



# КУРС «Материаловедение»

## Тема: Металлические сплавы

**Казачков Олег Владимирович**, доцент, к.т.н.  
Институт лесных, инженерных и строительных наук,  
кафедра технологических и транспортных машин и оборудования  
**kaz @ psu.karelia.ru**



# План лекции

- Определение
- Классификация сплавов
- Диаграммы состояний двойных сплавов
- Связь между свойствами и типом диаграмм состояний

# Основные определения

- **Сплавом** называется вещество , полученное сплавлением двух или более элементов.
- Элементы, образующие сплав называются **компонентами**.
- **Фазой** называют однородную часть сплава, характеризующуюся определенным составом и структурой и отделенную от других частей поверхностью раздела
- Под **структурой** понимают форму, размер и характер взаимного расположения фаз в сплавах
- **Структурными составляющими** называют обособленные части сплава, имеющие одинаковое строение с присущими им характерными особенностями



# Классификация сплавов





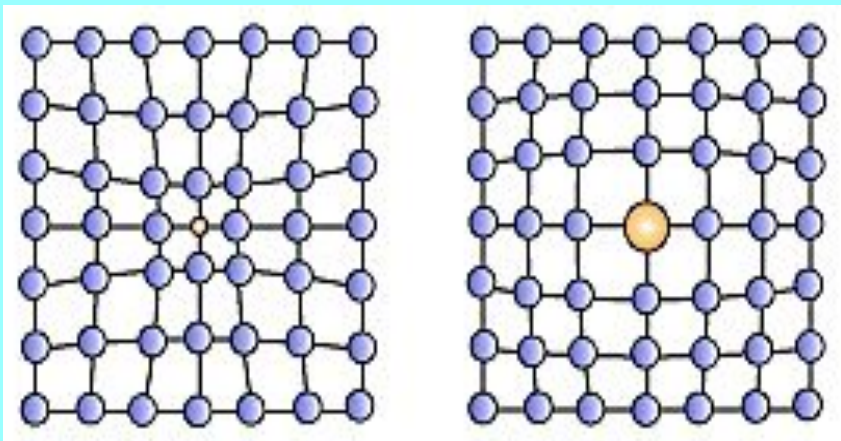
# Основные понятия

- **Твердые растворы** – однофазные сплавы переменного состава, в которых один из компонентов (растворитель) сохраняет свою решетку, а другой компонент( растворенный) располагается в решетке первого, изменяя ее размеры (период).
- **Химическое соединение** – химическое индивидуальное вещество, в котором атомы одного или различных элементов соединены между собой химической связью.

# Типы твердых растворов



1

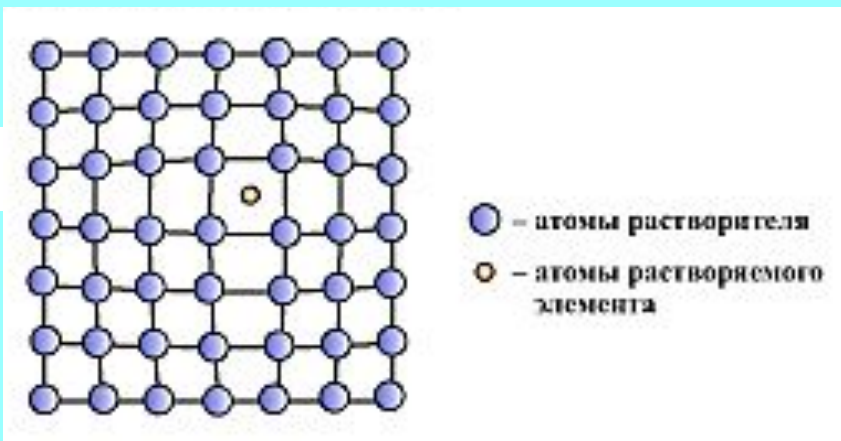


Твердые растворы

Твердые растворы  
замещения

1

2



Твердые растворы  
внедрения

2



# Химические соединения

## Характерные особенности:

- **Постоянство состава**
- **Наличие нового типа кристаллической решетки**
- **Индивидуальные свойства**
- **Постоянство температуры плавления**

# Диаграммы состояния сплавов

- Диаграммы состояния сплавов (диаграммы фазового равновесия) – это графическое изображение фазового и структурного состава сплавов определенной системы в зависимости от температуры и хим. состава
- Д.с.с. строится по критическим точкам, определенных на кривых охлаждения
- Критические точки – температуры, при которых в сплаве проходят фазовые превращения
- Д.с.с. строится в координатах температура (ось y) и химический состав (ось x)
- Линия температур начала кристаллизации сплавов – **ЛИНИЯ ЛИКВИДУС**
- Линия температур конца кристаллизации сплавов – **ЛИНИЯ СОЛИДУС**



# Правило фаз Гиббса

- Данное правило определяет закономерности существования фаз в состоянии равновесия  
 **$C = K - \Phi + 1$**  (при постоянном давлении)

Где  $C$  - **число степеней свободы системы** – число независимых параметров ( $t$ ,  $p$ , состав) при изменении которых число равновесных фаз не меняется.

$K$ - число компонентов,

$\Phi$ - число равновесных фаз

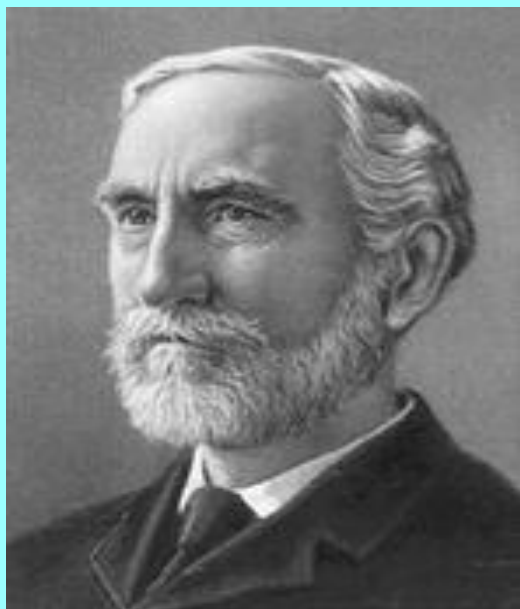
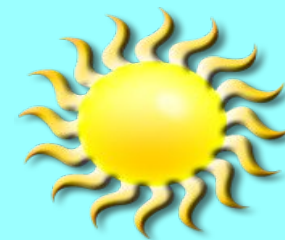
При  $K=2$   **$C = 3 - \Phi$**

При  $C=0$   $\rightarrow$  **инвариантное равновесие**

При  $C=1, C=2$   $\rightarrow$  **моновариантное**



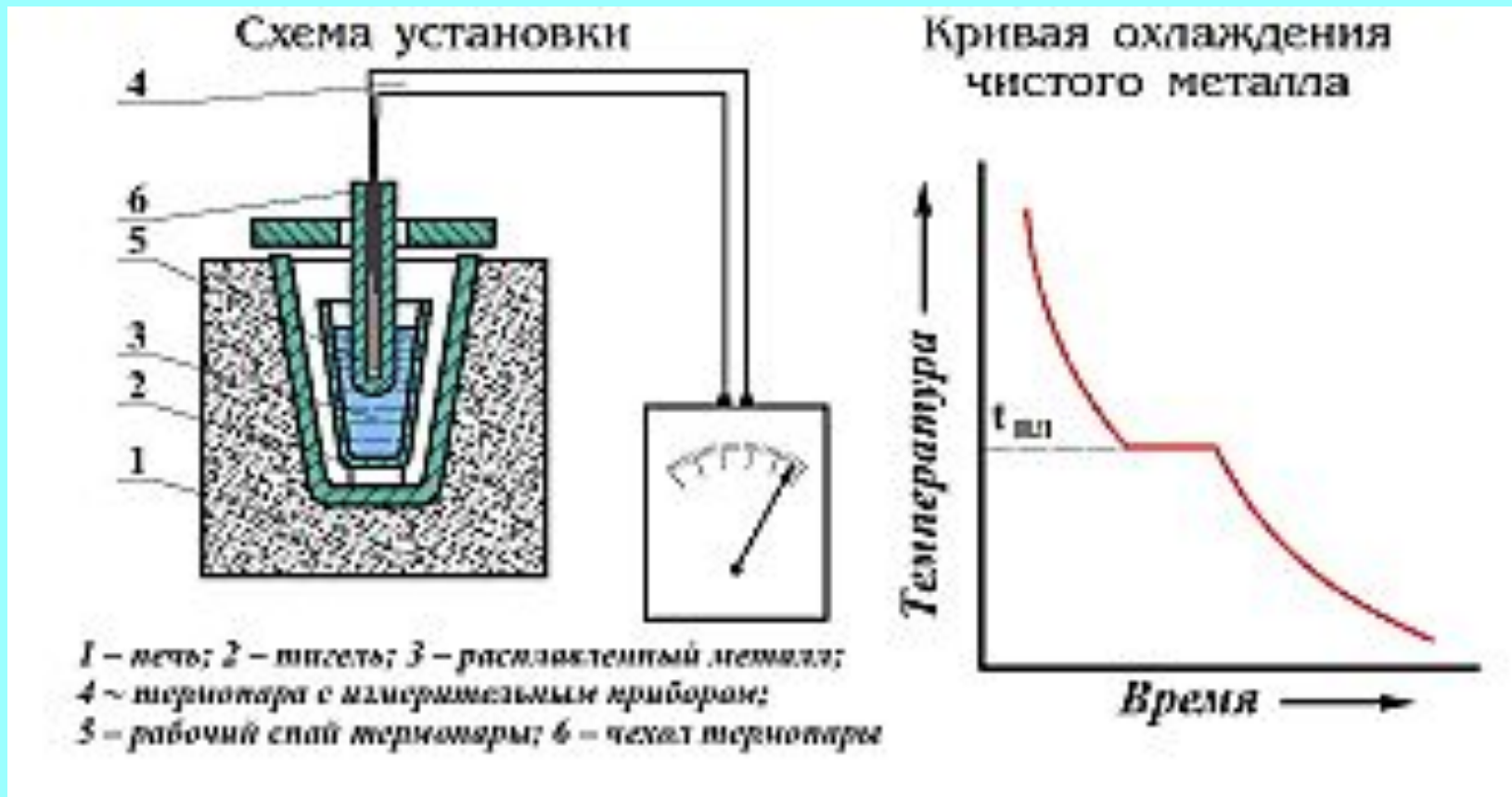
# Историческая справка



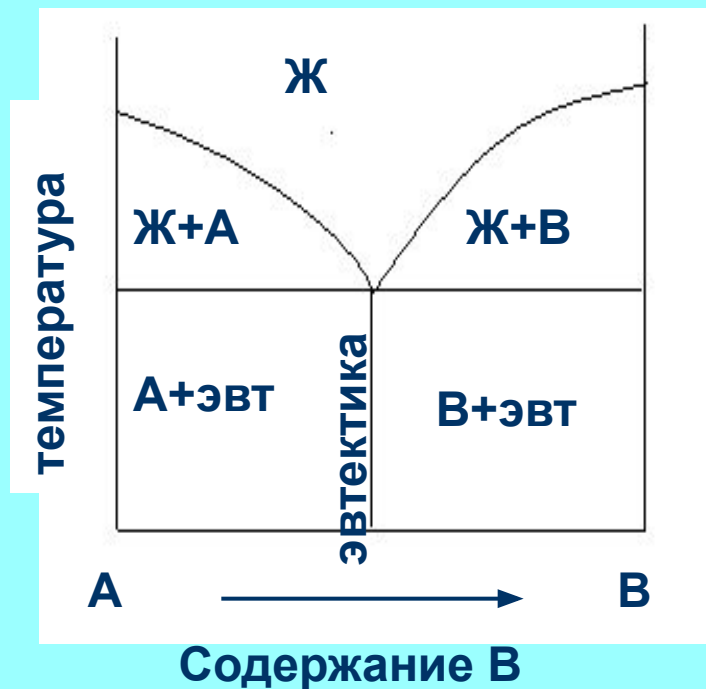
**ГИББС (Gibbs), Джозайя Уиллард**  
1839 г. –1903 г.

- Американский физик и математик
- В 1874–1878 Гиббс опубликовал трактат «О равновесии гетерогенных веществ», идеи которого легли в основу химической термодинамики.  
**сформулировал правило фаз**, построил общую теорию поверхностных и электрохимических явлений

# Термический метод



# Диаграмма состояния сплавов 1 типа , образующих механические смеси

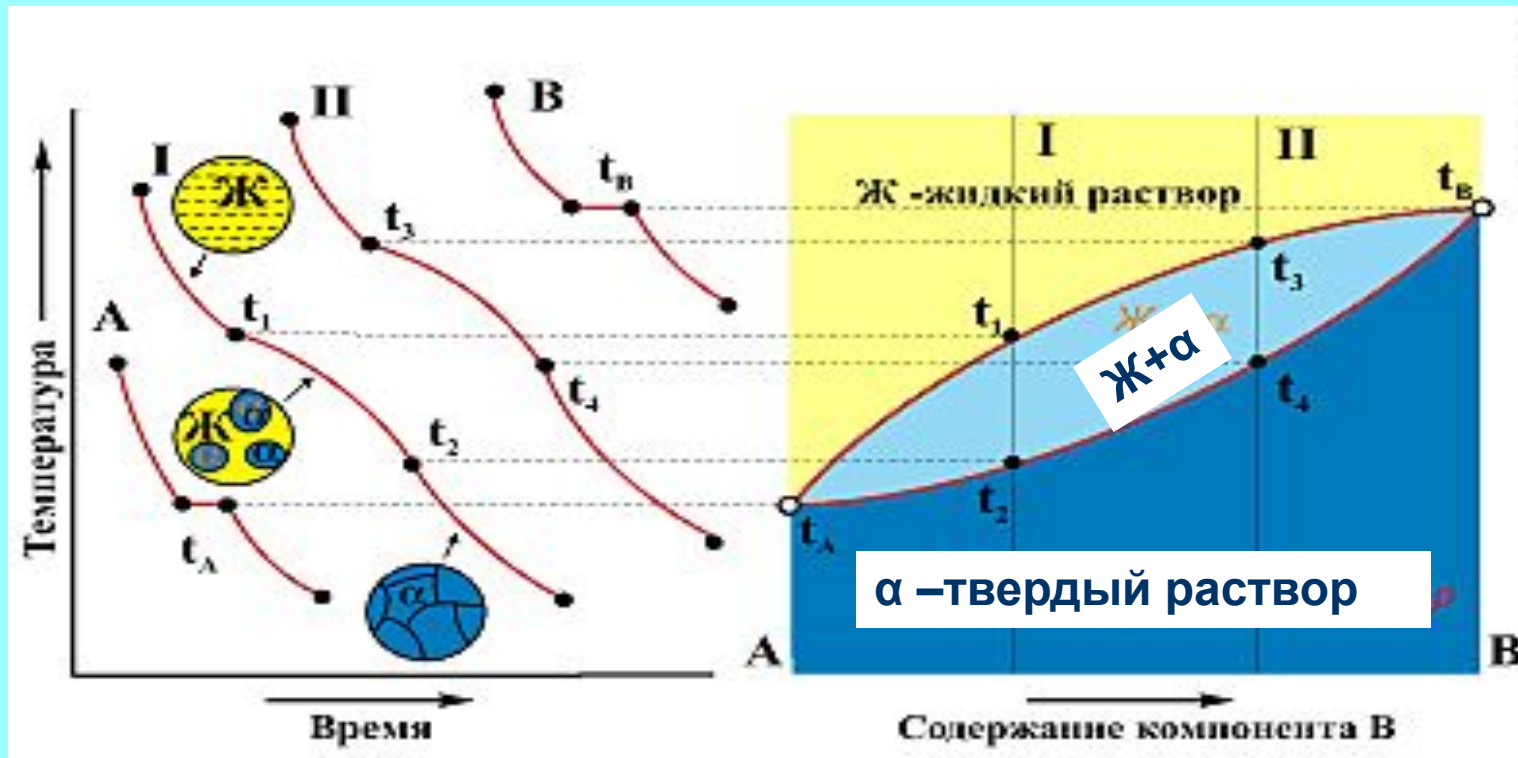


Эвтектические превращения  $Ж \rightleftharpoons (A+B)$

# Микроструктура сплавов системы свинец - сурьма

Доэвтектический сплав	Эвтектический сплав	Заэвтектический сплав
		
Свинец + эвтектика	эвтектика	Сурьма + эвтектика

# Диаграмма состояния сплавов 2 типа (с неограниченной растворимостью компонентов)



# Микроструктура сплавов системы медь – никель

После литья



**Дендритная ликвация.** Неоднородный по хим. составу твердый раствор. Светлые оси дендритов обогащены Ni, темные межосные пространства

После диффузионного отжига



Структура состоит из однородных зерен-полиэдров

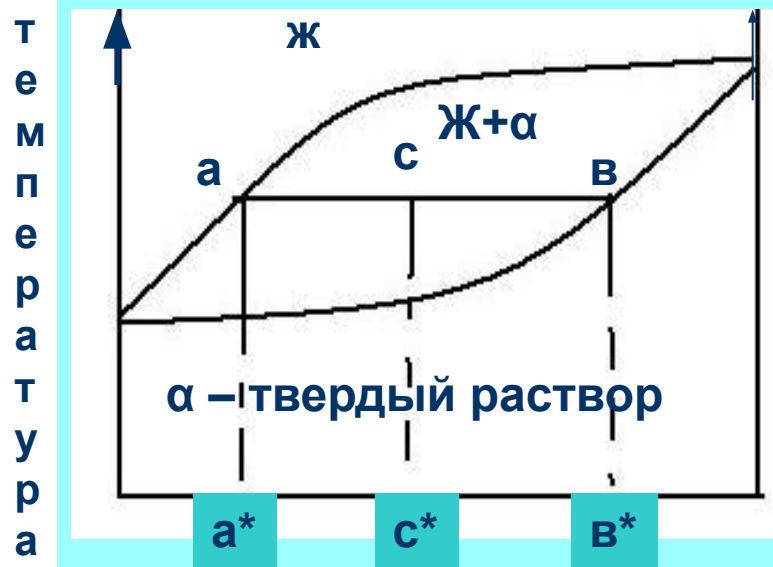
\*

copyright Казачков О.В., ПетрГУ

# Правило отрезков

с Фигуративная точка

асв - канода



$a^*$  – состав ж.ф.,  $b^*$  – состав тв.ф.,

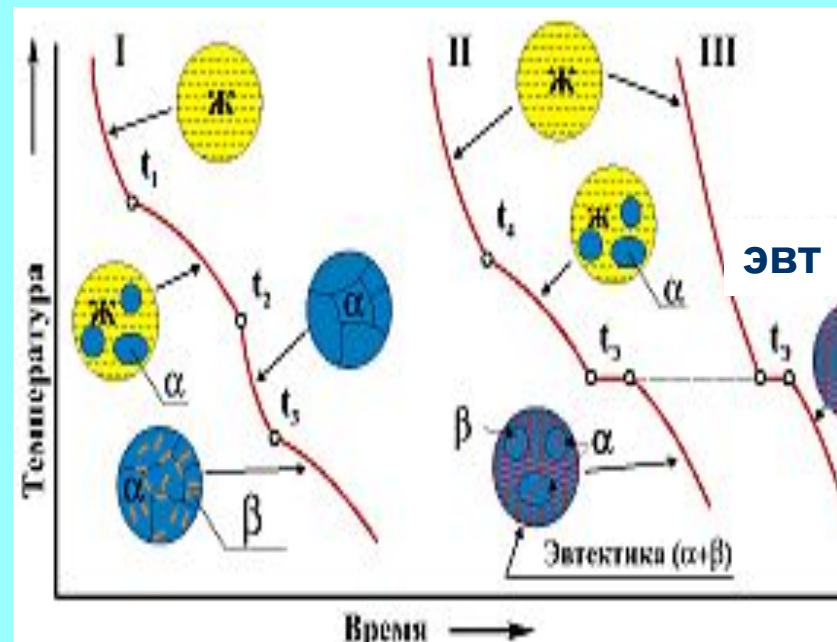
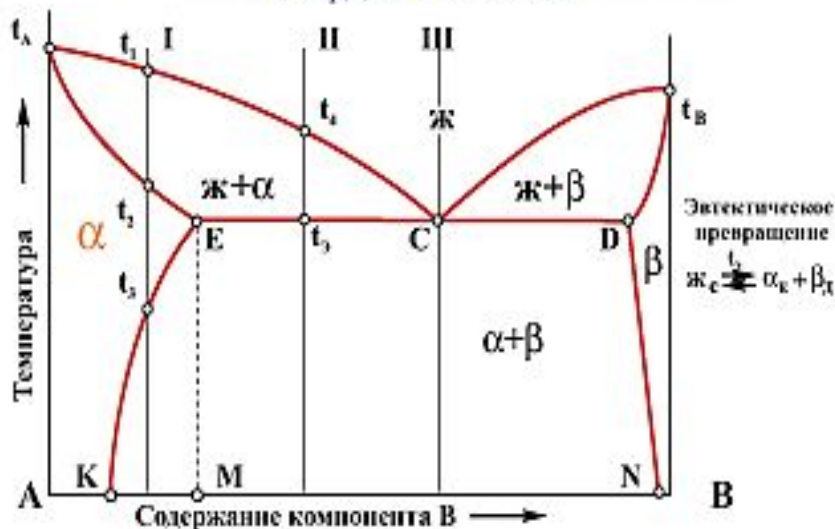
$c^*$  – исх. состав

- С помощью правила можно определить состав фаз с помощью каноды и их весовое соотношение по правилу рычага в любой точке двухфазной области диаграммы
- $Q_{\alpha} = (ac/ab) \cdot 100\%$
- $Q_{\text{ж}} = (cb/ab) \cdot 100\%$

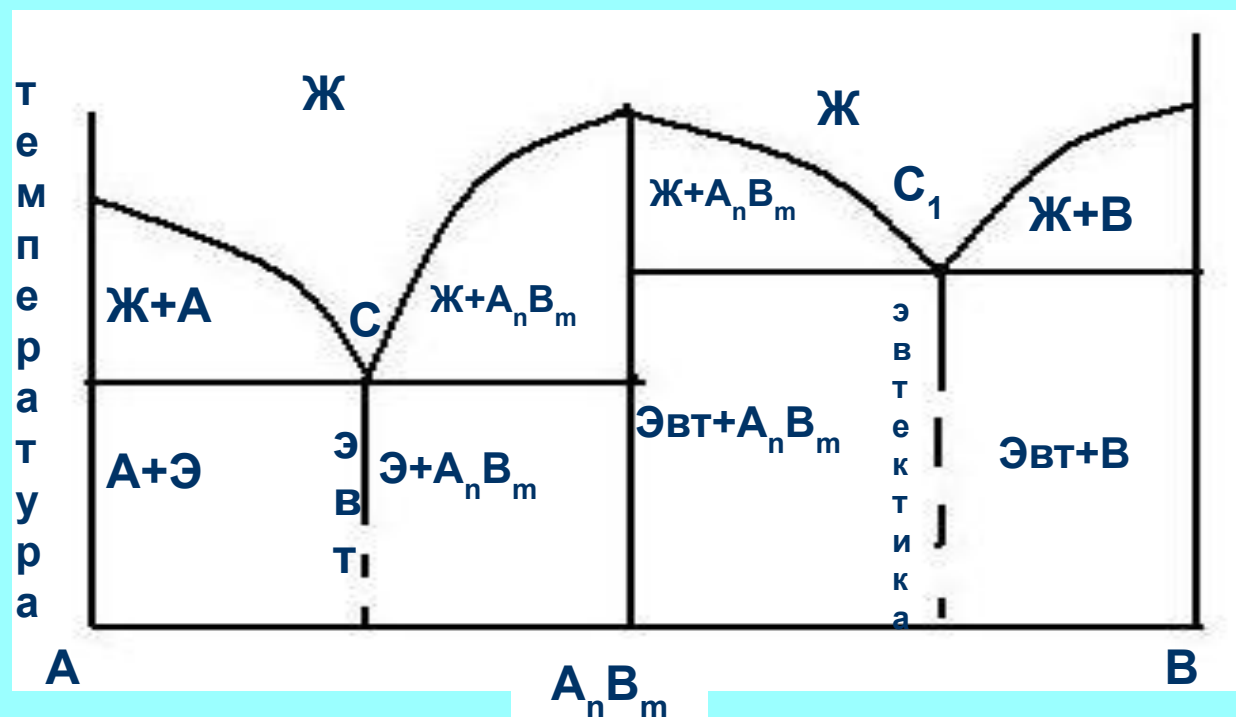


# Диаграмма состояния сплавов 3 типа (с ограниченной растворимостью)

Диаграмма состояний сплавов с ограниченной  
переменной растворимостью компонентов  
в твердом состоянии



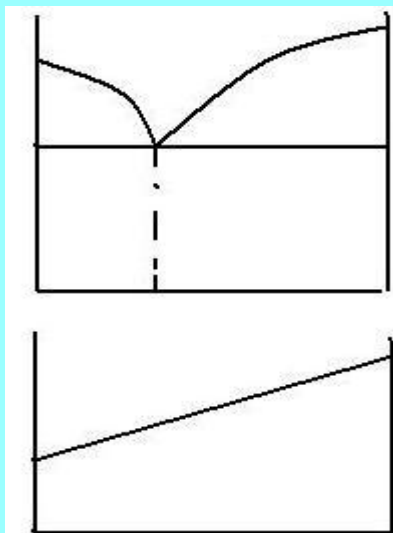
# Диаграмма состояния сплавов 4 типа, образующих химические соединения



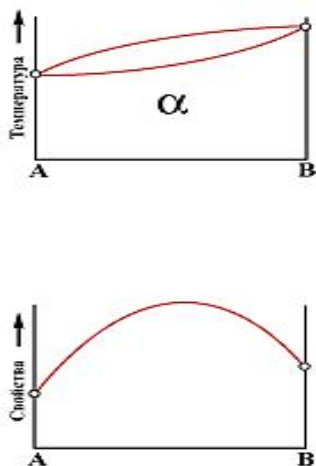
\*

# Связь между свойствами сплавов и типом диаграмм состояний

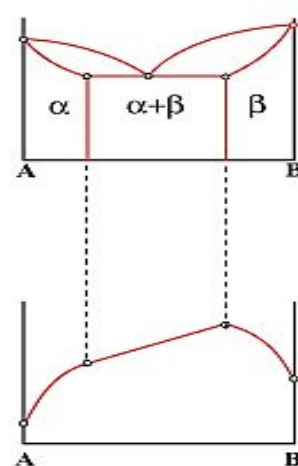
1 тип



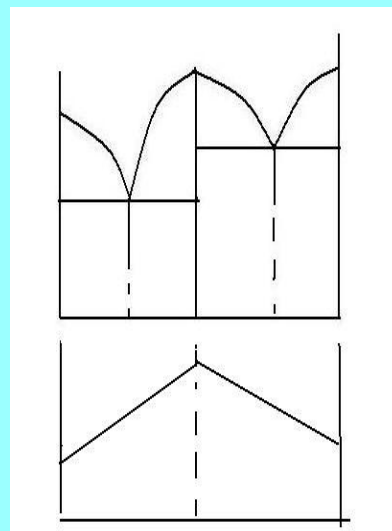
2 тип



3 тип



4 тип



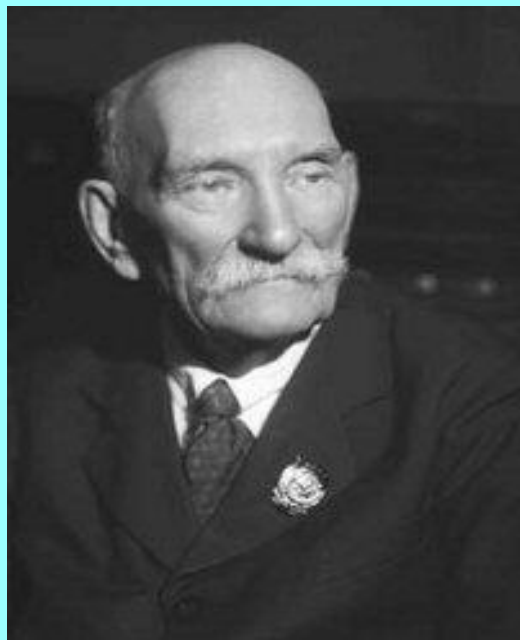
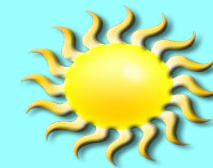
1 тип свойства меняются по линейному закону

2 тип свойства меняются по кривой линии

3 тип свойства меняются по линейному закону в двухфазной области и по кривой линии в области твердых растворов

4 тип свойства характеризуются наличием max при хим.соед.

# Историческая справка



**Курнаков  
Николай Семенович  
(1860 – 1941)**

- Выдающийся российский химик, основатель физико-химического анализа, создатель крупной научной школы в области общей и неорганической химии, крупный организатор науки, академик.
- разработал основные положения физико-химического анализа, **установил основные закономерности строения диаграмм «состав–свойство»**
- в 1941 он удостоен Государственной премии за научные работы по физической химии и за труд **«Введение в физико-химический анализ»**.