

# Диаграммы состояния двухкомпонентных систем типа «твердое тело – жидкость»

(диаграммы плавкости)

 ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ. ЛЕКЦИЯ 14.

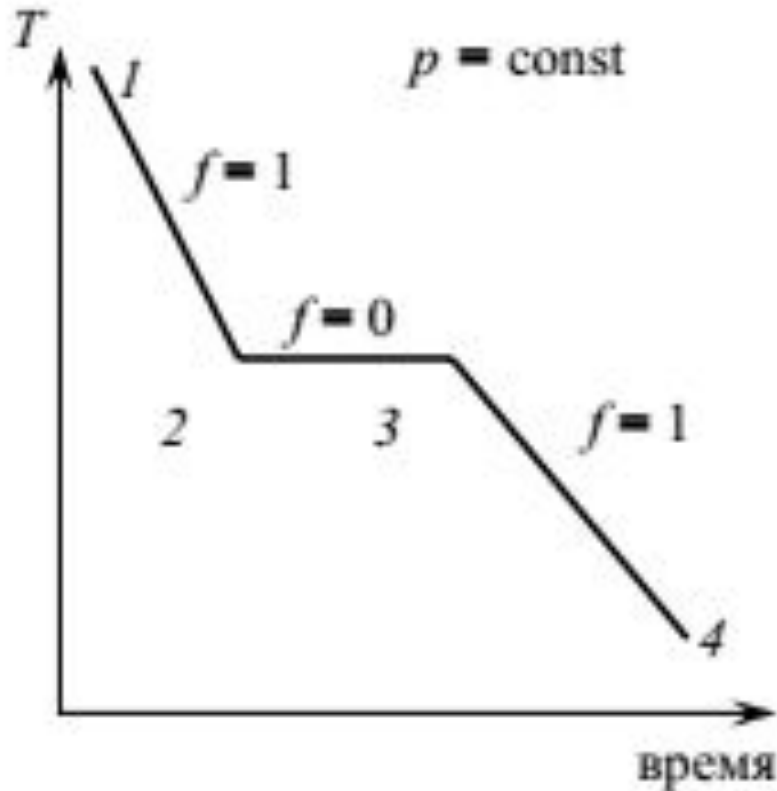
# Диаграммы плавкости – это зависимость температуры плавления от состава.

---

- При описании равновесий типа «твердое тело – жидкость» используют те же принципы, закономерности и правила, которые были применены выше при описании фазовых равновесий типа «жидкость – пар» и «жидкость – жидкость».
- Диаграммы плавкости реальных систем либо имеют такой же вид, либо могут быть представлены в виде комбинации основных диаграмм плавкости, рассмотренных ниже
- Диаграмму состояния равновесной системы, состоящей из жидкой и кристаллической (твердой) фаз, можно получить методами термического анализа, экспериментально изучая зависимость температуры системы от времени при медленном охлаждении этой системы. Такие графические зависимости называются **кривыми охлаждения**, на основании которых строят диаграммы плавкости, выражающие зависимость температур плавления смесей от их состава.

# Кривые охлаждения

( $p = \text{const}$ )



□ Кривая охлаждения  
чистого расплавленного  
вещества

- ] На участке 1–2 происходит охлаждение жидкости, здесь система однокомпонентна и однофазна:

$$f_{1-2} = k - \Phi + 1 = 1 - 1 + 1 = 1,$$

т. е. система моновариантна.

- ] На участке 2–3 происходит кристаллизация (затвердевание) жидкости (кристаллизация – экзотермический процесс:  $\Delta H_{\text{крист}} < 0$ ), температура при этом остается постоянной: система в данном случае двухфазна (жидкость и кристаллы) и нонвариантна:

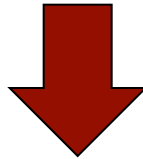
$$f_{2-3} = 1 - 2 + 1 = 0.$$

- Участок 3–4 соответствует охлаждению твердой (кристаллической) фазы. Система однофазна (фаза – кристаллы) и моновариантна:

$$f_{3-4} = 1 - 1 + 1 = 1.$$

Вид диаграмм определяется взаимной нерастворимостью компонентов в жидком и твердом состоянии

---



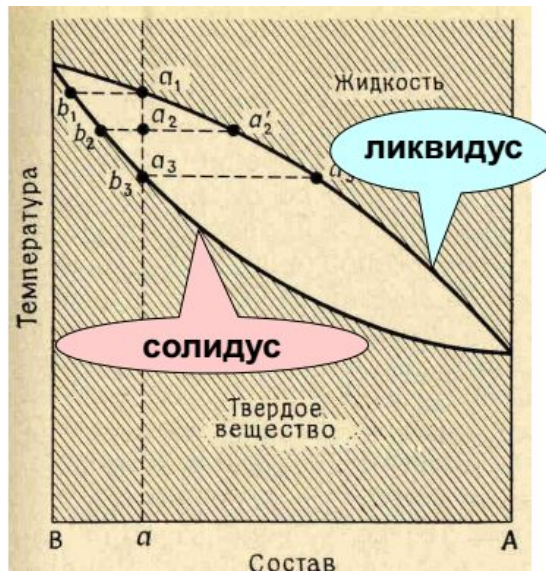
Все диаграммы плавкости можно разделить на 3 основные группы:

- I. Системы, компоненты которых в жидком и твердом состоянии неограниченно растворяются.
- II. Системы, компоненты которых в жидком состоянии неограниченно растворяются, в твердом состоянии – взаимно не растворяются;
- III. Системы, компоненты которых в жидком состоянии неограниченно растворяются, в твердом – ограниченно растворяются;

# I. Диаграмма плавкости двухкомпонентной системы с неограниченной взаимной растворимостью компонентов в твердом и жидком состояниях

(идеальный твердый и жидкий раствор)

- Такие системы образуют вещества, которые имеют одинаковый тип и близкие параметры кристаллической решетки: медь и никель (Cu – Ni), золото и серебро (Au – Ag), хлорид натрия и хлорид серебра (NaCl – AgCl) и др.
- Такие системы иногда называют *изоморфной смесью*



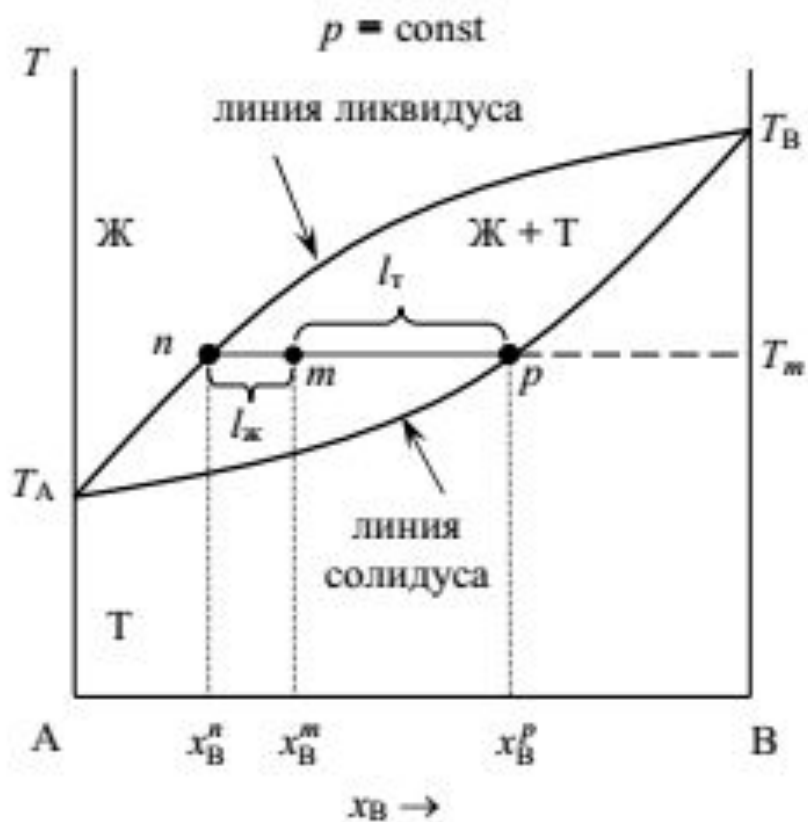
$$\mu_{A,ж}^* - \mu_{A,тв}^* = RT \ln \frac{x_{A,тв}}{x_{A,ж}}$$

$$\mu_{B,ж}^* - \mu_{B,тв}^* = RT \ln \frac{1 - x_{A,тв}}{1 - x_{A,ж}}$$

$$\mu_{A,ж}^* + RT \ln x_{A,ж} = \mu_{A,тв}^* + RT \ln x_{A,тв}$$

$$\mu_{B,ж}^* + RT \ln(1 - x_{A,ж}) = \mu_{B,тв}^* + RT \ln(1 - x_{A,тв})$$

$$\begin{cases} \frac{x_{A,тв}(T)}{x_{A,ж}(T)} = \exp\left(\frac{\Delta_{пл} G_A(T)}{RT}\right) \\ \frac{1 - x_{A,тв}(T)}{1 - x_{A,ж}(T)} = \exp\left(\frac{\Delta_{пл} G_B(T)}{RT}\right) \end{cases}$$



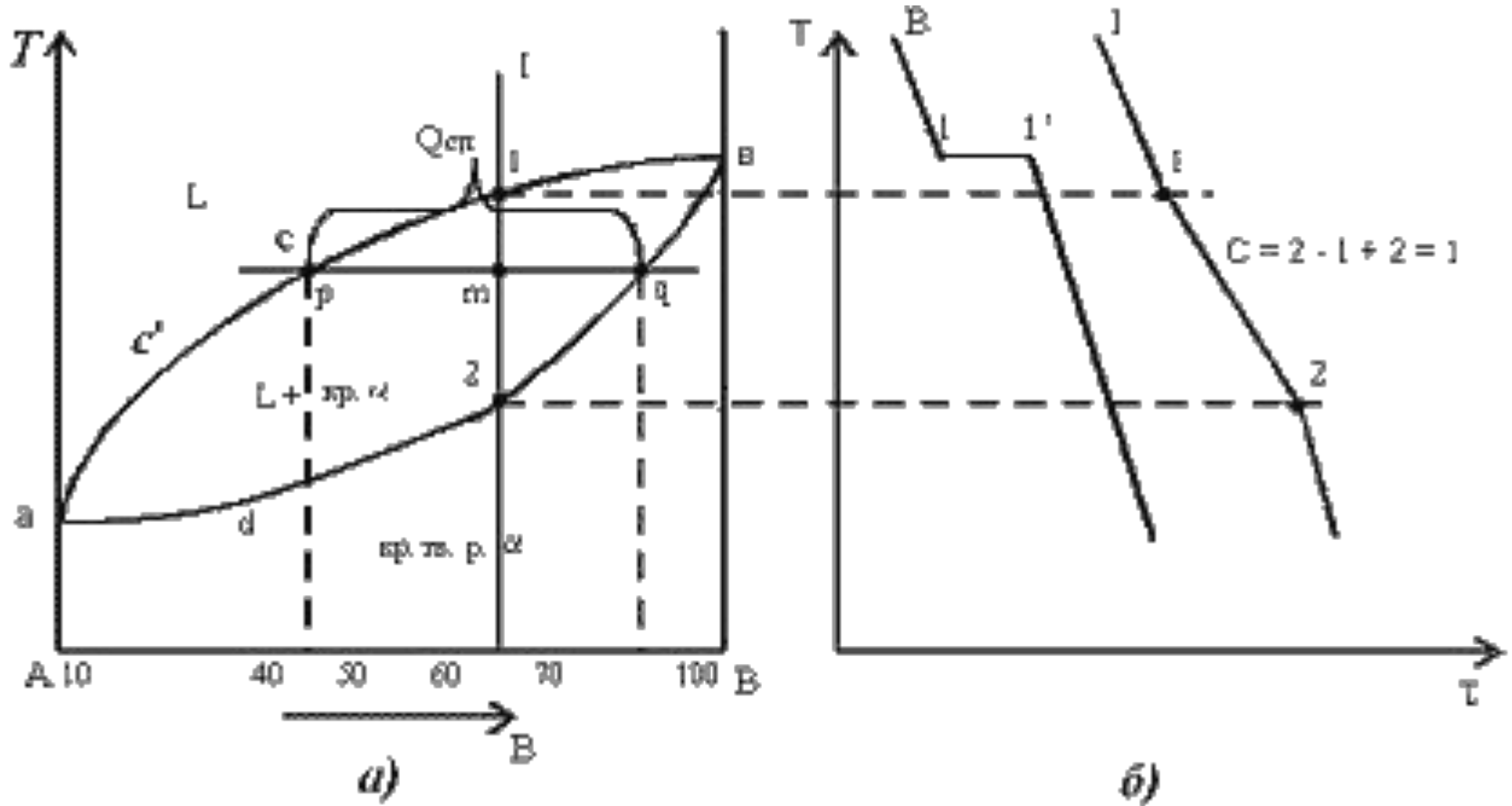
□ Твердое тело в данном случае представляет собой твердый раствор замещения, или изоморфную смесь веществ А и В в твердом состоянии.

- Верхняя линия на диаграмме называется **линией ликвидуса** (или просто **ликвидус**), она выражает зависимость температуры начала кристаллизации (затвердевания) от состава расплава.
- Нижняя линия – **линия солидуса** (или просто **солидус**), она выражает зависимость температуры окончания кристаллизации от состава расплава.
- **Выше линии ликвидуса** система находится в жидком, а **ниже линии солидуса** – в твердом состоянии.
- В области между линиями ликвидуса и солидуса система гетерогенна и состоит из двух фаз – твердого тела и жидкости (Т + Ж).

- 
- Температуры начала и окончания кристаллизации зависят от состава расплава, при этом состав выпадающих кристаллов не совпадает с составом жидкости (при температуре  $T_m$ ):  $x_B^n \neq x_B^p$
  - Для определения состава фаз, находящихся в равновесии в гетерогенной области диаграммы, проводят *коноды* (конода *ntr*), а для расчета количеств (масс) фаз, находящихся в равновесии, применяют правило рычага.
  - **Конода** – это линия на диаграмме состояния между двумя нодами, соответствующая постоянным внешним условиям (Т, Р) сосуществующих фаз, позволяющая определить состав каждой фазы и их количественное соотношение в сплаве.

□

# Анализ диаграммы





---

1. Количество компонентов:  $K = 2$  (компоненты А и В).

2. Число фаз:  $f = 2$  (жидкая фаза  $L$ , кристаллы твердого раствора )

3. Основные линии диаграммы:

$acb$  – линия ликвидус, выше этой линии сплавы находятся в жидком состоянии;

$adb$  – линия солидус, ниже этой линии сплавы находятся в твердом состоянии.

4. Характерные сплавы системы:

- чистые компоненты А и В кристаллизуются при постоянной температуре, кривая охлаждения компонента В представлена на рис. б.

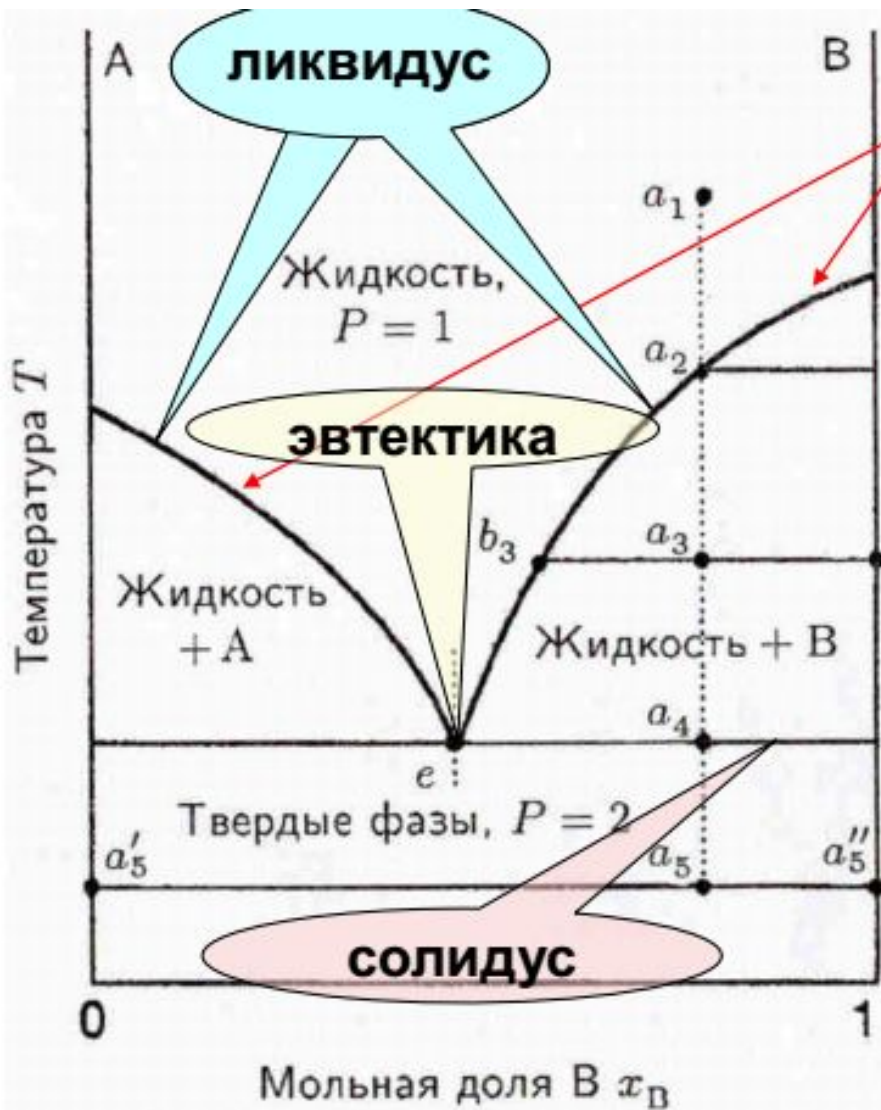
- остальные сплавы кристаллизуются аналогично сплаву I, кривая охлаждения которого представлена на рис. б.



# Диаграмма плавкости двухкомпонентной системы эвтектического типа

- Такие системы образуют вещества, сильно различающиеся по структуре либо по параметрам кристаллической структуры и вследствие этого **практически полностью нерастворимые друг в друге в твердом состоянии**: кадмий и висмут (Cd – Bi), алюминий и кремний (Al – Si) и др.
- Данная диаграмма состоит из четырех фазовых областей и двух фазовых линий – ликвидуса и солидуса.
- Солидус для данной системы проходит горизонтально и соответствует особому трехфазному равновесию, называемому *эвтектическим* (или просто *эвтектикой*).
- При *температуре эвтектики*  $T_E$  в равновесии находятся три фазы: две твердые ( $A_{T_E}$  и  $B_T$ ) и одна жидкая – *эвтектический расплав* ( $Ж_E$  в точке  $E$ ) состава  $x_B^E$ .
- Эвтектическое равновесие характеризуется следующими признаками:  
1) температура эвтектики  $T_A > T_B > T_E$ ,





## Уравнение Шредера

ТВ. В-ВО = насыщ. ид. р-р

$$\mu_{ТВ}^* = \mu_{ж}^* + RT \ln x_{ж}$$

$$\ln x_{ж} = - \frac{\Delta_{пл} G_T}{RT}$$

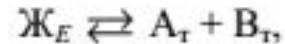
$$\left( \frac{\partial \ln x_{ж}}{\partial T} \right)_{p, \text{насыщ}} = \frac{\Delta_{пл} H_T}{RT^2}$$

1. Растворимость твердых веществ в жидкости увеличивается с ростом  $T$ .
2. Вещества с более высокой т.пл. менее растворимы.
3. Растворимость не зависит от природы растворителя.

2) эвтектический расплав имеет состав, промежуточный между составами чистых компонентов.

---

□ При температуре эвтектики в системе протекает так называемая эвтектическая реакция:



□ которая при охлаждении системы идет в прямом, а при нагреве – в обратном направлении. Т.е. при кристаллизации эвтектической смеси компонентов А и В происходит одновременное выпадение кристаллов компонентов А и В ( $A_T + B_T$ ).

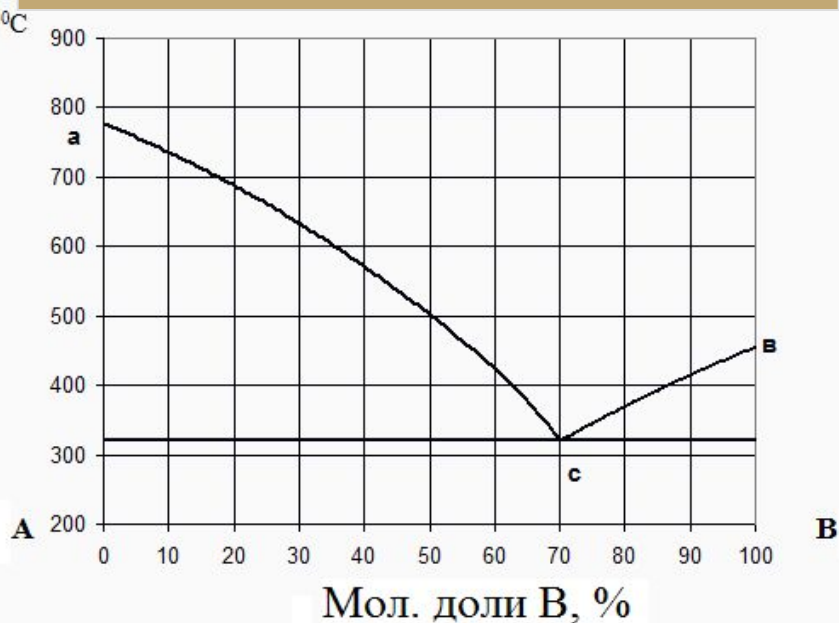
□ Эвтектическое равновесие является инвариантным:

$$f_E = k - \Phi + 1 = 2 - 3 + 1 = 0, \text{ т. е.}$$

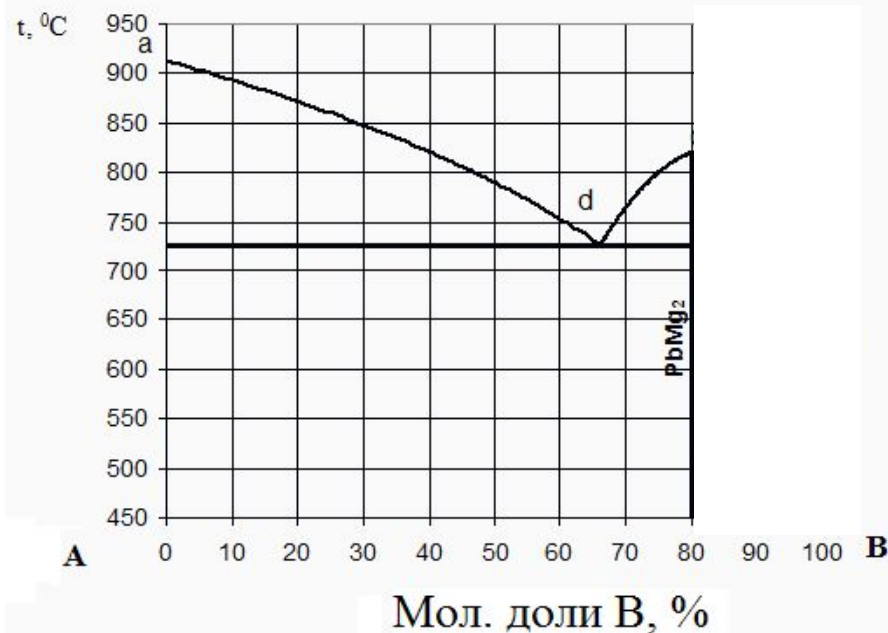
его температура (при заданном давлении) однозначно задается природой системы (природой образующих систему компонентов)

Системы, компоненты которых в жидком состоянии  
неограниченно растворяются, в твердом состоянии —  
взаимно не растворяются

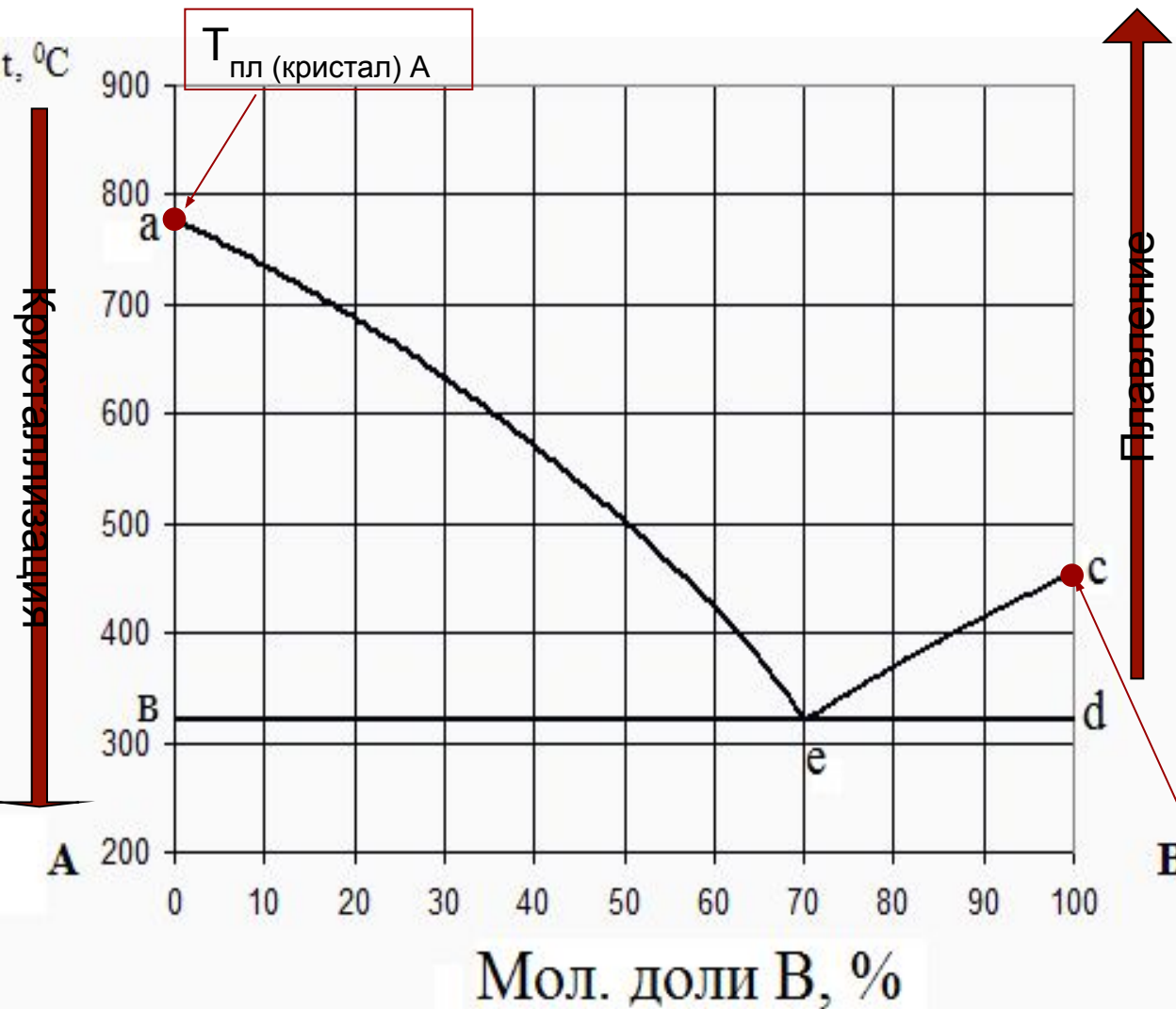
1.1. Системы, компоненты которых не образуют химических соединений (системы с простой эвтектикой)



1.2. Системы, компоненты которых образуют химические соединения



# 1) Диаграммы плавкости систем, компоненты которых не образуют химических соединений



Линия **ved**  
(линия **солидуса**) –

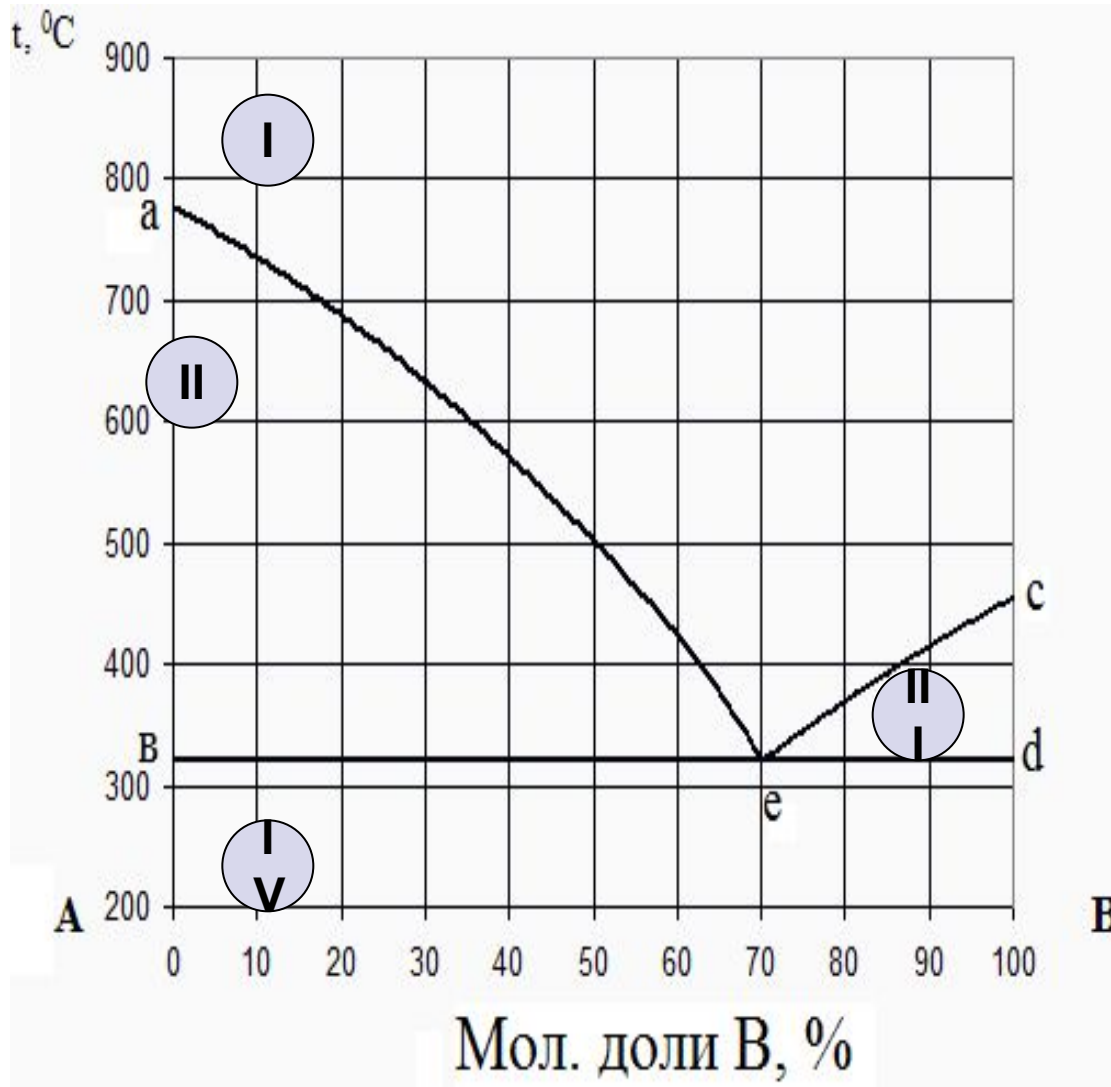
показывает зависимость температуры конца кристаллизации жидкой смеси от ее состава

Линия **aec**  
(линия **ликвидуса**) –

показывает зависимость температуры начала кристаллизации жидкой смеси от ее состава

$T_{\text{пл}} (\text{кристал}) \text{ B}$

## Число степеней свободы:



Область I.

Расплав (раствор)

$$\Phi = 1 \Rightarrow f = 2 - 1 + 1 = 2$$

Область II.

Расплав (раствор) и кр. А

$$\Phi = 2 \Rightarrow f = 2 - 2 + 1 = 1$$

Область III.

Расплав (раствор) и кр. В

$$\Phi = 2 \Rightarrow f = 2 - 2 + 1 = 1$$

Область IV.

Кр. А и кр. В

$$\Phi = 2 \Rightarrow f = 2 - 2 + 1 = 1$$

*т. а:*  $\kappa = 1$  (чистый компонент А),

$\Phi = 2$  (кр. А и расплав),

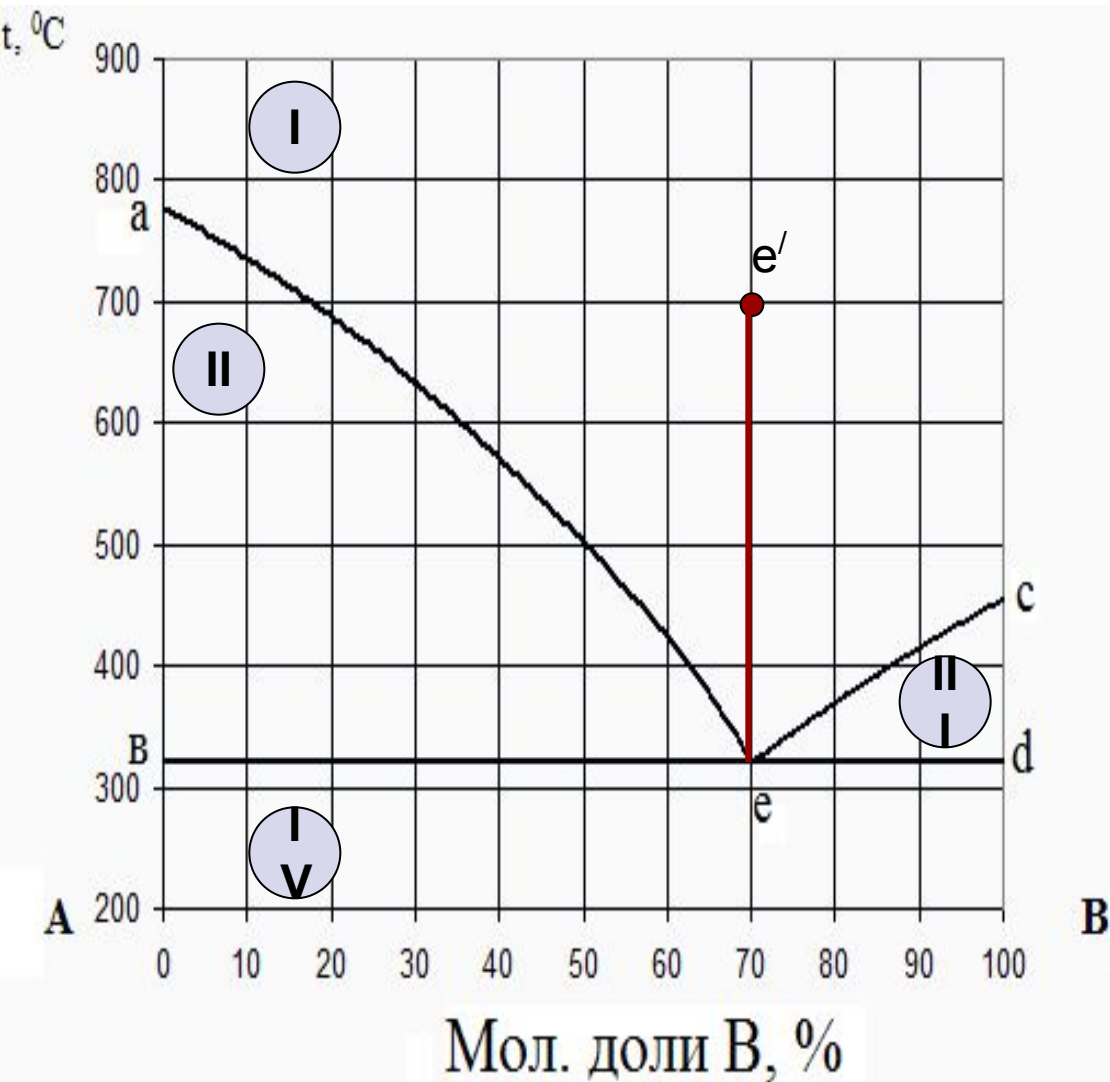
$$n = 1 \Rightarrow f = 1 - 2 + 1 = 0$$

*т. с:*  $\kappa = 1$  (чистый компонент В),

$\Phi = 2$  (кр. В и расплав),

$$n = 1 \Rightarrow f = 1 - 2 + 1 = 0$$





**$T. e$**  – эвтектическая точка.

**$t. e'$**  - **эвтектический**  
расплав

При охлаждении  
эвтектического  
расплава выпадает смесь  
кр. А и кр. В, которую называют  
**эвтектической смесью** или  
**эвтектикой**.

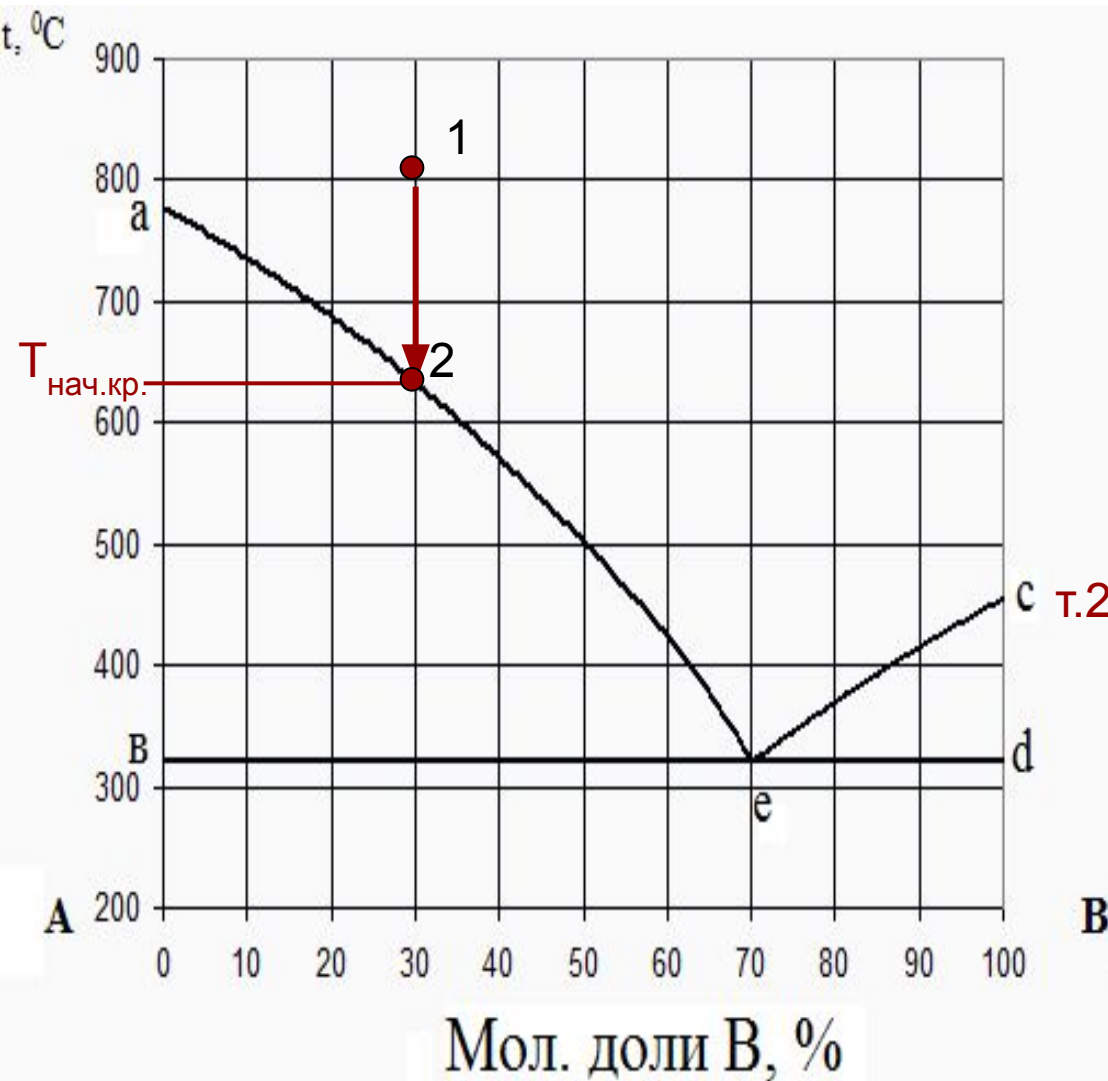
После кристаллизации в  **$t. e$** :  
 $\kappa = 2$  (А и В),  
 $\Phi = 3$  (кр. А, кр. В и расплав),  
 $n = 1$

$$f = 2 - 3 + 1 = 0$$



# ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ДИАГРАММ ПЛАВКОСТИ

1). Определить температуру начала кристаллизации расплава ( $T_{\text{нач.кр.}}$ )



т.1. – заданный состав расплава

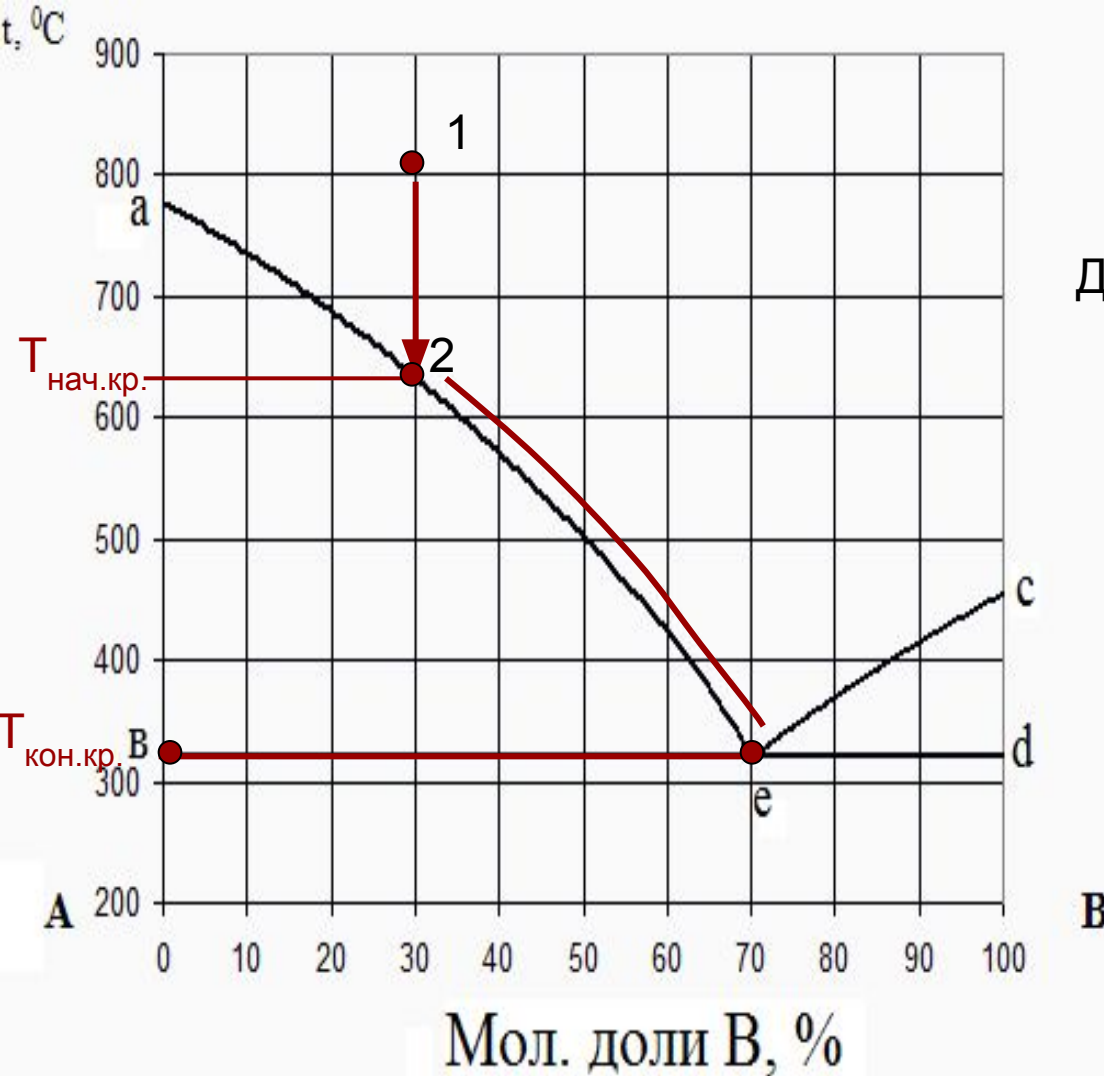
$$\chi(\text{A}) = 70\%, \chi(\text{B}) = 30\%,$$

т.2. – начинается кристаллизация, т.е. из расплава выпадают первые кристаллы

$$T_{\text{нач.кр.}} = 640^\circ\text{C}$$

# ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ДИАГРАММ ПЛАВКОСТИ

1). Определить температуру начала кристаллизации расплава ( $T_{\text{нач.кр.}}$ )

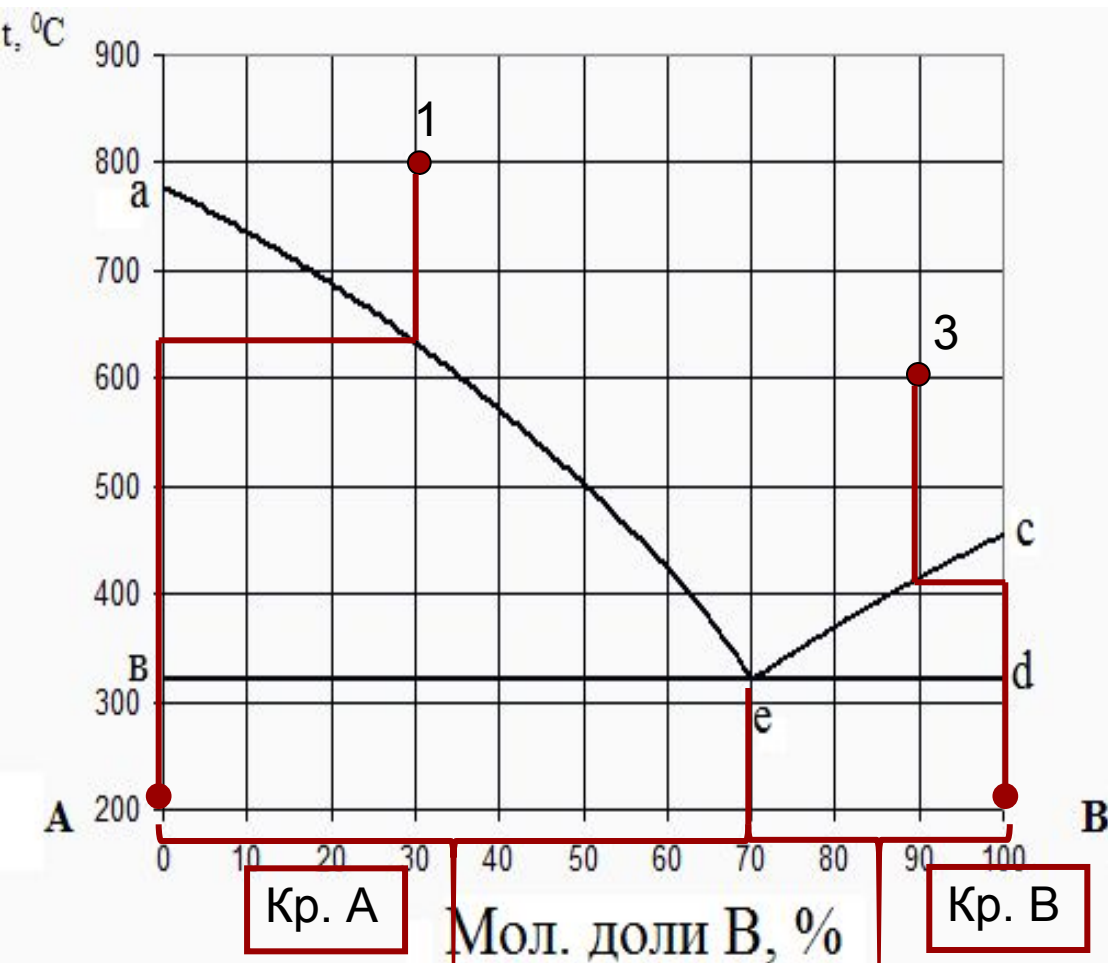


Далее кристаллизация идет по линии ликвидуса до пересечения с **т. е** (эвтектикой):

$$T_{\text{кон.кр.}} = 320^\circ\text{C}$$

### 3). Какие кристаллы будут выпадать при кристаллизации расплава первыми? Каков их состав?

При охлаждении расплава кристаллизуются чистые компоненты А и В. Какие именно кристаллы будут выпадать первыми зависит от исходного состава расплава.



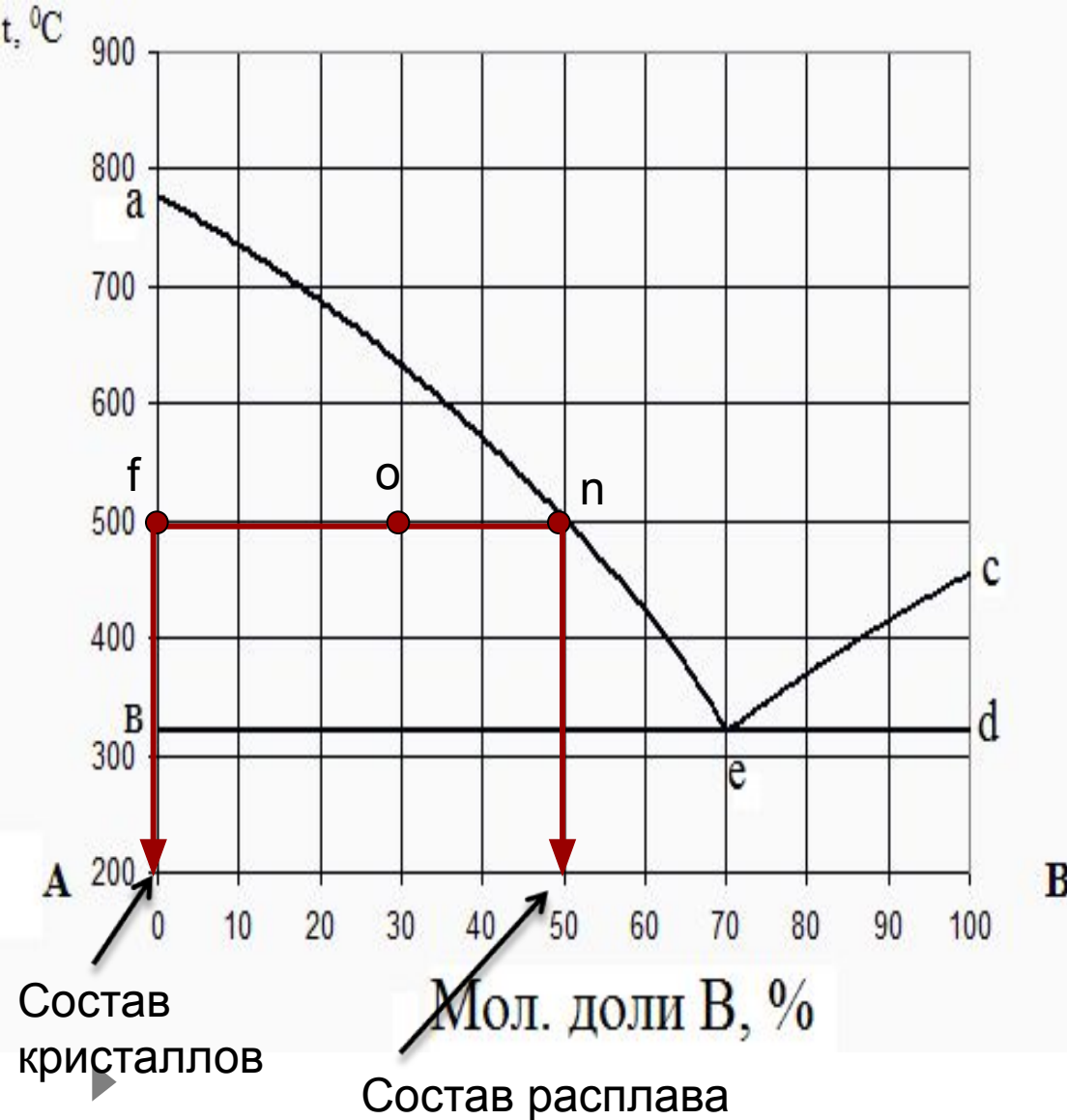
Состав кристаллов:

***m. 1:*** первыми выпадают кристаллы А  
 $\omega_A = 100\%$

***m. 3:*** первыми выпадают кристаллы В  
 $\omega_B = 100\%$

Выпадают из расплава первыми

4). Определить количество и состав равновесных фаз для *t. o.*



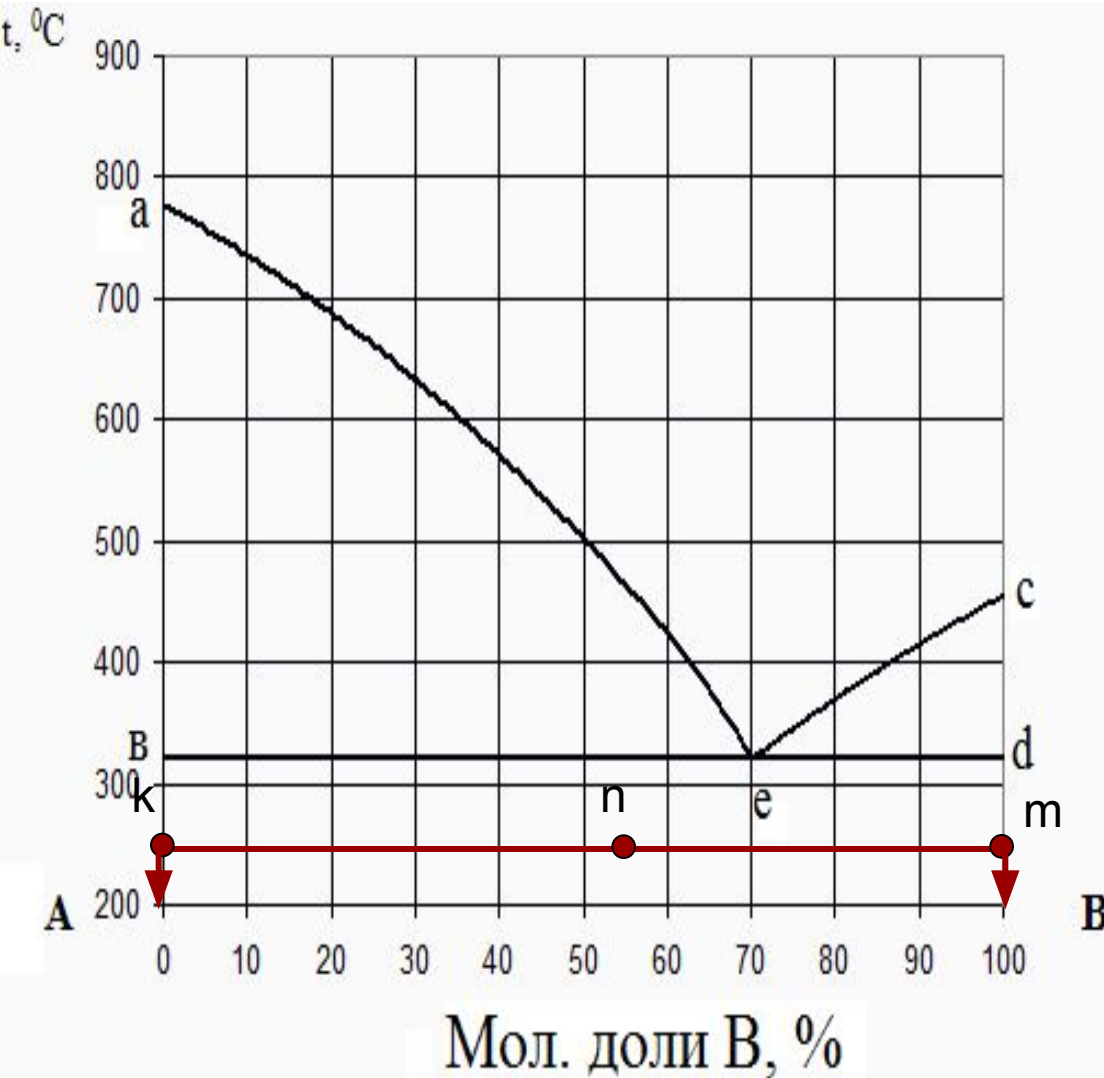
Для *t. o.*:  $\phi = 2$   
(расплав и кристаллы)

Состав равновесных фаз:

Состав расплава:  
 $\omega_B = 50\%$ ,  $\omega_A = 50\%$

Состав кристаллов:  
 $\omega_A = 100\%$

5). Определить количество и состав равновесных фаз для *t. n*



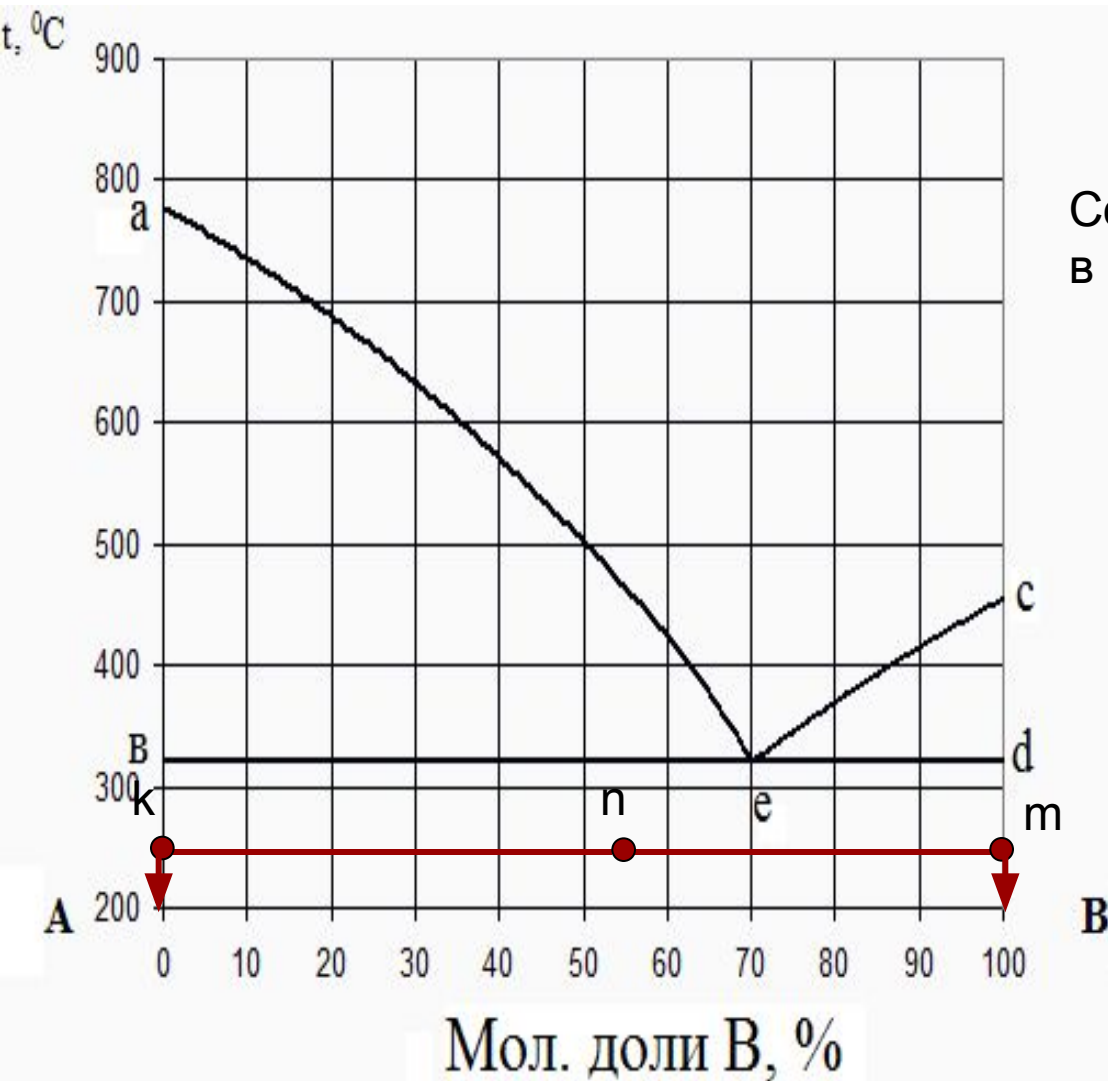
Для *t. n*:  $\phi = 2$   
(кристаллы А и кристаллы В)

Состав равновесных фаз:

Состав кристаллов А:  
 $\omega_B = 0\%$ ,  $\omega_A = 100\%$

Состав кристаллов В:  
 $\omega_A = 0\%$ ,  $\omega_B = 100\%$

**6). Определить массы равновесных фаз для  $t, n$**



**$t, k$** : состав  $A_{\text{кр}}$   
 **$t, m$** : состав  $B_{\text{кр}}$

Состав на диаграмме выражен в мольных долях, поэтому:

По правилу рычага:

$$\frac{V_{\text{кр.}A}}{V_{\text{кр.}B}} = \frac{nm}{kn}$$

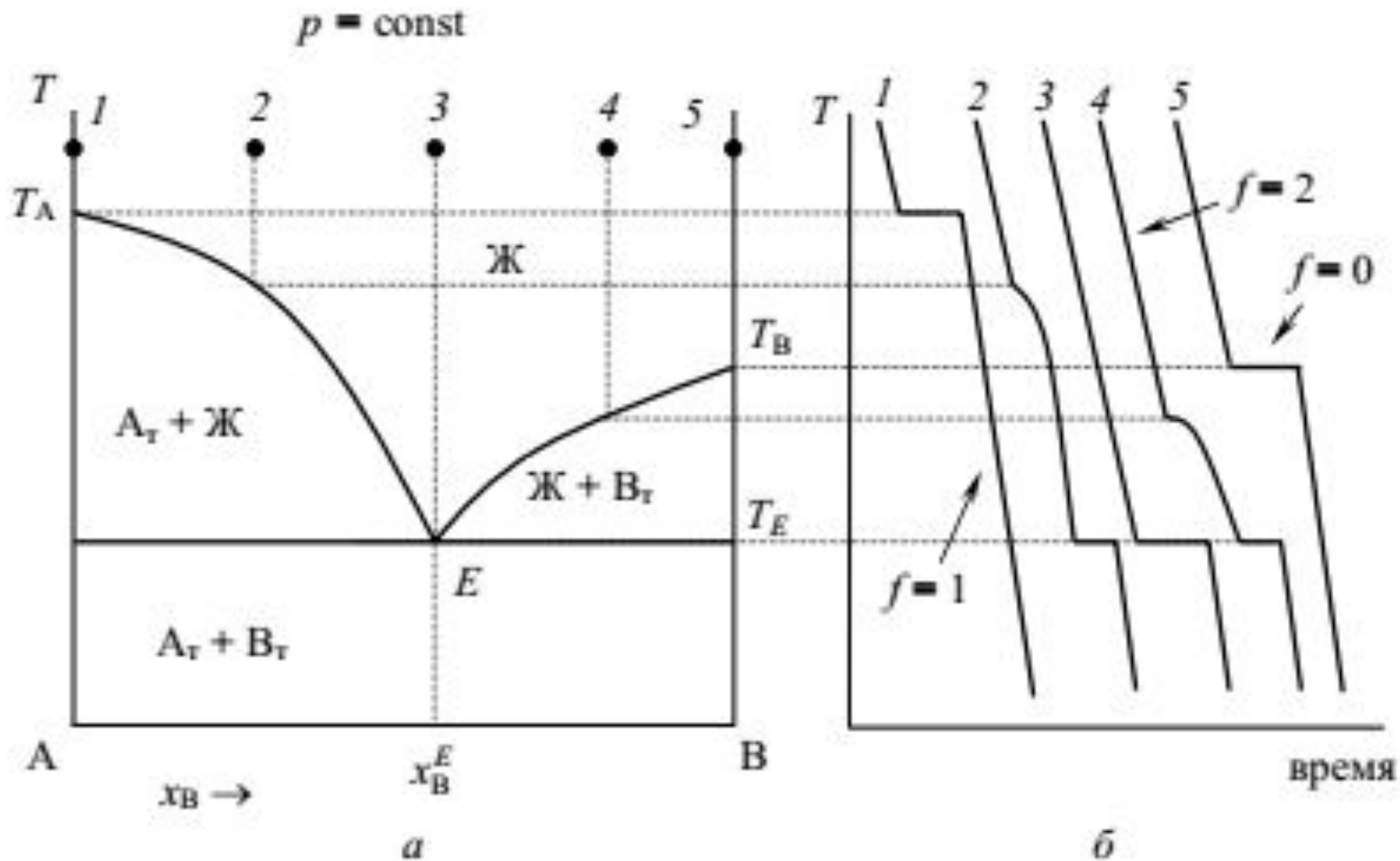


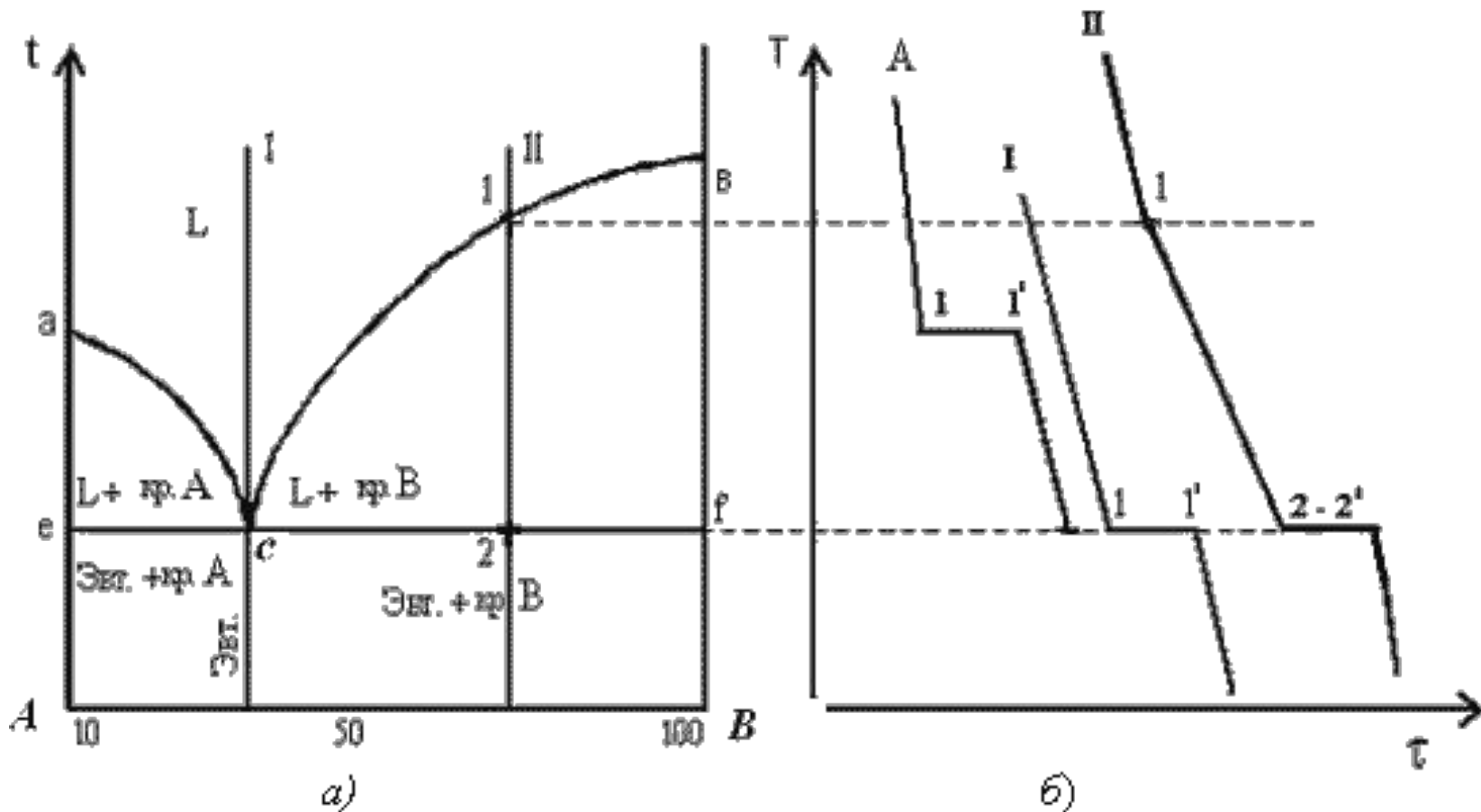
диаграмма плавкости ( $p = \text{const}$ ) двухкомпонентной системы с простой эвтектикой (а) и кривые охлаждения в системе А – В (б)

## Анализ диаграммы состояния

- Особенностью диаграммы плавкости систем эвтектического типа является то, что кривая охлаждения смеси состава 3 (смесь эвтектического состава) такая же, как и для чистых компонентов А (кривая 1) и В (кривая 5).
- При кристаллизации этой смеси происходит *одновременное* выпадение кристаллов А и В.
- При кристаллизации смеси неэвтектического состава (точки 2 и 4) вначале выпадают кристаллы только того компонента, которого в данной смеси больше по сравнению с эвтектическим составом (в точках 2 и 4 – кристаллы А и В соответственно). При этом жидкость постепенно обогащается другим компонентом, а ее состав приближается к эвтектическому.
- Температура кристаллизации остающейся жидкости с изменением ее состава понижается. Когда температура достигнет эвтектической ( $T_E$ ), образуется эвтектический расплав, и в системе начинает протекать эвтектическая реакция (при охлаждении она протекает слева направо!).



- Диаграмма состояния сплавов с отсутствием растворимости компонентов в твердом состоянии (а) и кривые охлаждения сплавов (б)



## Анализ диаграммы состояния

---

1. Количество компонентов:  $K = 2$  (компоненты А и В);
2. Число фаз:  $f = 3$  (кристаллы компонента А, кристаллы компонента В, жидкая фаза).
3. Основные линии диаграммы:
  - · линия ликвидус **acb**, состоит из двух ветвей, сходящихся в одной точке;
  - · линия солидус **ecf**, параллельна оси концентраций стремится к осям компонентов, но не достигает их



# Диаграмма плавкости ( $p = \text{const}$ ) двухкомпонентной системы с ограниченной взаимной растворимостью компонентов друг в друге в твердом состоянии эвтектического типа

---

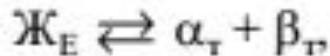
- На практике образующие систему компоненты, как правило, ограниченно растворимы друг в друге в твердом состоянии (хотя ширина области гомогенности может быть очень мала и в этом случае незаметна на фазовой диаграмме).
- Диаграмма состояния систем такого типа отличается от диаграммы состояния системы с простой эвтектикой только тем, что на ней появляются две дополнительные фазовые области:  $\alpha_T$  и  $\beta_T$  – области существования твердых растворов замещения на основе компонентов А и В соответственно; а также сложным видом линии солидуса, средняя часть которой совпадает с линией твердофазного эвтектического равновесия.

- В области под горизонтальной частью солидуса в равновесии находятся две твердые фазы – твердые растворы  $\alpha_T$  и  $\beta_T$ .
- Эвтектический расплав в этой системе образуется также при температуре  $T_E$  и имеет состав  $x_B^E$ .
- При этом

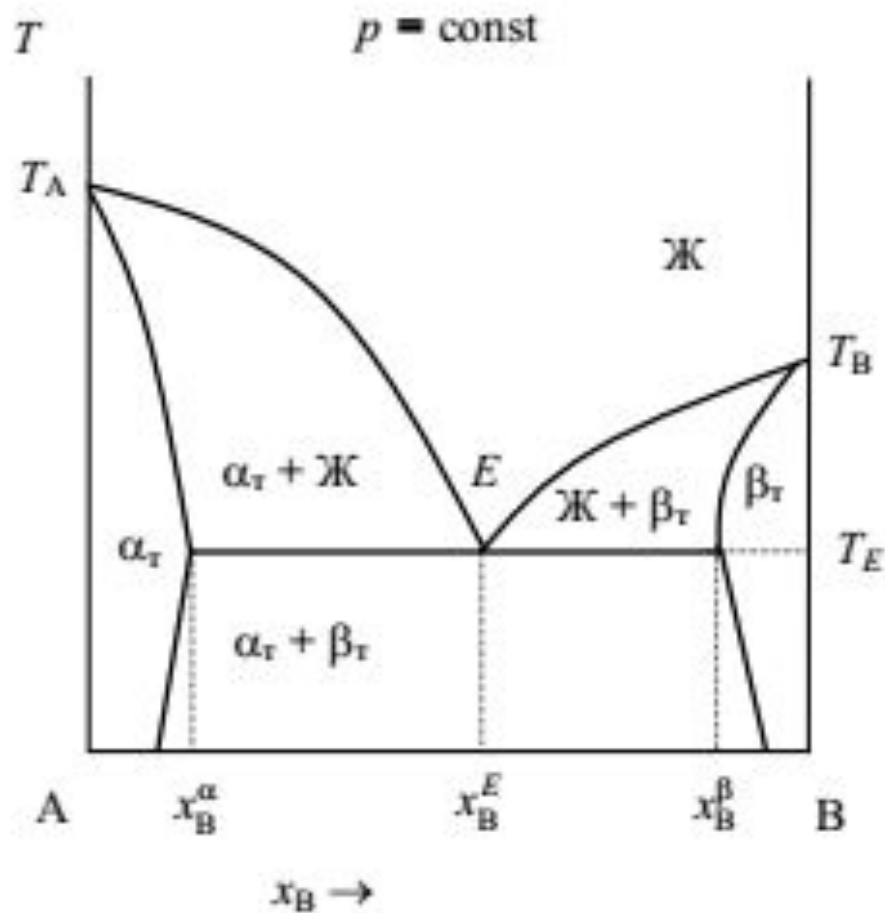
$$T_A > T_B > T_E, x_B^\alpha < x_B^E < x_B^\beta,$$

т. е. состав эвтектического расплава является промежуточным между составами твердых растворов  $\alpha_T$  и  $\beta_T$ , находящихся с ним в равновесии при эвтектической температуре  $T_E$ .

При температуре эвтектики в данной системе протекает эвтектическая реакция



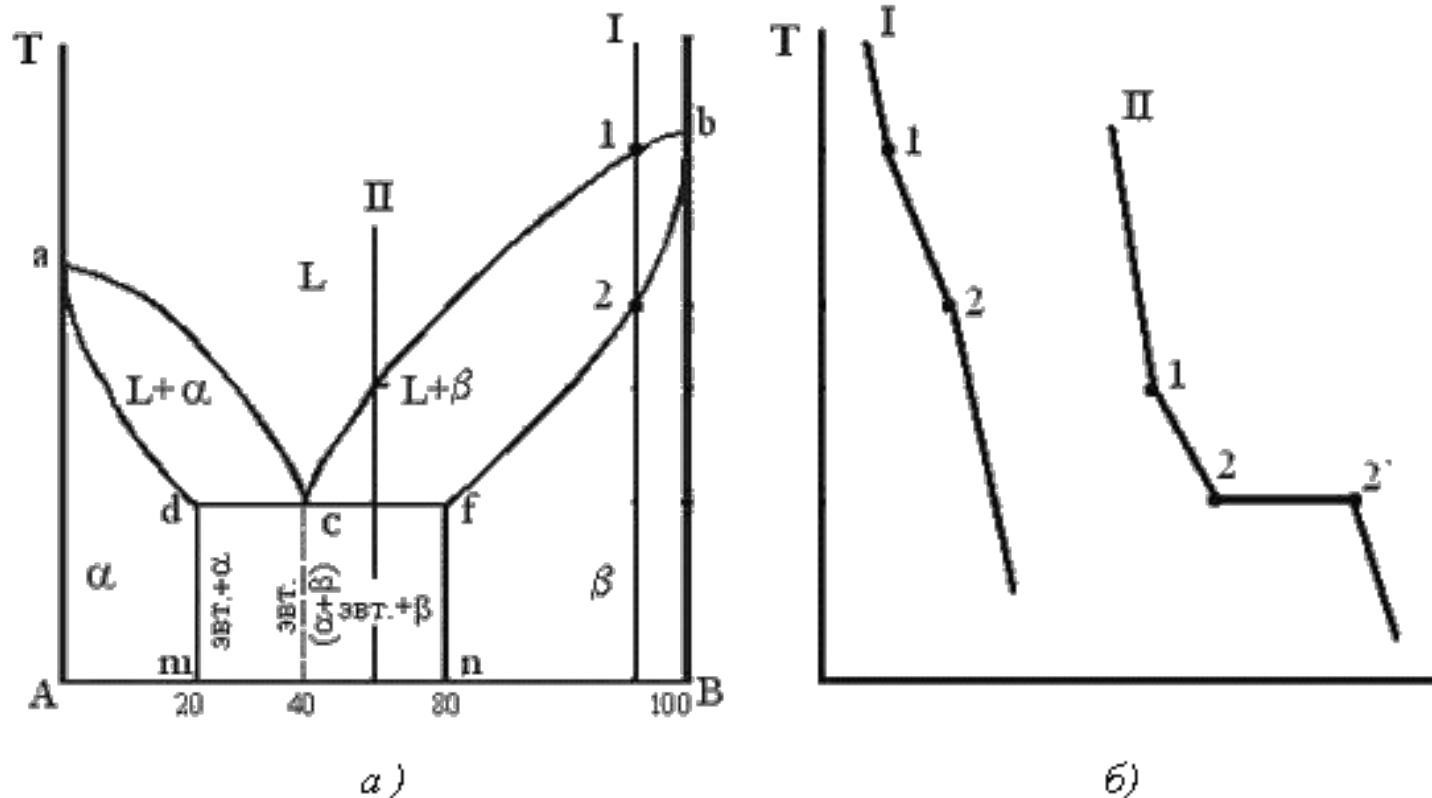
которая при охлаждении системы идет в прямом, а при нагреве – в обратном направлении.



- Диаграмма плавкости ( $p = \text{const}$ ) двухкомпонентной системы с ограниченной взаимной растворимостью компонентов друг в друге в твердом состоянии эвтектического типа

# Анализ диаграммы и кривых охлаждения

- Диаграмма состояния сплавов с ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии (а) и кривые охлаждения типичных сплавов (б)



## Анализ диаграммы состояния:

---

Диаграмма состояния и кривые охлаждения типичных сплавов системы представлены на рис.

1. Количество компонентов:  $K = 2$  (компоненты А и В);
2. Число фаз:  $f = 3$  (жидкая фаза и кристаллы твердых растворов (раствор компонента В в компоненте А) и (раствор компонента А в компоненте В));
3. Основные линии диаграммы:
  - · линия ликвидус *acb*, состоит из двух ветвей, сходящихся в одной точке;
  - · линия солидус *adcfb*, состоит из трех участков;
  - · *dm* – линия предельной концентрации компонента В в компоненте А;
  - · *fn* – линия предельной концентрации компонента А в компоненте В.



# Диаграмма плавкости двухкомпонентной системы перитектического типа

---

- Другим видом трехфазного равновесия, наблюдаемого в двухкомпонентных системах, *компоненты которых неограниченно растворимы друг в друге в жидком и ограничено – в твердом состоянии*, является так называемое *перитектическое равновесие* (или *перитектика*)



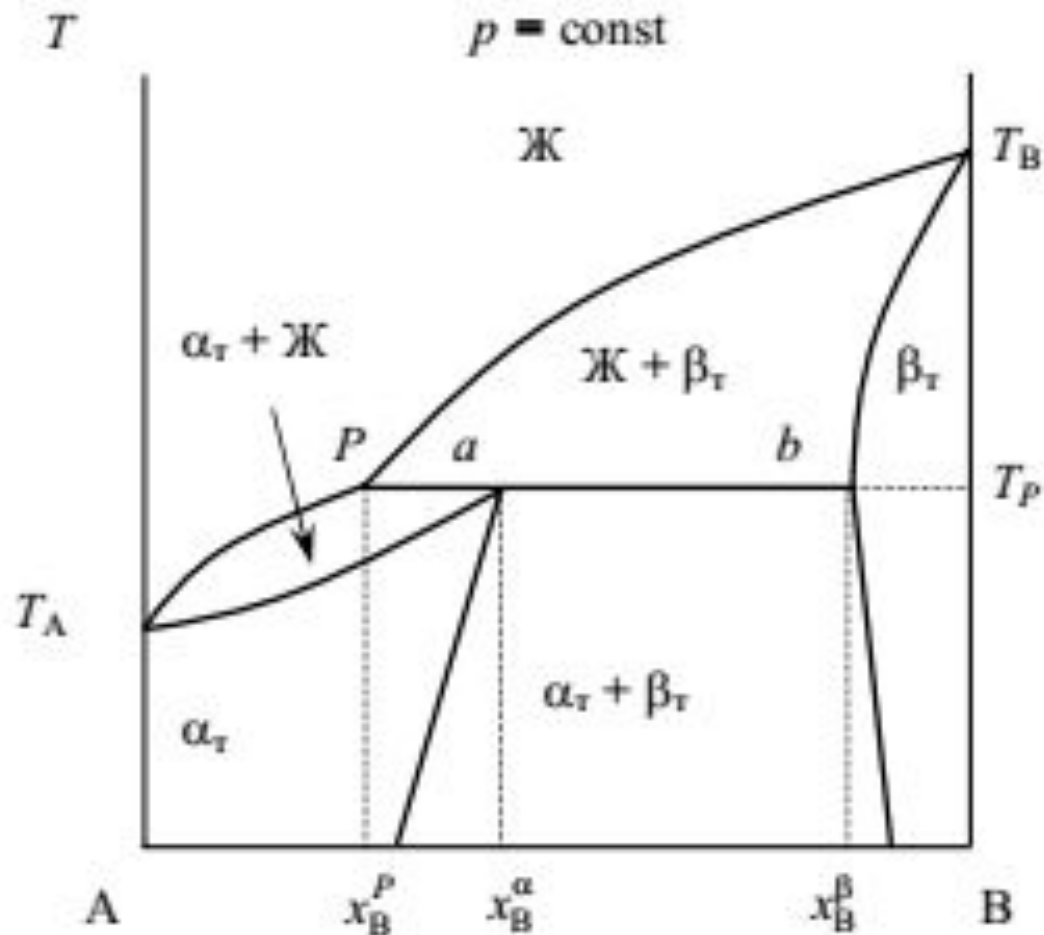
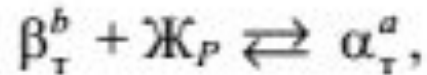


Диаграмма плавкости ( $p = \text{const}$ ) двухкомпонентной системы с ограниченной взаимной растворимостью компонентов друг в друге в твердом состоянии перитектического типа

- 
- В данном случае, как и при эвтектическом равновесии, в системе в равновесии находятся две твердые фазы и одна жидкая (расплав), однако при этом температура трехфазного (перитектического) равновесия является промежуточной между температурами плавления чистых компонентов А и В, а перитектический расплав (ЖР в точке Р) обогащен одним из компонентов (и обеднен другим) по сравнению с обеими твердыми фазами, находящимися с ним в равновесии при перитектической температуре  $T_P$

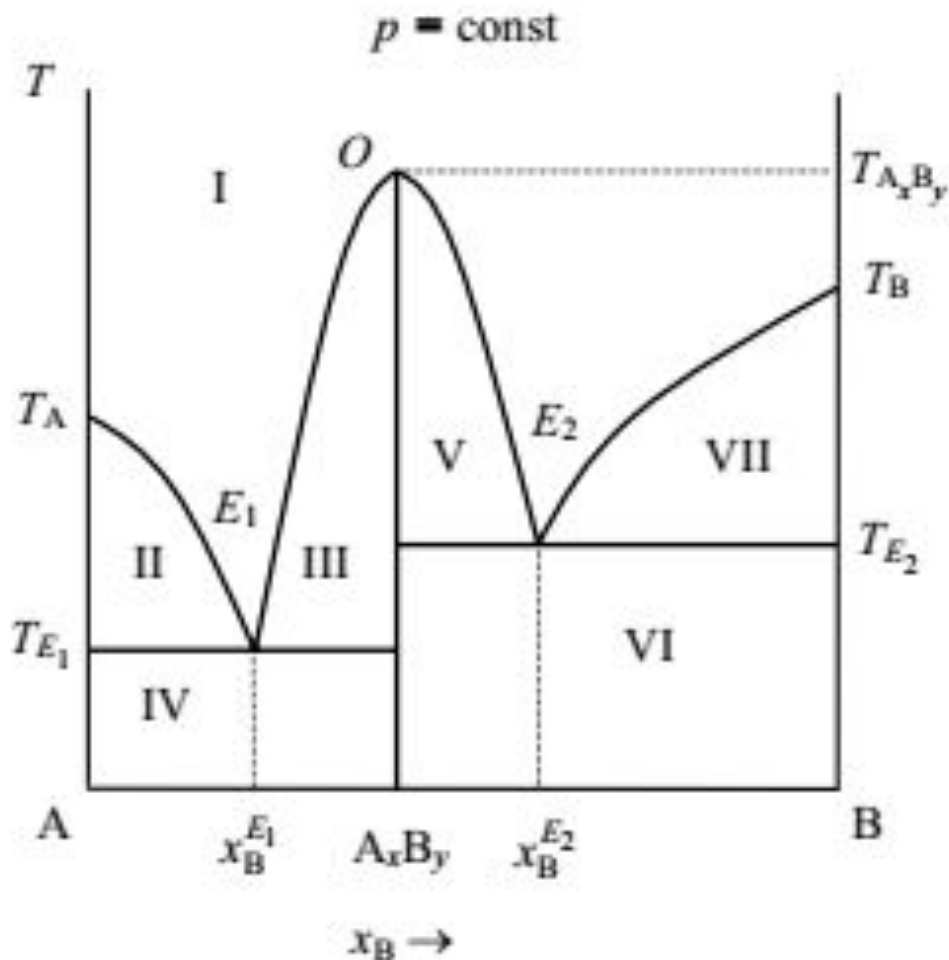
$$T_B > T_P > T_A, x_B^\beta > x_B^\alpha > x_B^P.$$

- При температуре перитектики  $T_P$  в системе протекает так называемая **перитектическая реакция**:
- 



- которая идет слева направо при охлаждении и справа налево при нагреве.
- Иначе говоря, *в ходе перитектической реакции при охлаждении одна твердая фаза ( $\beta_T^b$  состава  $x_B^{\beta}$ ) взаимодействует с жидкостью (перитектическим расплавом  $Ж_P$  состава  $x_B^P$ ) с образованием другой твердой фазы ( $\alpha_T^a$  состава  $x_B^{\alpha}$ ), а при нагревании происходит распад твердой фазы  $\alpha_T^a$  на перитектический расплав состава  $x_B^P$  и другую твердую фазу  $\beta_T^b$ .*
- В этом отличие перитектической реакции от эвтектической, в ходе которой эвтектический расплав образуется из двух твердых фаз при их нагревании, и наоборот, при охлаждении из эвтектического расплава кристаллизуются одновременно две твердые фазы.

# Диаграмма плавкости двухкомпонентной системы с образованием конгруэнтно плавящегося химического соединения

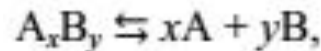


Области:

- I – Ж;
- II –  $A_T + Ж$ ;
- III –  $Ж + A_xB_{y,T}$ ;
- IV –  $A_T + A_xB_{y,T}$ ;
- V –  $A_xB_{y,T} + Ж$ ;
- VI –  $A_xB_{y,T} + B_T$ ;
- VII –  $Ж + B_T$

- 
- Диаграмма плавкости системы, состоящей из двух компонентов А и В, образующих химическое соединение  $A_xB_y$ , не способное образовывать твердые растворы с этими компонентами.
  - Соединение  $A_xB_y$  плавится *конгруэнтно*, т. е. *без разложения в твердом состоянии*, и состав расплава совпадает с составом твердого химического соединения  $A_xB_y$ .
  - Кривая охлаждения этого химического соединения имеет вид, аналогичный кривой охлаждения чистого вещества .
  - Диаграмма состоит из семи фазовых областей  
I – Ж; II –  $A_T + Ж$ ; III –  $Ж + A_xB_{y,T}$ ;  
IV –  $A_T + A_xB_{y,T}$ ; V –  $A_xB_{y,T} + Ж$ ;  
VI –  $A_xB_{y,T} + B_T$ ; VII –  $Ж + B_T$

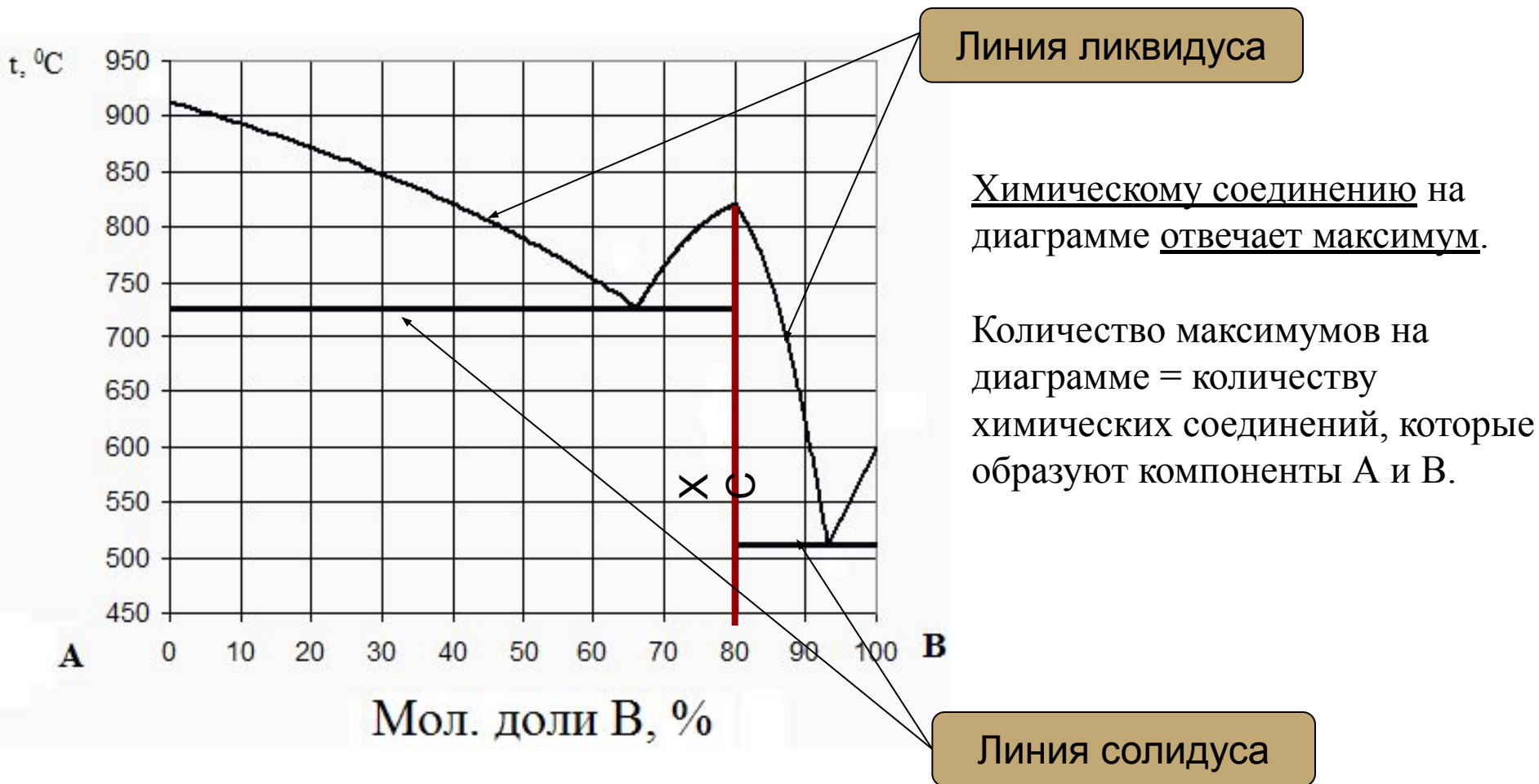
- В системе наблюдается два эвтектических равновесия при  $T_{E1}$  и  $T_{E2}$  с эвтектическими расплавами состава  $x_B^{E_1}$  и  $x_B^{E_2}$  соответственно.
- Как видно, эту систему можно рассматривать как сочетание двух диаграмм плавкости систем с простой эвтектикой (т. е. системы А –  $A_xB_y$  и  $A_xB_y$  - В)
- Фигуративная точка О характеризует температуру плавления (кристаллизации) химического соединения  $A_xB_y$ .
- Если химическое соединение при температуре плавления частично диссоциирует в жидком состоянии по схеме



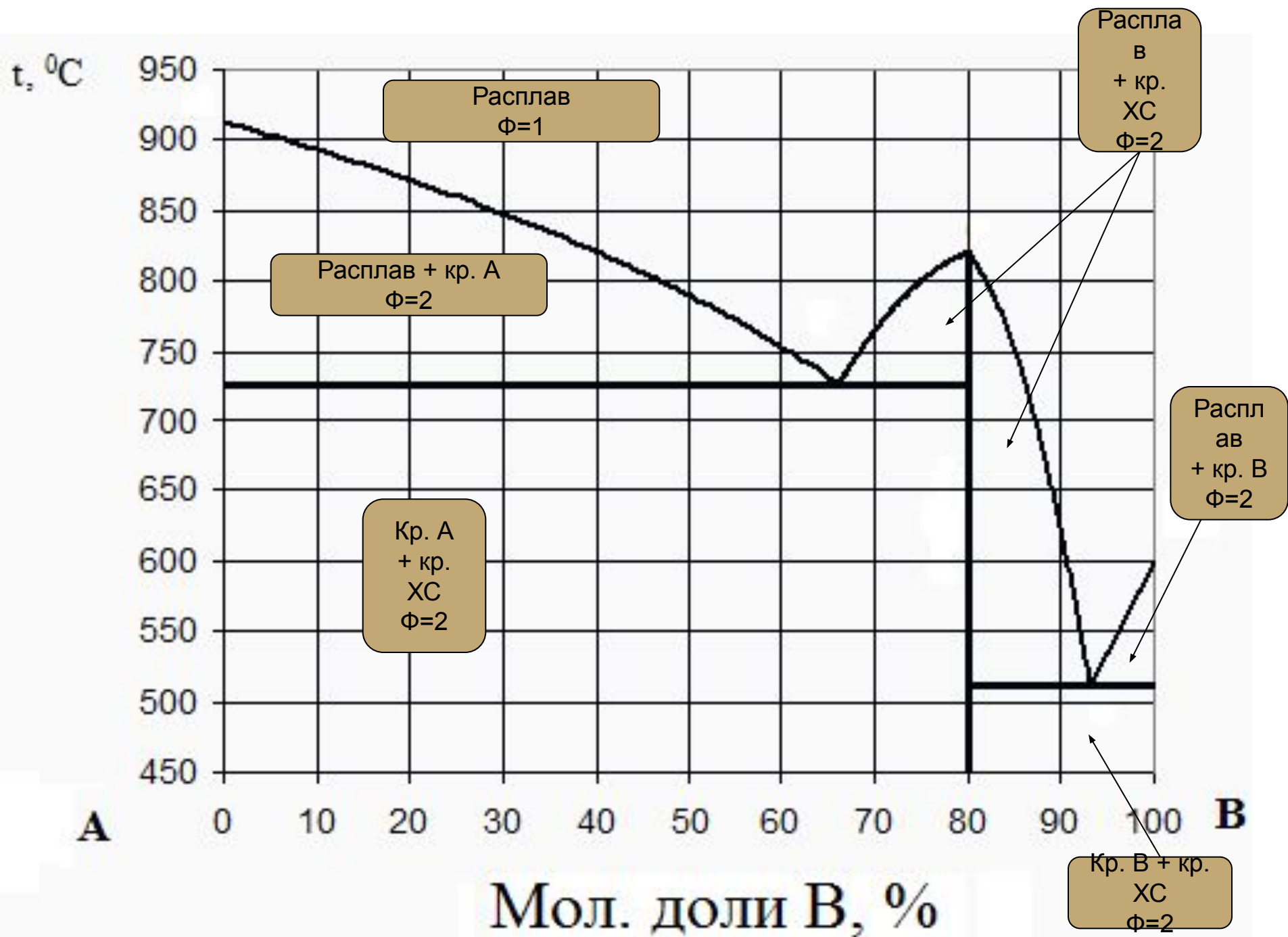
то кривая  $E_1OE_2$  становится более полой в окрестностях точки О, причем чем больше степень диссоциации, тем более пологим будет максимум (и наоборот, чем менее диссоциировано химическое соединение  $A_xB_y$  в расплаве, тем более острым будет максимум).

- 
- Само химическое соединение  $A_xB_y$  обозначается на диаграмме вертикальной линией.
  - В системе может образовываться не одно, а несколько конгруэнтно плавящихся химических соединений, тогда каждому такому соединению на диаграмме состояния будет соответствовать свой максимум.

# Пример. Анализ диаграммы плавкости систем, компоненты которых образуют химические соединения



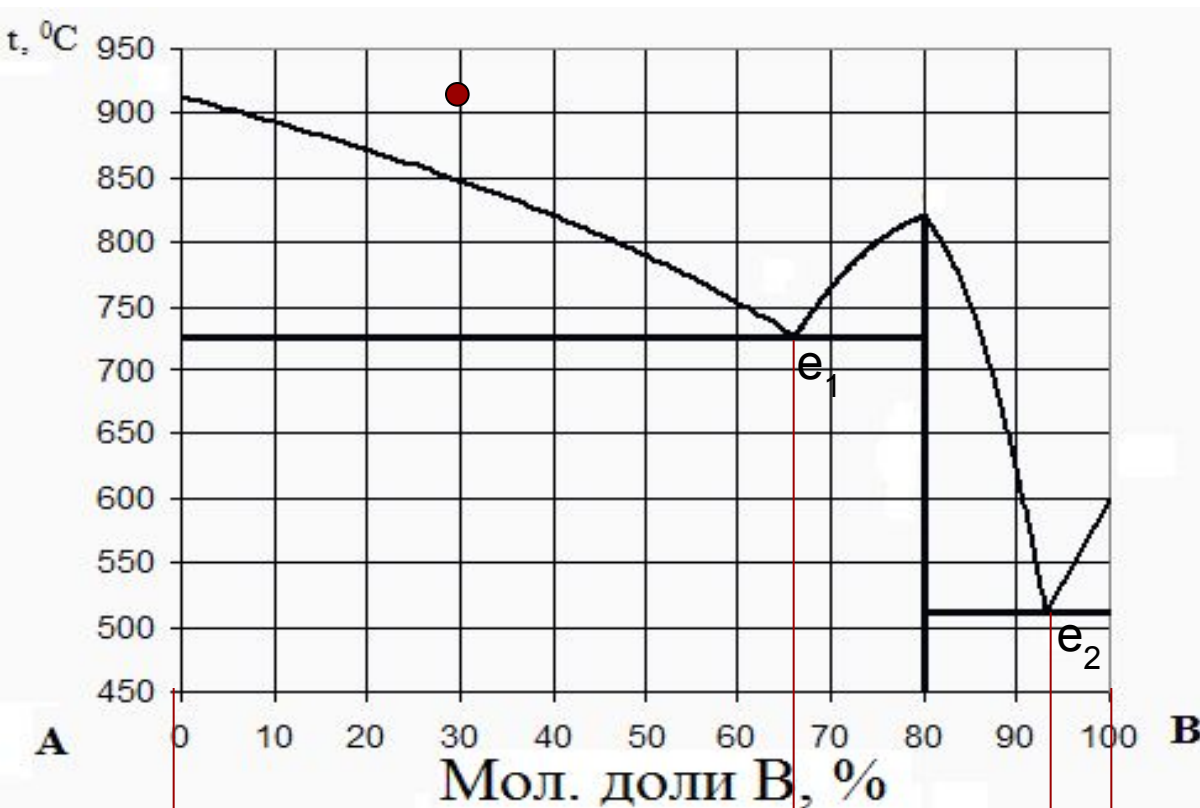




XC XC

# Кристаллизация из расплава

Компоненты А и В образуют одно ХС  $\Rightarrow$  из расплава могут кристаллизоваться три твердые фазы: компонент А, компонент В и ХС.



**$T. e_1$**  – 1-ая эвтектика  
(кристаллы А,  
кристаллы ХС,  
расплав);

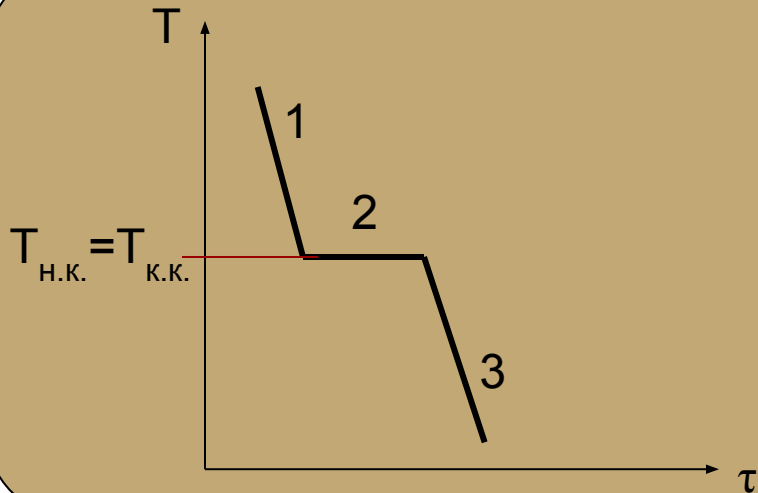
**$T. e_2$**  – 2-ая эвтектика  
(кристаллы А,  
кристаллы ХС,  
расплав);

# ПОСТРОЕНИЕ КРИВЫХ ОХЛАЖДЕНИЯ. ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

## ВИДЫ КРИВЫХ ОХЛАЖДЕНИЯ

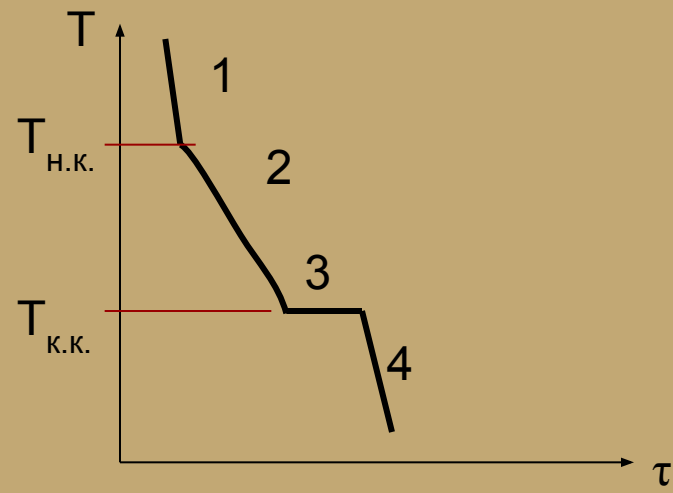
Чистые вещества,  
химические соединения и  
эвтектика

$$T_{\text{Н.К.}} = T_{\text{К.К.}}$$

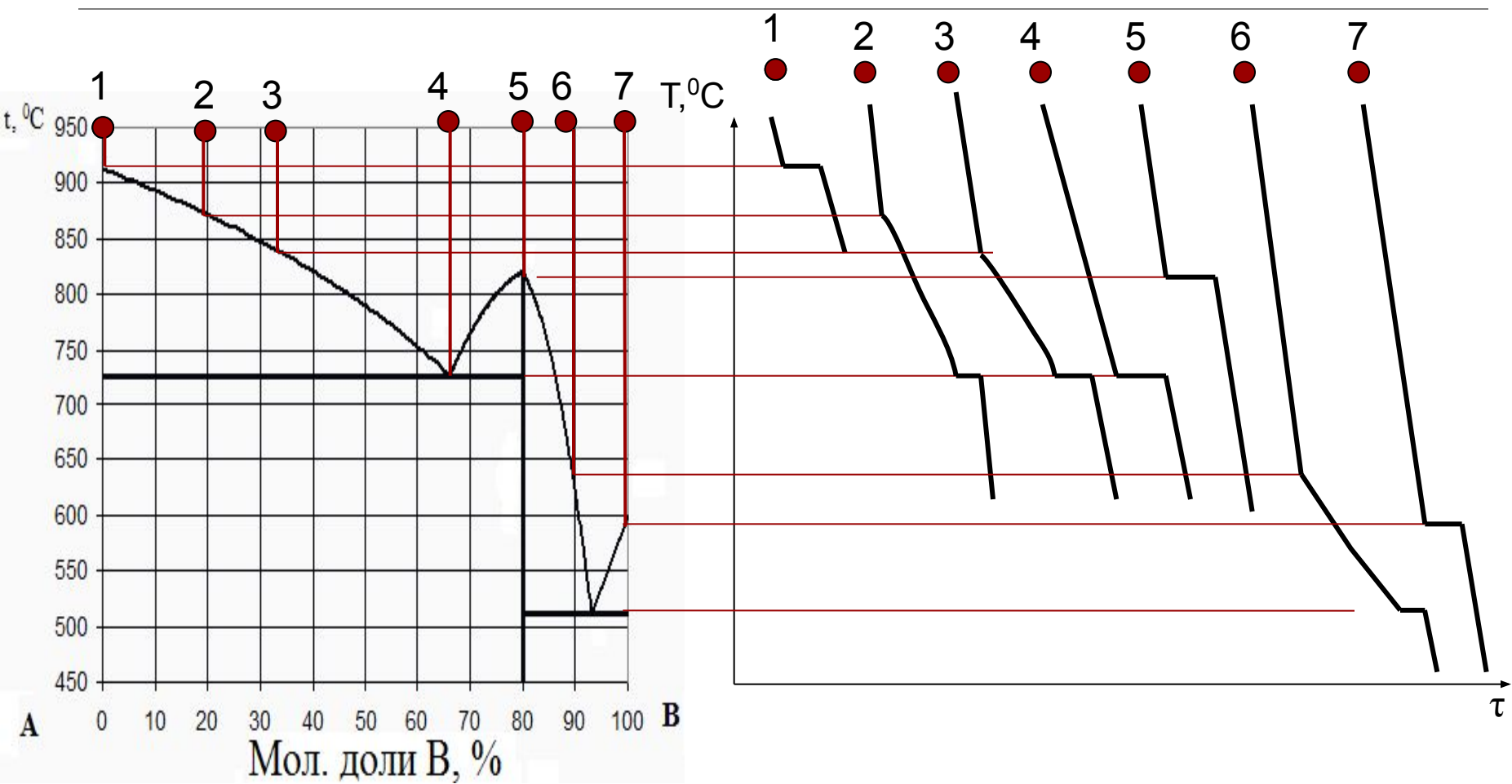


- 1 – охлаждение расплава;
- 2 – кристаллизация вещества;
- 3 – охлаждение твердой фазы

Смеси определенного состава  
от  $T_{\text{Н.К.}}$  до  $T_{\text{К.К.}}$



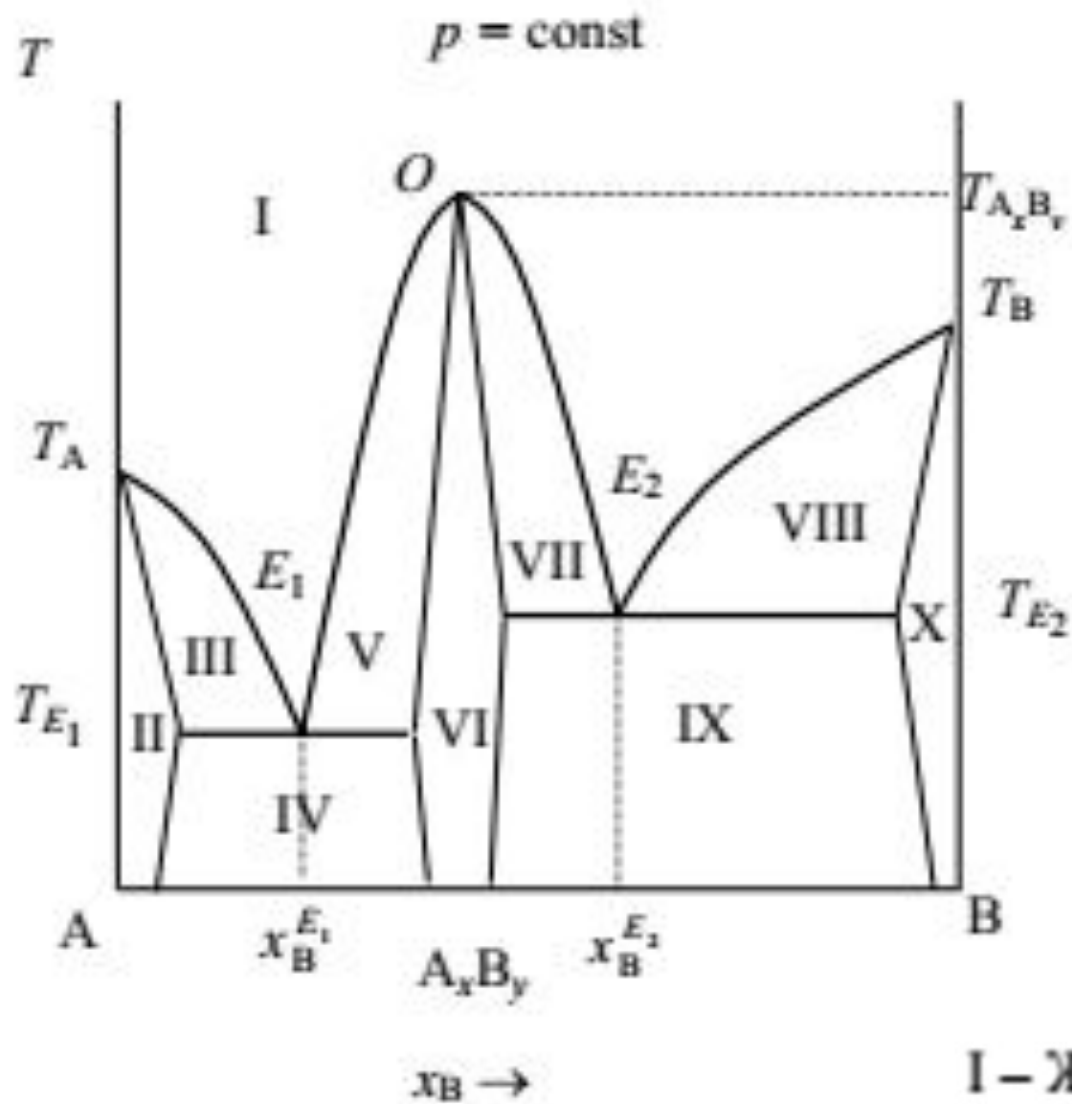
- 1 – охлаждение расплава;
- 2 – кристаллизация одного из компонентов;
- 3 – кристаллизация эвтектики;
- 4 – охлаждение твердых фаз



# Диаграмма плавкости ( $p = \text{const}$ ) двухкомпонентной системы с образованием в ней химического соединения, плавящегося конгруэнтно (без разложения) с ограниченной растворимостью компонентов друг в друге и в химическом соединении

- Если образующие систему компоненты ограниченно растворимы друг в друге и в химическом соединении в твердом состоянии, то вид диаграммы несколько усложняется.
- Принципиальное отличие данной диаграммы состояния от предыдущей заключается в том, что соединение  $A_xB_y$  может образовываться не только при строго определенном соотношении компонентов А и В (целочисленном), но и при некотором избытке (недостатке) одного из компонентов (А или В),
- т.е. соединение  $A_xB_y$  характеризуется некоторой ненулевой областью гомогенности по компонентам А или В

□



Области:

I – Ж; II –  $\alpha_T$ ; III –  $\alpha_T + Ж$ ;  
 IV –  $\alpha_T + A_x B_{y,T}$ ; V – Ж +  $A_x B_{y,T}$ ; VI –  $A_x B_{y,T}$ ;  
 VII –  $A_x B_{y,T} + Ж$ ; VIII –  $\beta_T + Ж$ ;  
 IX –  $\beta_T + A_x B_{y,T}$ ; X –  $\beta_T$

- 
- В этом случае на диаграмме состояние соединения  $AxBy$ , обладающее ненулевой областью гомогенности изображается в виде поля (область VI).
  - Растворимость компонентов друг в друге и в химическом соединении максимальна при эвтектической температуре.
  - Данную диаграмму можно рассматривать как сочетание двух диаграмм плавкости систем эвтектического типа с ограниченной растворимостью компонентов друг в друге в твердом состоянии (т. е. диаграмм плавкости систем  $A - AxBy$  и  $AxBy - B$ ).





# Диаграмма плавкости двухкомпонентной системы с образованием инконгруэнтно плавящегося химического соединения

---

- Неустойчивые химические соединения плавятся *инконгруэнтно*, т. е. с *разложением* (в твердом состоянии). В этом случае состав расплава не совпадает с составом твердого химического соединения  $A_xB_y$ , из которого этот расплав получают нагреванием.

# Связь между свойствами сплавов и типом диаграммы состояния

---

1. При образовании механических смесей свойства изменяются по линейному закону. Значения характеристик свойств сплава находятся в интервале между характеристиками чистых компонентов.
2. При образовании твердых растворов с неограниченной растворимостью свойства сплавов изменяются по криволинейной зависимости, причем некоторые свойства, например, электросопротивление, могут значительно отличаться от свойств компонентов.



- 
3. При образовании твердых растворов с ограниченной растворимостью свойства в интервале концентраций, отвечающих однофазным твердым растворам, изменяются по криволинейному закону, а в двухфазной области – по линейному закону. Причем крайние точки на прямой являются свойствами чистых фаз, предельно насыщенных твердых растворов, образующих данную смесь.
  4. При образовании химических соединений концентрация химического соединения отвечает максимуму на кривой. Эта точка перелома, соответствующая химическому соединению, называется сингулярной точкой.
- 



## Термины и определения при анализе двухкомпонентных диаграмм

---

- **Компонент** — составная часть, в данном случае химический элемент, образующий сплав.
- **Конода** — горизонтальный отрезок, концы которого ограничены равновесными сосуществующими фазами и содержанием в них компонентов; характеризует состав фаз, находящихся в равновесии.
- **Ликвидус** — геометрическое место точек начала затвердевания бинарных сплавов с различным содержанием компонентов на диаграмме состояния.
- **Линии фигуративных точек** — вертикальные линии на диаграмме состояния, соответствующие определенному химическому составу сплава.
- **Линия предельной растворимости** — линия на диаграмме состояния бинарных сплавов, характеризующая изменение растворимости компонента с изменением температуры.
- **Перитектика** — структурная составляющая сплава, представляющая собой механическую смесь фаз, образующуюся за счет ранее выделившейся твердой фазы и закристаллизовавшейся жидкой части сплава определенного состава.

- ❑ **Раствор твердый** — однофазный в твердом состоянии сплав, в котором соотношение компонент может быть переменным и один из компонентов (растворитель) сохраняет свою кристаллическую решетку, а атомы другого (или других) компонента располагаются в решетке этого компонента, изменяя ее размеры (периоды решетки).
- ❑ **Система (гетерогенная)** — макроскопически неоднородная термодинамическая система, состоящая из различных по физическим свойствам или химическому составу частей (фаз).
- ❑ **Соединение химическое** — фаза, кристаллическая решетка которой отличается от решеток компонентов, ее образующих.
- ❑ **Солидус** — на диаграмме состояния геометрическое место точек конца затвердевания бинарных сплавов с различным содержанием компонентов.
- ❑ **Составляющая структурная** — часть сплава (однофазная или многофазная), имеющая характерную (однообразную) структуру и отделенная от остальных частей сплава поверхностями раздела.
- ❑ **Состав фазовый** — количественная характеристика содержания в сплаве различных фаз.
- ❑ **Состав химический** — количественная характеристика содержания в сплаве химических элементов.

- ▣ **Строение** — совокупность устойчивых связей вещества, обеспечивающих его целостность и тождественность самому себе, т.е. сохранение основных свойств.

---

- ▣ **Микроструктура** — форма, размеры, количество и характер взаимного распределения фаз гетерогенной системы, наблюдаемые с помощью оптического или электронного микроскопа.
- ▣ **Фаза** — термодинамически равновесное состояние вещества, характеризующееся агрегатным состоянием, атомным (молекулярным) составом и строением, а также отделенное пространственными границами от других возможных равновесных состояний (фаз) того же вещества.
- ▣ **Эвтектика** — структурная составляющая сплава, представляющая собой механическую смесь фаз, образующуюся при одновременной кристаллизации двух (или более) фаз из расплава.
- ▣ **Эвтектоид** — структурная составляющая сплава, представляющая собой механическую смесь фаз, образующуюся при одновременной вторичной кристаллизации двух (или более) фаз из твердого раствора.