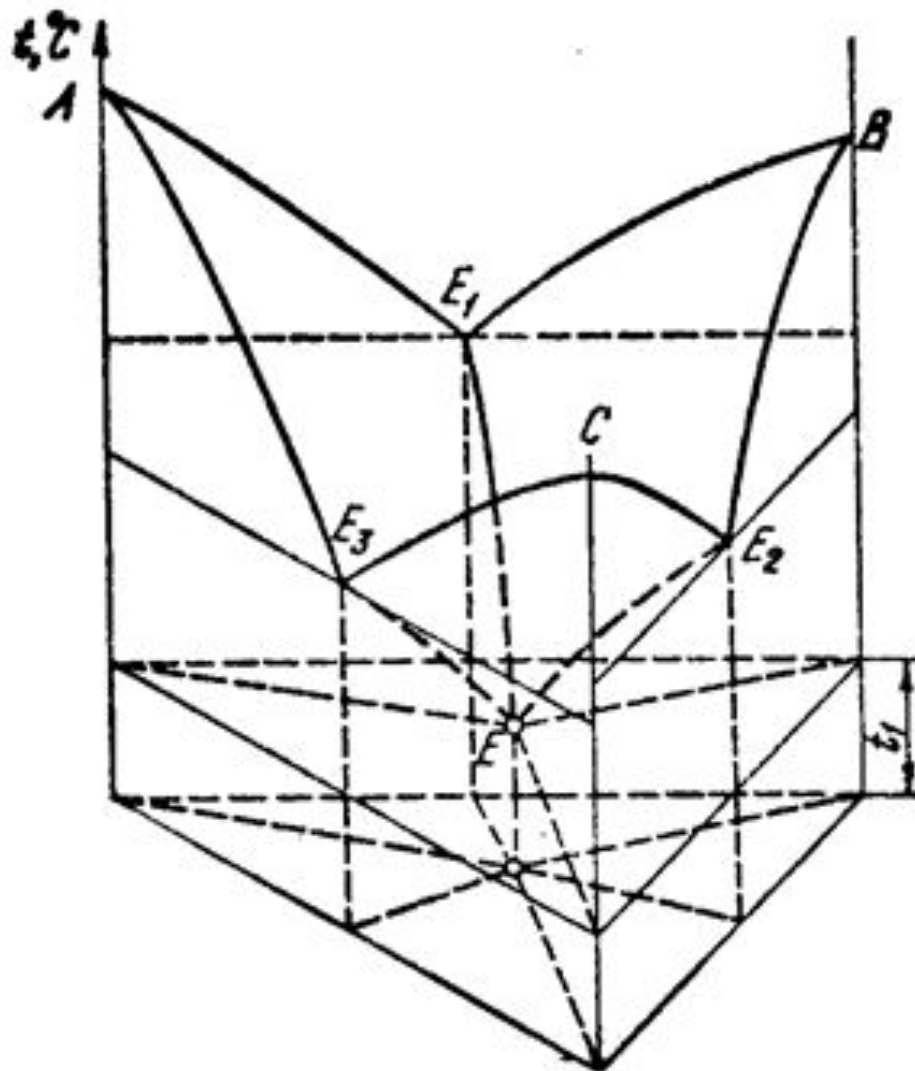
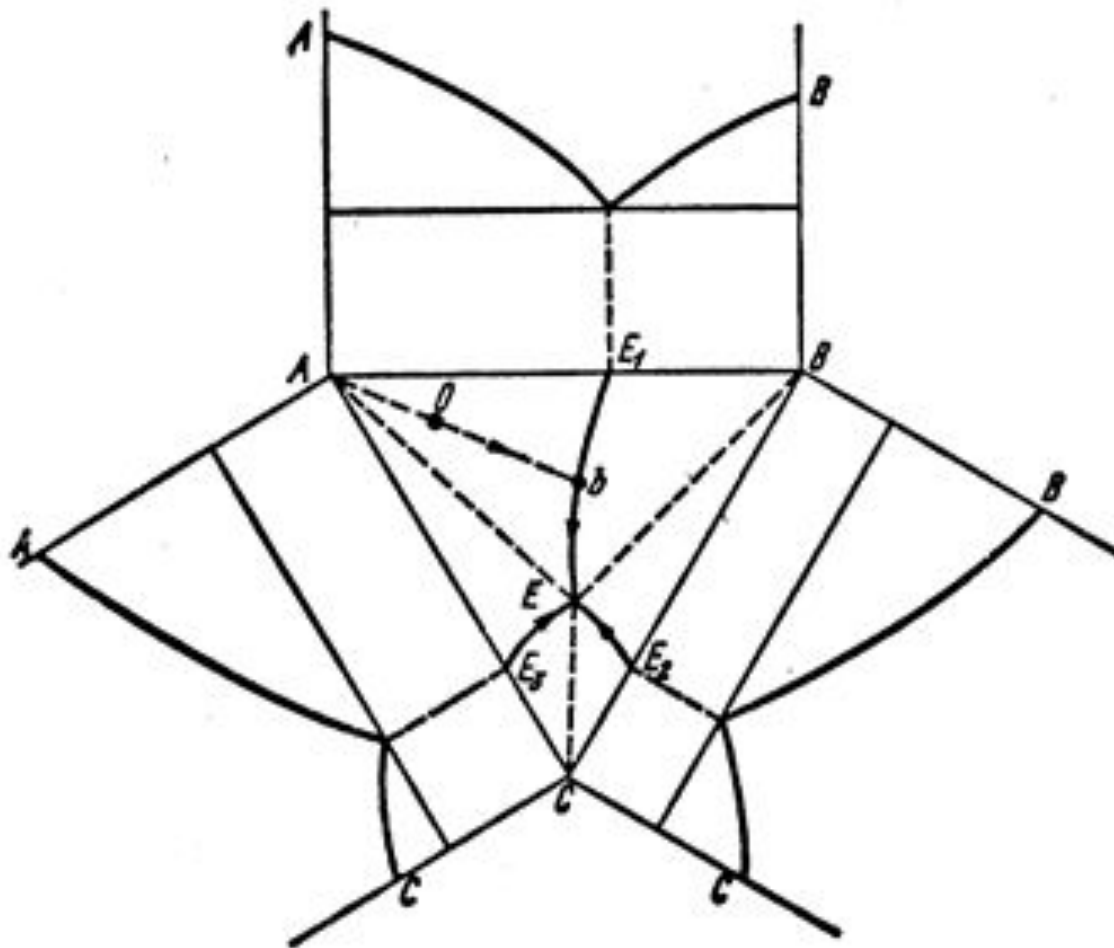


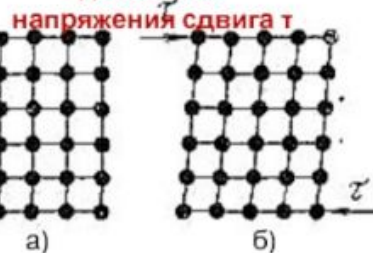
Диаграмма состояния трехкомпонентной системы.  
Компоненты не растворимы в твердом состоянии  
и образуют тройную эвтектику (развертка)



# Прочность и пластическая деформация металлов

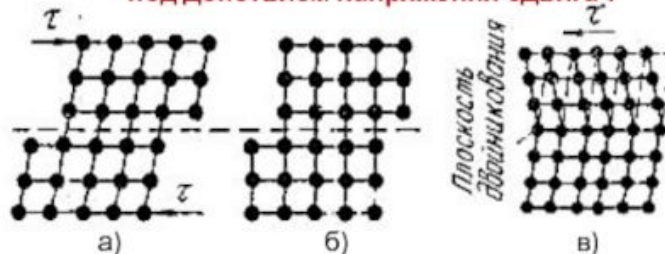
- \* Упругой называется деформация, исчезающая после прекращения действия внешних сил.
- \* Пластической является остаточная деформация, которая появляется если напряжения превышают предел упругости. ПД может осуществляться путем скольжения и двойникования.

Схема упругой деформации металла под действием



а – первоначальный кристалл;  
б – упругая деформация

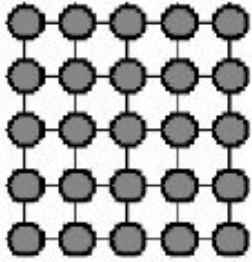
Схемы пластической деформации металла под действием напряжения сдвига  $\tau$



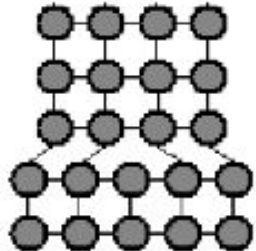


# Дефекты кристаллического строения

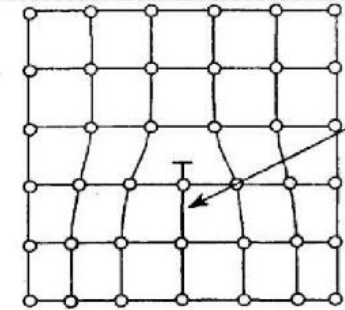
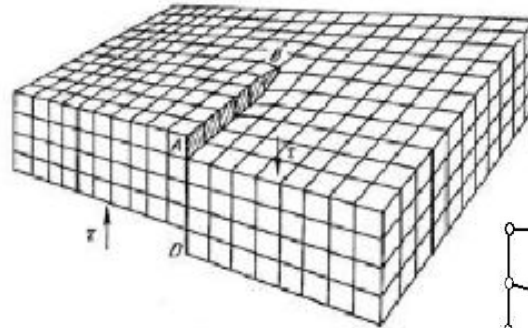
идеальный кристалл    краевая дислокация    винтовая дислокация



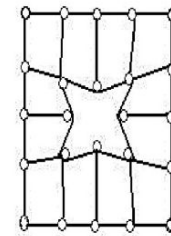
а



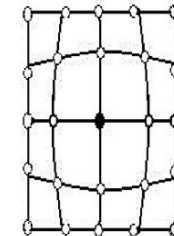
б



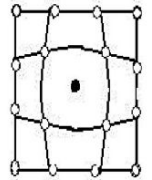
"лишняя" полуплоскость



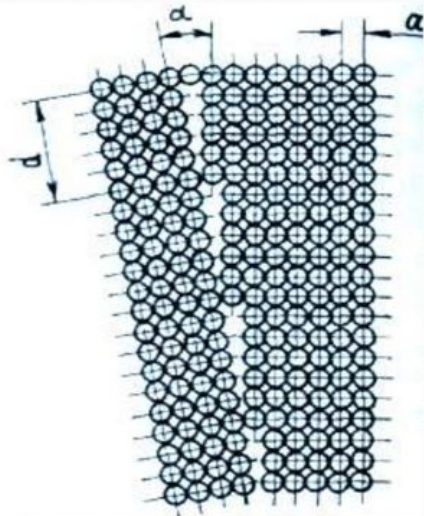
а



б

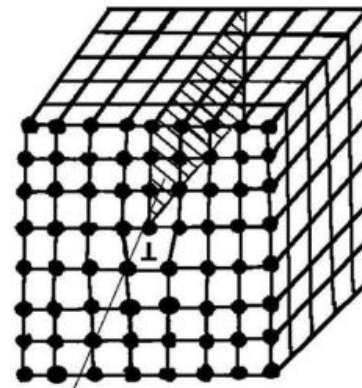


в

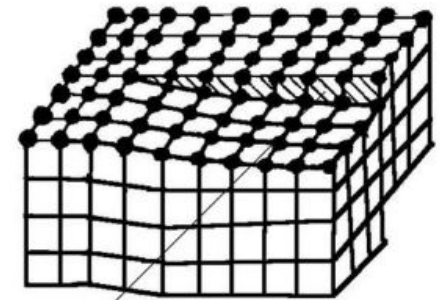


**Строение малоугловых границ.**

$a$  – расстояние между соседними атомами;  
 $d$  – расстояние между дислокациями;  
 $\alpha$  – угол разориентирования соседних блоков

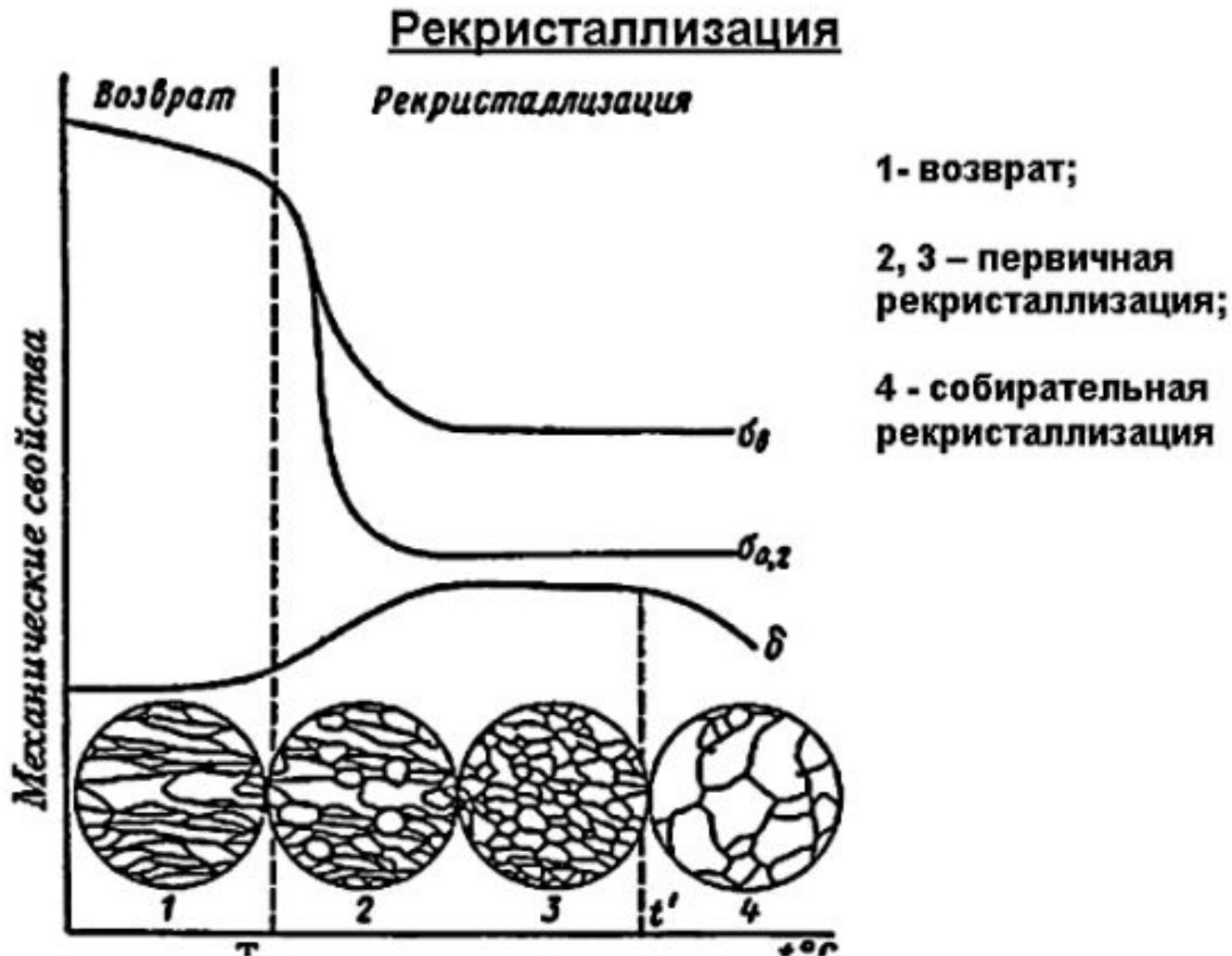


Экстраплоскость



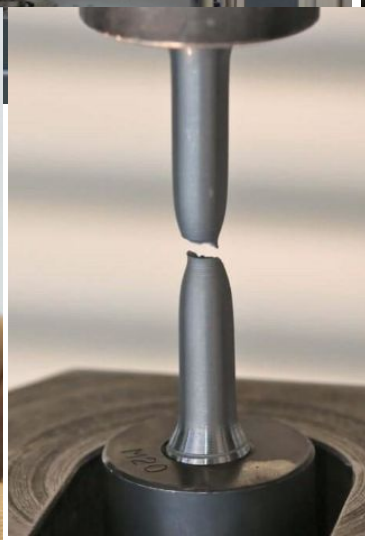
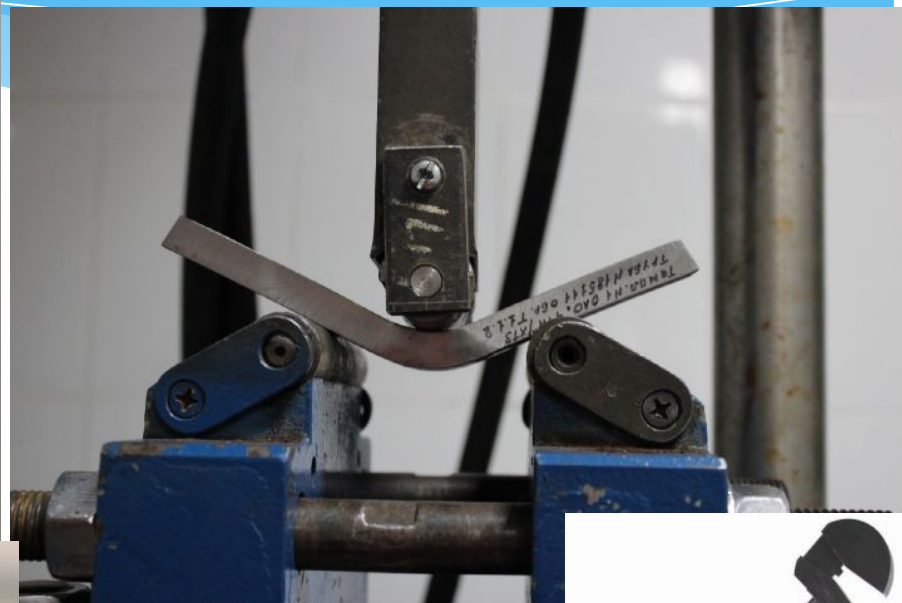
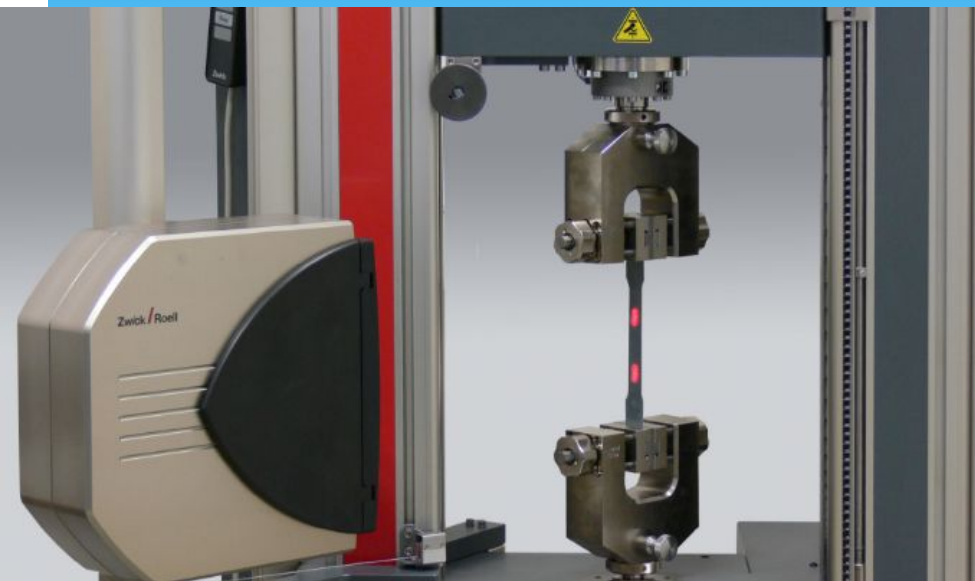
Плоскость сдвига

# Наклеп и рекристаллизация



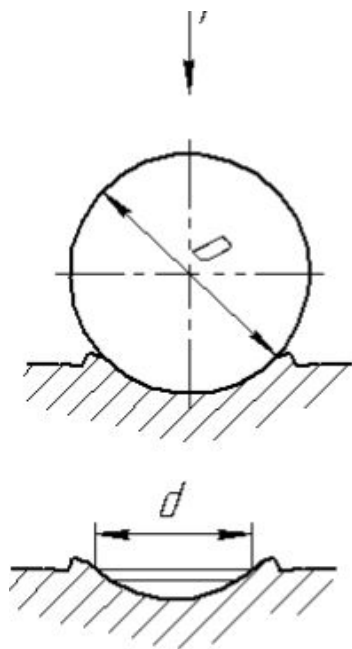
Влияние нагрева на механические свойства и структуру наклепанного металла

# Статические и динамические ИСПЫТАНИЯ МЕТАЛЛОВ

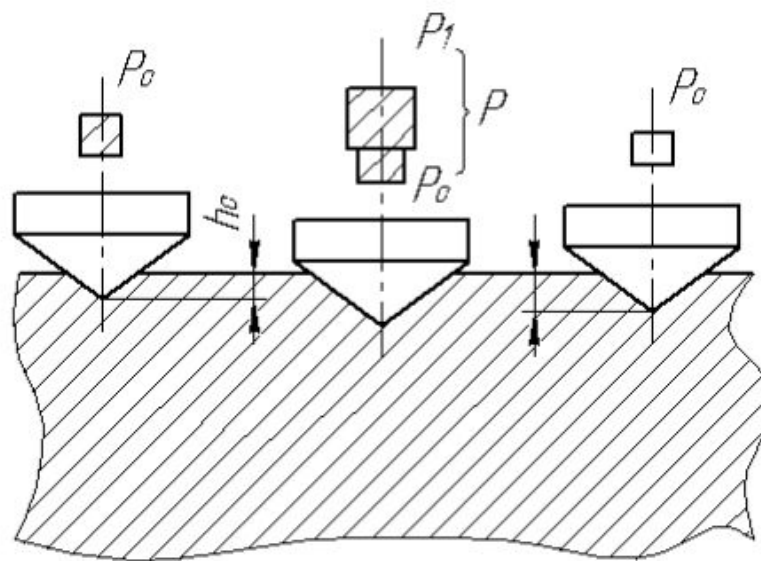


# Методы определения твердости

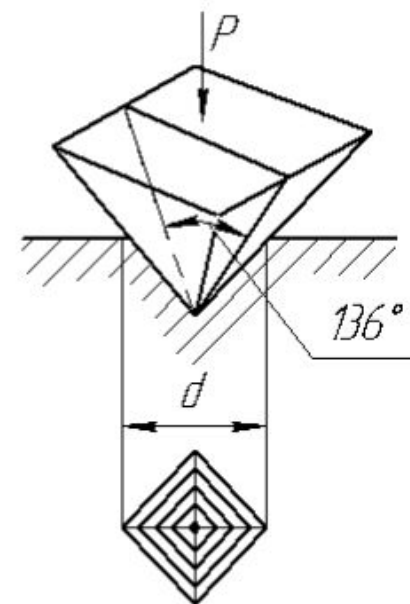
- \* Метод Бринелля (а)
- \* Метод Роквелла (б)
- \* Метод Виккерса (в)



а



б



в

# Влияние разных температур на металлы и сплавы



При высоких температурах в металлах проявляется свойство ползучести – это явление увеличивает деформации материала с течением времени при постоянной нагрузке.

Об изменении свойств металлов при понижении температуры обычно судят, ориентируясь на их свойства при комнатных температурах (18... 20°C).

# Испытания на ползучесть

