

# 1. Идеальная и реальная структура металлов.

Простые металлы - 30% объема  
железные сплавы.

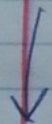
Al 30% 45%

Переходные металлы - добавление на  
предпоследнем уровне не жидкая  
до конца, а след. уровень ион.

Закрывается (Zr - черепашка)

Мы рассматриваем переходные металлы.

Есть еще 2 переходные металла.



Локальные атомы жесткие атомы (Курькина)

Молния атом

(Метрические  
связи)

Металлические (наличие коллективизированных  
электронов между атомами или молекулами)

Ван дер Ваальсовские

Ближний порядок - у атомов, которые  
сосредоточены в одной области

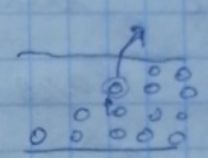
Дальний порядок - у  $Me^-$ , порядок

связанное на боковой поверхности

атомных соединений



Модель кристаллич. решетки  
 решетка с идеальностью (идеальная  
 решетка с идеальностью)  
 с идеальной структурой (кристалл).  
 // баланс, выделение (точечные)  
 точечные (когда размер дефекта  
 в 10 раз меньше размера), баланс,  
 механизмы атомов (выделение, замещение)

→ из атома в узле.  ← Вблизи границы  
 зерна  
 будет образ  
 вакансий.

Атом вакансии — как в междоузлии.

Вакансии — термодин. устойчивое состояние

$F = U - TS$  образ. дефекта чист.  
 и чист. зерно

$n \sim L$   $E_v$  / энергия и количество — неустойчивое.  
 образ вакансий  
 $(E_v) / kT$

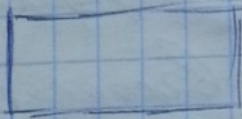
$n \sim L$   
 повышение  
 $T \rightarrow +\infty$   
 повышение.  
 $n \rightarrow +\infty$

$C_v$   
 300K ~  $10^{-15}$  %  
 1000K ~  $4 \cdot 10^{-5}$  %  
 1550K ~  $6 \cdot 10^{-2}$  %

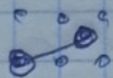


Междоусобице атаки - приемы атаки,  
могут замесить другие атаки, атаки  
внутри.

Если есть баланс, то на Древо,  
Нарва, то Москва



Смещение баланс - дерево и  
Решение: пара баланс - междоусобице -  
- атаки в эти же.



2) Минимизация (ширина и высота

атаки по уравнению (формулы)

Осложнение - наиболее распространенный  
фактор. Древо, в результате нарушения  
правильности расположения элементов  
графических элементов



Два вида дислокаций — линейные и  
 винтовые  
 Линейные — (возможные) — отсутствие в чистоте линейной  
 плоскости (вектор Бюргенса  $\perp$  дислокации)  
 Винтовые — разрыв в расстояниях

между плоскостями

Вектор Бюргенса — отрезок контура,  
 который подходит для измерения  
 смещения плоскости кристалла.

$$\rho \sim \frac{L}{V} \left[ \frac{\text{см}}{\text{см}^3} = \text{см}^{-2} \right]$$

плотность  
 дислокаций

$10^4 - 10^{13} \text{ см}^{-2}$  — пределы  
 изменений  
 плотности дислокаций

$S_1$  — ионный

$10^1 - 10^2 \text{ см}^{-2}$  — бездислокационный кристалл

Для железа Fe  $10^1 - 10^8 \text{ см}^{-2}$



## 2. Диаграммы состояния. Методы построения диаграмм состояния. Правило фаз Гиббса.

12.10.12

### Диаграммы состояния

ДС - это графич. изобр. зависим. установ. первого состояния системы от термодинамических параметров. Определяющую это состояние.

ТДП -  $T, P, C$  - координаты

Почти во всех диаграммах изобр.  $P = 1 \text{ атм.}$

Потому рассматривают в основном от  $T$  и  $C$ .

ДС - это графич. изобр. первого состоя. в зависимости от  $T$  и  $C$ .

ДС ~~==~~ Диаграммы равновесия - строят в условиях равновесия (установившегося сост. сист.) Эл. Гиббса:

$G = U - TS + PV$  - в установившихся сост.  $G$  стремится к минимуму.



Термосодержание или энтропийная система.

$$H = U - TS$$

— характеризует количество тепловой энергии (теплота испарения, сильно отрицательный период).

$U$  — характеристика сист. как таковой, связанная с работой.

$$U = E_{кин} + E_{пот}$$

Из условий равновесия вытекает правило фаз Гиббса (3-й Гиббса) — правило установившейся связи между степенями свободы и числом компонент данной системы и числом фаз данной системы.  $\{n = k - f + 2\}$

Степени свободы — число параметров, которые будут изменяться в системе без изменения числа фаз в системе.  $(n)$

$(P, T, C)$  — их изменение приводит к

изменению фазового состояния.

$$P = const$$

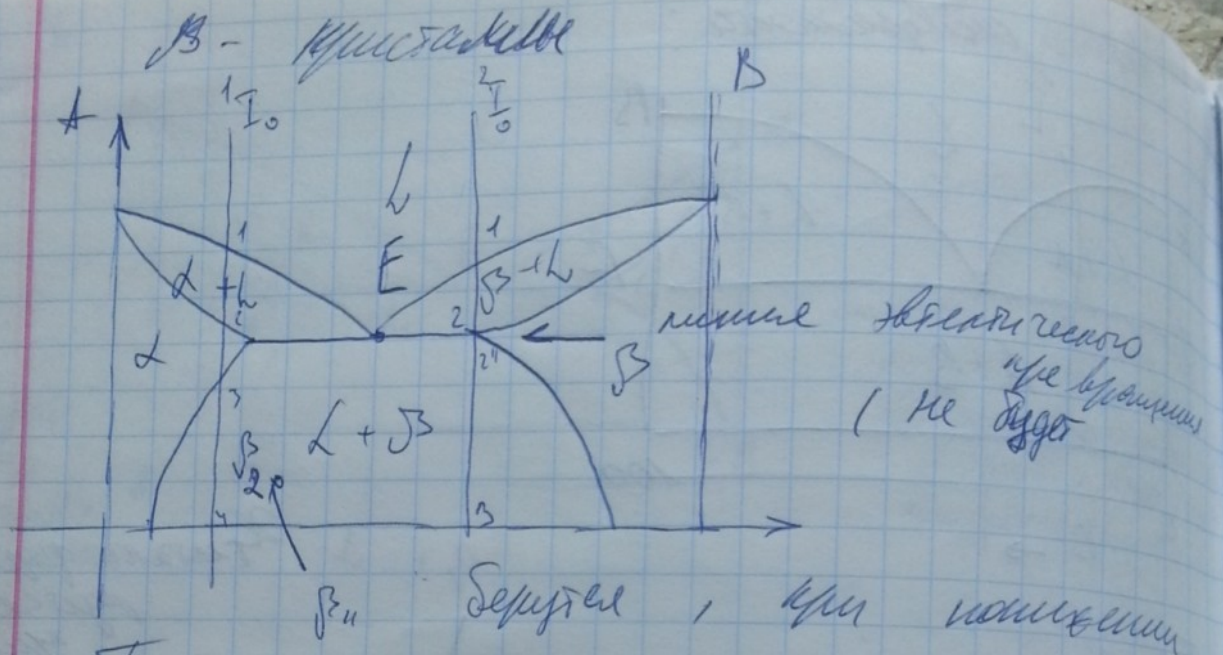
$$(T, C)$$

$$n = k - f + 1$$

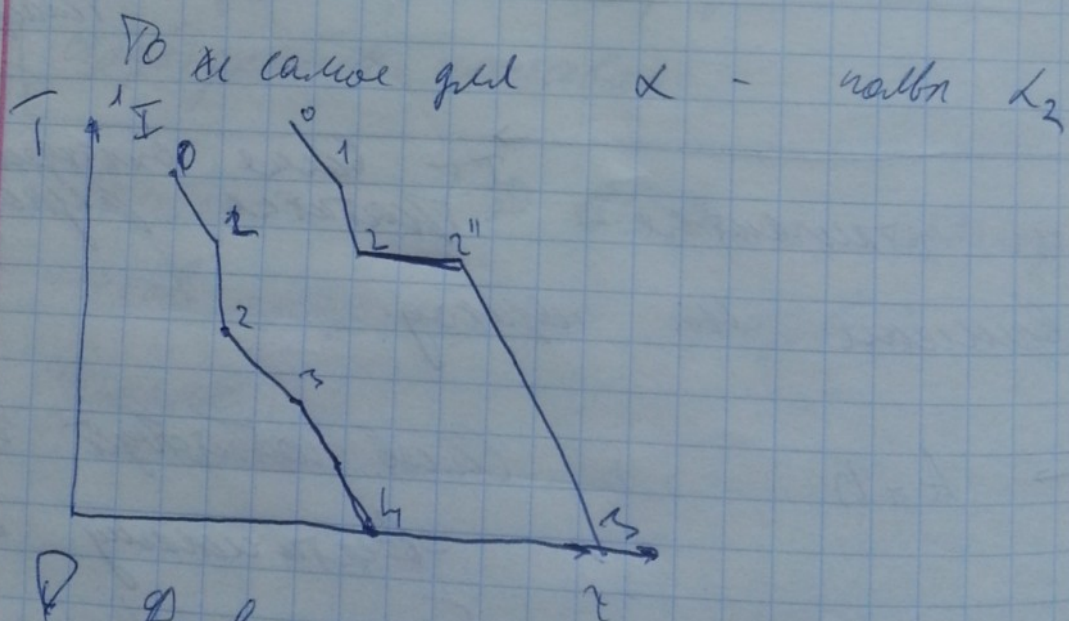
давление



### 3. Диаграммы состояния с эвтектикой и перитектикой. Правило отрезков.



Т,  $L$  - раствор перемещен. При  
более низкой Т, растворимость уменьши-  
лась.



Равный состав не соответствует  
структуре.  
Концентрация сплава должна остаться.



исполн.

Экстензия

$$L \rightarrow L + \beta$$

Периодизация

$$L + \beta \rightarrow L$$

Экстензия

Средством языка человек & среда  $L + \beta$   
неопределенный рост

Числовой совместный рост

Периодизация: совместного роста нет. Нет.

$\beta$ , потому  $L$ .

Периодизация структура неопределенная.

Экстензия  $\rightarrow$  замечивается эффект  
предела.

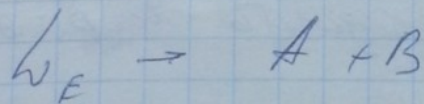
Периодизация может быть и 2  
раз и 4-м.

Диаграммы составили

пограничные  
растворимости

Оба вещества могут образовывать  
над тверды раствор

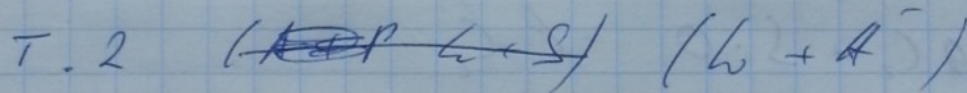




существование жидкой и 2-х твердых,  
превращение прона при постоянной  
температуре.  $T_E = \text{const}$  ,  $C_E = \text{const}$ .

Сравнительно для чистых металлов.

Обратная - { смесь  $\rightarrow$  бинарного  
состава. { механическая смесь 2-х <sup>const до</sup>  
компонентов. <sup>жидкой A)</sup>  
~~реакции~~



В п. 2 нужно провести линию //  
оси C.

$C_2$  - конц. жидкой фазы.

A концентрация твердой фазы соотв.  
чистой метал. (A)

Зоди окрест какой фазы находится,  
спус. правило рычага.

$$\boxed{\frac{x}{L} = \frac{aC}{Ca}}$$



1. 1. Будем определять нач. тем.

$$B_{\text{ср}}: Q = L + S = I$$

$$\alpha \rightarrow a, a_1$$

$$L, C_2 \quad S.O$$

$$LC_2 + S.O = LC_2$$

$$aC_1 = qa$$

$$C_2 = qC = qa + aC$$

$$LaC_1 + S.O = LC_2$$

$$Lqa + Sqa = Lqa + Lac$$

$$\frac{S}{L} = \frac{aC}{qa}$$

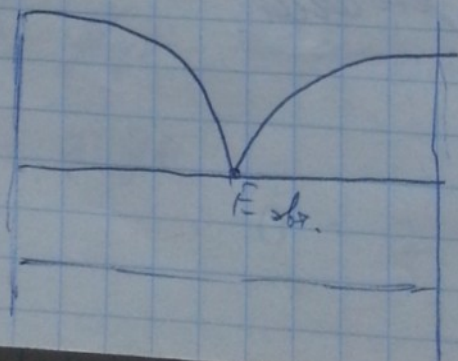
Есть.

Если  $T_{\text{пл}}^A$  и  $T_{\text{пл}}^B$  — температуры,

то

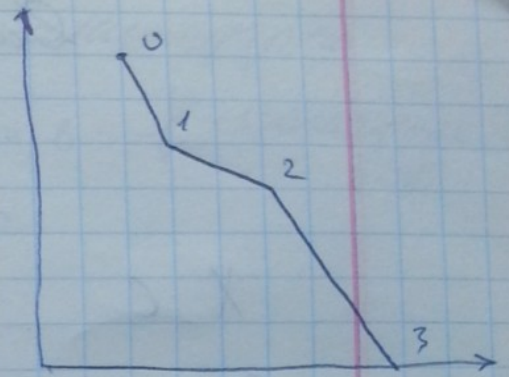
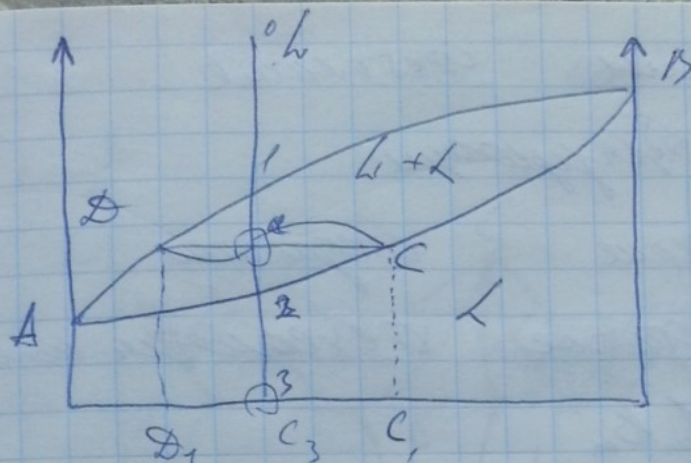
1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.

где-то посередине.





4. Диаграммы состояния с неограниченной растворимостью.  
Факторы, способствующие образованию твердых растворов.

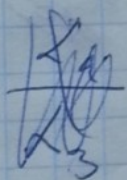


Тип кристаллической решетки должен быть одинаковым.

Минимальное различие радиусов.

$$\Delta r < 8\%$$

В состав фаз



$$L_1 > L_3$$

$$C_1 > C_3$$

$$L_3 = C_3$$

$$L_1 = C_1$$

В состав входят многоатомные.

В-н. Отдельные части могут иметь разную концентрацию.



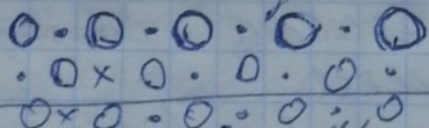
Твердый раствор - твердые фазы  
или соединения, в которых атомы  
элементов размещаются в разных  
соотношениях, но имеют одинаовую  
кристаллич. решетку. (кристаллич. реш.  
или у растворенных)

Мног. твердых растворов.

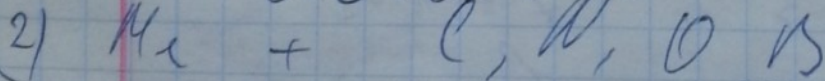
- 1) Ограниченные твердые растворы  
образуются (соединяются до опред. количества)  
2) Неограниченные твердые растворы  
(в модах непрерывное количество)

Типы твердых растворов

- 1) Растворы замещения - атом 1-го элемента  
замещает атом другого элемента.  
2) Растворы внедрения - атомы растворенного  
внедряются между атомами растворенного  
3) Растворы вытеснения - атомы вытесняются из  
основы соединений ( $AlN$ ,  $FeO$ )



O - атом  
• атом Fe



раствор вытеснения кислорода  
в  $Fe$  (железе) ( $FeO$ )

Содержание кислорода не уменьшается  
Содержание железа увеличивается.



$NiSb$

$Ni \leftarrow$  увеличивается

$Sb \rightarrow$  убав.

раствор вытеснение  $Sb$  в  $NiSb$

Co Al

раствор в растворе (хим. железо)

$\tau_B$  - растворимость

$\tau_A$  - растворимость

$$0,85 \leq \frac{\tau_B}{\tau_A} < 1$$

(замечание)

нерастворимый раствор - мин. разница

между атомными радиусами

растворы вытеснение:  $\frac{\tau_B}{\tau_A} < 0,59$

$$0,59 \leq \frac{\tau_B}{\tau_A} < 0,85$$

одна из

недостаточности для

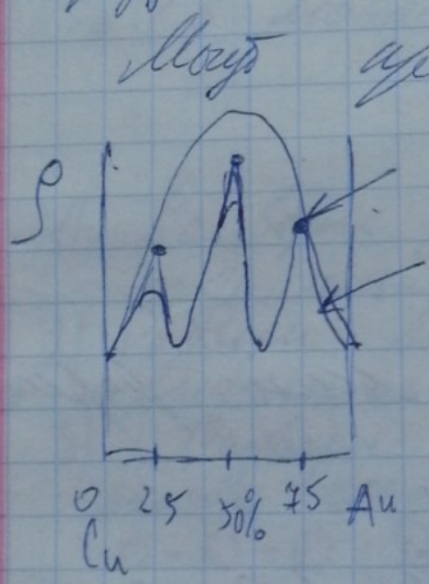
образования твердого раствора



Минимум ~~структур~~ образования растворов  
 При опред. условий атомов двух  
 элементов взаимодействии в растворе  
 могут наблюдаться разн. образы  
 (дисперсионно)

Система: Cu - Au

Если такое происходит, то раствор  
 образует **верхнюю** структуру.



Может проявиться некоторые свойства  
 связанные с ~~сверхструктурой~~ **сверхструктура**.

При концентрации 25%, 50%, 75%  
 - образование фазовых структур.

Зависит  
 → Коробление в узлах кристаллич. решетки -  
 изменение фонового **блэндовидного**  
 рассеяния.

Внутри и мало зерновок -  
 заключающийся, грани зерен.



5. Диаграммы состояния с химическими соединениями.  
Промежуточные фазы постоянного состава.

Диаграммы состояния  
бинарные

химические соединения

X C - строго стехиометрическое

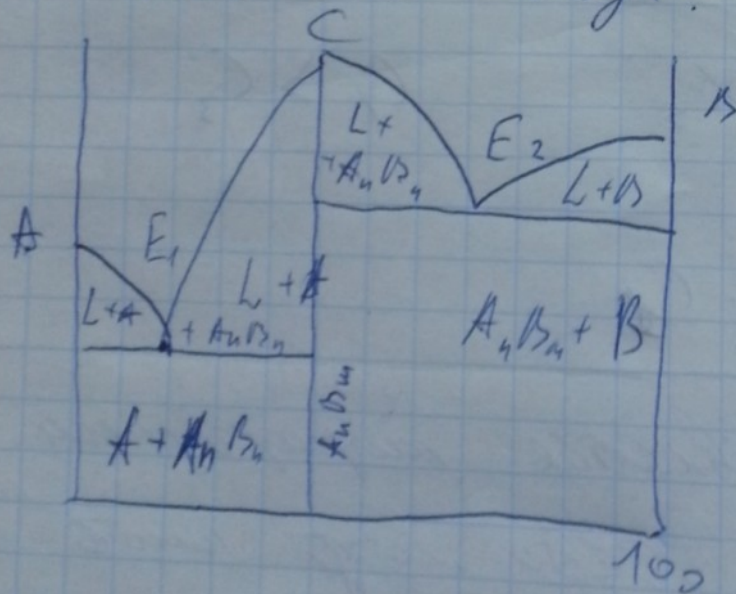
соединение  $A_n B_m$

Узкая область концентраций

Отрицательное влияние на свойства и образующих.

Высокая твердость, прочность.

Свойства сплава. Малая пластичность.





Твердые растворы один из видов  
фаз.

## Промежуточные фазы.

Промежуточные фазы - это фазы, кото-  
рые отличаются от твердых растворов  
Тв. раствор  $\leftarrow$  <sup>промежу-</sup>точные фазы  $\rightarrow$  хим. соединения  
 $A + B$

↓  
новое вещество  
с ~~иным~~ <sup>иным</sup> химическим составом

## Виды промежуточных фаз

1) редкое отличие по электронному строению  
и фаз. в-ам от компонентов из  
образующих.

2) кристаллич. строение отличается от  $A$  и  $B$

3) На диаграммах составные хим. фазы  
отдельные петеролитические образования.

4) П.Ф. - могут существовать в этом составном  
интервале, либо в интервалах  
концентрации.



Сравнительные

AB

- 50% ~~50%~~

1) интервал концентраций

95%

- 45%

A

B

Концентрация : в % газ

1) Очисточное соединение (Фла-Розери)

$\gamma_A - \gamma_B = \Delta \gamma$  - мал.

Cu, Ag, Au, Fe, Co, Ni, Pt, Pd - A

Be, Zn, Cd, Al, Sn, Si, In, Pb, Pb, Sn - B

$e/m = 3/2$   
без газа

$21/13$

$7/4$  - соотнос.

вспомогат.  
энергии  
и между  
атомов.

$e/m = 3/2$

Р. Оук

$6/4 = 3/2$

Cu<sub>3</sub>Sn

Cu<sub>3</sub>Al

(CuZn)

$e = 3$

$3/2$

$m = 2$

сложная субструктура

$\gamma$ -фаза:  $21/13$

Al<sub>3</sub>Al<sub>4</sub>

Cu<sub>5</sub>Zn<sub>8</sub>

$\delta$ -фаза: РПУ

на границах  
всех фаз

остатки

при сдвиге



Сеть область геологич. раз.  
 $\Delta C \pm 0$

Разн. ~~масса~~ ~~массы~~  
Сеть. ~~статистич.~~ ~~формы~~

$\chi^2_2$

$\Delta \gamma \sim 20\%$

$\chi_*$  - большой  $\chi_*$  - малый

240 - 300 раз.

Минимум ~~или~~ ~~или~~ ~~или~~

Минимум ~~различия~~ ~~структурные~~ ~~свой.~~

C-15 - ~~сложная~~ ~~модифицированная~~ ~~решетка~~

$Mg Si_2$

C-36 ~~сложная~~ ~~гексагональная~~ ~~решетка~~

$Mg Zn_2$

C-14 - ~~сложная~~ ~~гексагональная~~ ~~решетка~~  
~~мелкозернистая~~ ~~структурного~~ ~~вида~~.

Эти ~~разн.~~ - ~~разн.~~ ~~многообразие~~ ~~структур~~  
структур. Mg-16 - ~~коорд.~~ ~~много~~.



Корд. тело - тело ближайших соседей.  
Cu - 12 - корд. тело.

Эти газы отпар. Тел, что они вл.  
низкотемпературные окислительными.

$T_1 = \text{He, H}_2$

Низкотемпературные -  $\text{N}_2$  и выше.

УОР - термодинамический материал - соединяется во  
фракции

$\text{Zr H}_2$   
 $\text{Hf H}_2$

$T_x \approx 8, p \text{ K}^\circ$   
 $\sim 8 \text{ K}^\circ$

Корд. отбрасыва  
маленькая.

3) Газы p-W (бета вольфрам)  
 $\text{A}_2, \text{A}_3, \text{B}$  (A-15) Ринста ОУИ.  
Кто не знает 48 газ.

A - (IV - IV гр) - сер. металлы

B - VIII гр - Ga, Si, Ge

Эти тоже газы постоянного  
состава.



Однородность сверхпроводящего состояния.  
 $Nb_3Sn - 18,05 K^{\circ}$

Модель Гинзбург-Ландау

Сверхпроводящие свойства ниобиевой пленки

$Nb_3Ge - 23,2 K^{\circ}$

4)  $\delta$ -фаза /  $Cu$

толщина сверхпроводящей пленки: 30 ангстрем.

$\Delta C \neq 0$

Может быть чувствительность по  $T$  максимуму,  
или распадаются ~~или~~ не зависят по  $T$  максимуму.

$\delta$ -фаза - хрупкость

$Cu$  - хрупкий металл.

5) Фаза ~~ниобия~~ Висмут:

Образование между атомными связями  
атомными радиусами:  $\Delta r < 0,59$ .

$Nb, K, Zr, Ti, Ta, Sb$

$C, N, O, B, P, Si$



ОСН, РУН, ПТУ руковод.

Анониме твердость и температуры плавления.

$Nb_2C$  - не существует с углеродом не-  
 $NbC$  металлом. металл.  
↓  
раствор ванадия Nb

$Nb_2C$  → 20-33%  $NbC$  → 4%-50%  
металл металл ков. дуга  
ТВ - П.Ф - Х.С

~~GaAs~~ GaAs - полупроводник.  
↑  
связь по группам элементов.

(GaAs)  
 $T_m = 1239^\circ C$   
 $T_{пл. Ga} = 29^\circ C$   
 $T_{пл. As} \approx 600^\circ C$



6. Фазовые превращения 1-го и 2-го рода. Диаграммы состояния с полиморфными превращениями.

**Фазовые переходы первого рода** — [фазовые переходы](#), при которых скачком изменяются первые производные [термодинамических потенциалов](#) по [интенсивным параметрам](#) системы (температуре или давлению). Переходы первого рода реализуются как при переходе системы из одного агрегатного состояния в другое, так и в пределах одного агрегатного состояния (в отличие от [фазовых переходов второго рода](#), которые происходят в пределах одного агрегатного состояния).

### Примеры фазовых переходов первого рода

- при переходе системы из одного агрегатного состояния в другое: [кристаллизация](#) (переход жидкой фазы в твердую), [плавление](#) (переход твердой фазы в жидкую), [конденсация](#) (переход газообразной фазы в твердую или жидкую), [возгонка](#) (переход твердой фазы в газообразную), [эвтектическое](#), перитектическое и монотектическое превращения.
- в пределах одного агрегатного состояния: эвтектическое, перитектическое и полиморфное превращения, распад пересыщенных твердых растворов, распад (расслоение) жидких растворов, упорядочение твердых растворов.

Иногда к фазовым переходам первого рода относят также [мартенситные превращения](#) (условно, так как в ходе мартенситного превращения реализуется переход в стабильное, но неравновесное состояние — [метастабильное состояние](#)).

**Фазовые переходы второго рода** — [фазовые переходы](#), при которых вторые производные [термодинамических потенциалов](#) по давлению и температуре изменяются скачкообразно, тогда как их первые производные изменяются постепенно. Отсюда следует, в частности, что [энергия](#) и объём вещества при фазовом переходе второго рода не изменяются, но изменяются его [теплоёмкость](#), [сжимаемость](#), различные восприимчивости и т. д.

Фазовые переходы второго рода сопровождаются изменением симметрии вещества. Изменение симметрии может быть связано со смещением атомов определённого типа в кристаллической решётке, либо с изменением упорядоченности вещества.



В большинстве случаев, фаза, обладающая большей симметрией (т. е. включающей в себя все симметрии другой фазы), соответствует более высоким температурам, но существуют и исключения. Например, при переходе через нижнюю точку Кюри в сегнетовой соли, фаза, соответствующая меньшей температуре, обладает ромбической симметрией, в то время как фаза, соответствующая большей температуре, обладает моноклинной симметрией.

Для количественной характеристики симметрии при фазовом переходе второго рода вводится [параметр порядка](#), пробегающий отличные от нуля значения в фазе с большей симметрией, и тождественно равный нулю в неупорядоченной фазе.







1)  $A_1, A_2$   
 $A$  - из угла.

$A_1, A_2$  - ...

$A_1$  - ...

$A_2$  - ...

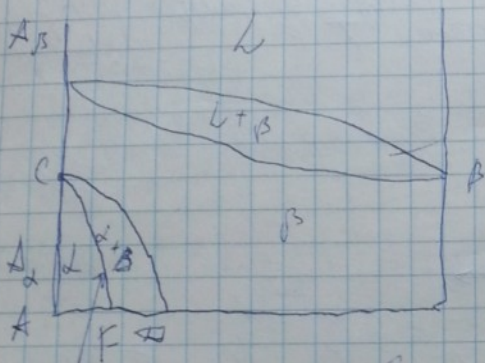
$B$  - ...

$A_1$  - ...

$A_2$  - ...

$T$  - ...

... ..



... ..

... ..

$A_1$  и  $B$  ... ..

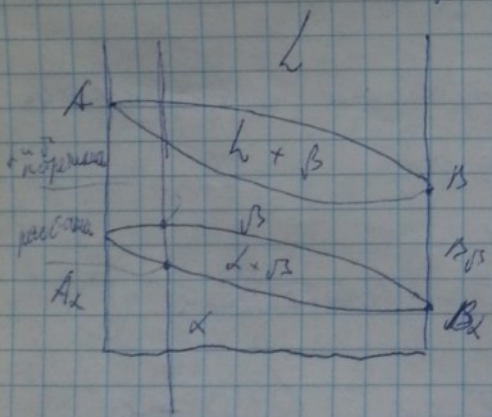
... ..

... ..

и  $B$  ... ..

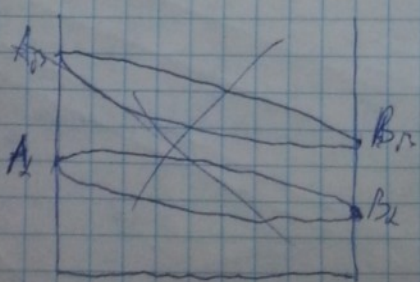
2)  $A_1, A_2$  ... ..

$B$  - ... ..

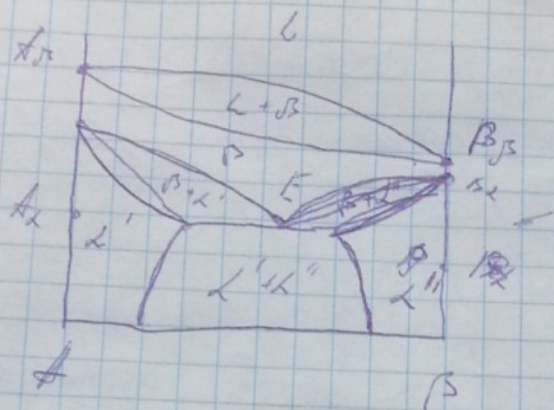


$A_1$  - ... ..

$B_1$  - ... ..







F - обрешетка

форма квадрата

$A \rightarrow L+B$

$L \rightarrow L+B$

или иными словами

$B \rightarrow L' + B + L''$

или иными словами  
у вершин фаз с вершин фаз.

Важное изменение  
или нарисовать

Формирование

И в вершин фаз есть и перестроение  
превращения.

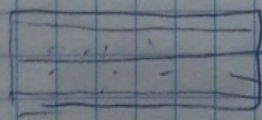
На следующем этапе - это формирование  
модель построения графика создания.

и Расширение фаз - релаксационный  
структурный анализ.

Релаксационный релаксационный анализ.

анализ

Фазовый анализ  
групп и групп



Основной для  
научения.

То фаз  
гип. анализ  
структур

структурный  
анализ

Решительный метод **BB** (К.В.С.)

(Нужно иметь много данных о Л.К.)

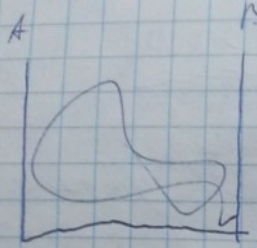
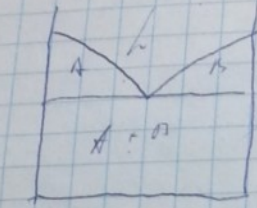
Моделирование фазовых процессов.



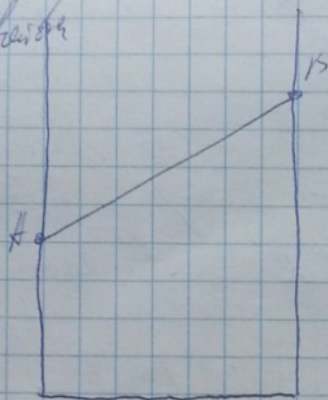
$$\gamma_{\text{н.г.}} < \gamma_{\text{в.г.}}$$

Как будут меняться св-ва?

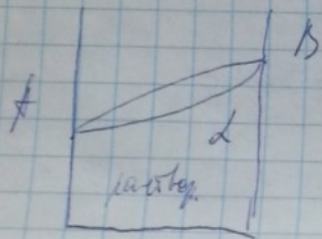
микропроводимость, прочность, вязкость, твердость?



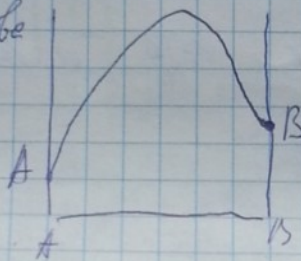
свойства



В каком направлении св-ва изменяются аддитивно



свойства



свойства

микропроводимость (максимум при 100%)  
прочность  
вязкость  
твердость  
число вращений

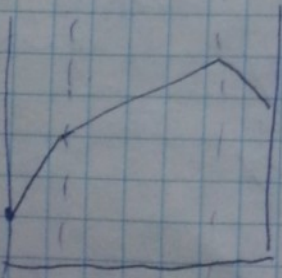
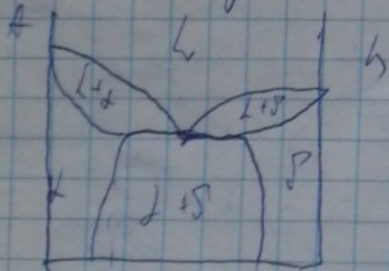
$\sigma_A$ ,  $H_A$ ,  $\gamma_A$  - свойства

$$\sigma_K > \sigma_A$$

При условии

$$\sigma_K > \sigma_A$$

$$H_K > H_A$$



По температуре склад  
кривую отпадает

Число 2 - недели



## 7. Виды твердых растворов. Упорядоченные и неупорядоченные твердые растворы.

Вопрос №4 + вот это

Синглеран точки - там в которых  
св-ва меняются скачкообразно.

Даллобоиды - ~~не~~ обладают синглеран  
точками

Бертоиды - не обладают синглеран  
точками.

$$I = \frac{n-k}{n+k} \quad - \quad \text{степень упорядочивания.}$$

$n$  - вероятность того, что данный атом  
находится в своей подгруппе.

$k$  - атом находится в подгруппе  
другого компонента.

$$\begin{array}{ccc} n \rightarrow 1 & & k \rightarrow 0 \\ I \rightarrow 1 & \swarrow & \end{array}$$

$n = k$  - идеальное смешение атомов.

$$I = 0$$

Твердые растворы — одна из видов фаз.