

Морфология поверхностей раздела

14.02.15

В зависимости от формы кристалла морфологическое поведение раздела может быть различным:

Три основных раздела:

- 1) плоский (сферический).
- 2) ступенчатый
- 3) изогнутый (гребенчатый)

I плоский структура:

а) атомно-магнитный

б) атомно-мерцающий

плоский структура: см. рисунок (в)

$$T_{\text{теор}} \leq T_{\text{расч}} \leq T_{\text{эксп}}$$

Зависит от температуры плавления и ее величины

Критерий Джексона:

$$\lambda = \frac{\Delta S}{R} \gamma$$

ΔS - удельное плавление

γ - зависит от кристал. материала.

$$\Delta S = \frac{\Delta H_m}{T_m}$$

$$\gamma \sim 0,5 \div 1$$

$\lambda > 2$ - атомно-магнитное поведение

$\lambda < 2$ - атомно-мерцающее поведение.

Большее отклонение от равновесия при
мощностях с малыми конденсатом. Например,
(100)

Градиент Температуры $G = \frac{dT}{dx}$ $\left| \begin{array}{c} L \\ S \end{array} \right| \uparrow \cdot x$

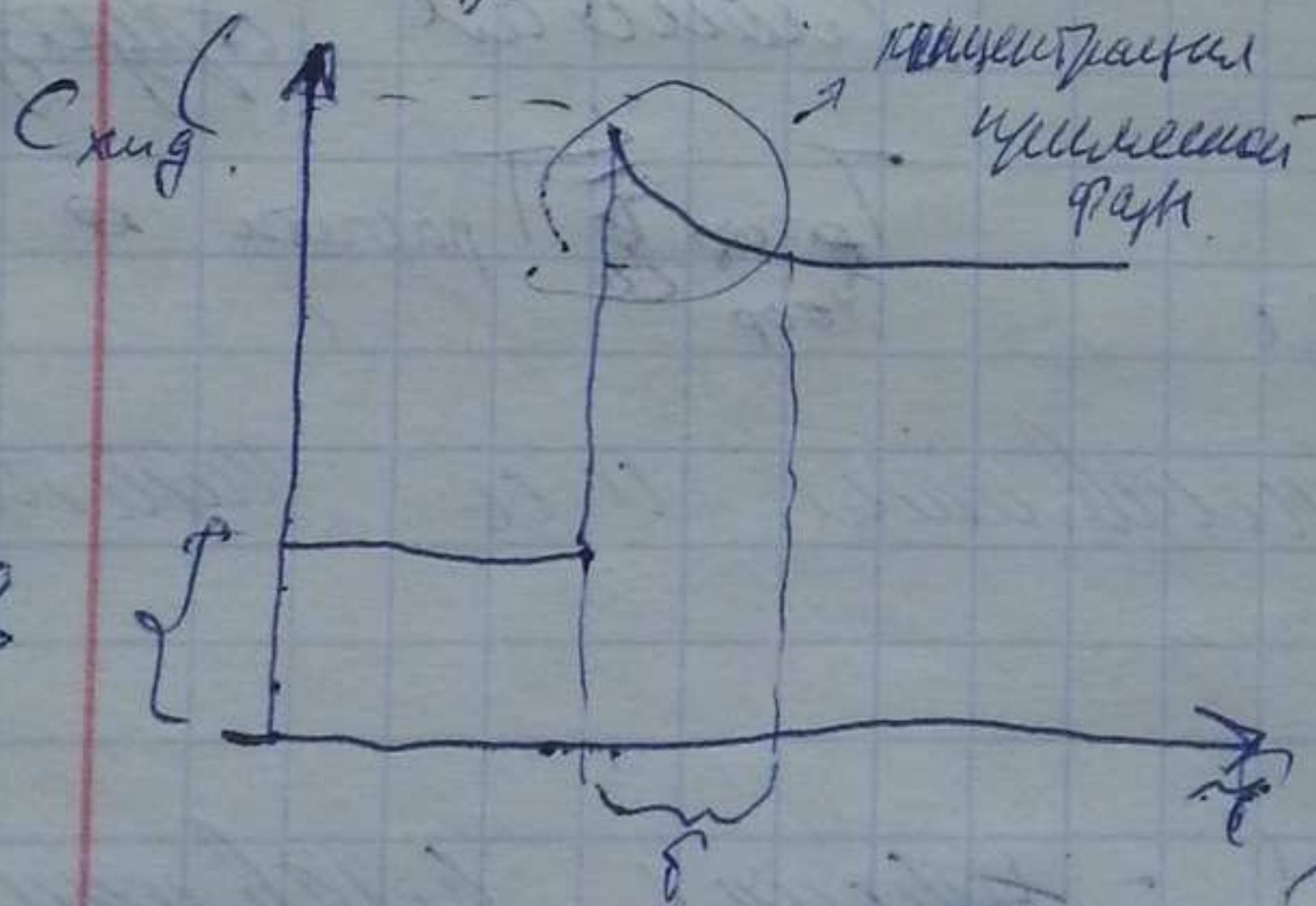
II Аналитическая структура, скорее кристаллическая

Причина: $C_0 \uparrow$, $V_{крист} \uparrow$, $G \downarrow$

Образуются в форме игольчатых зерен.

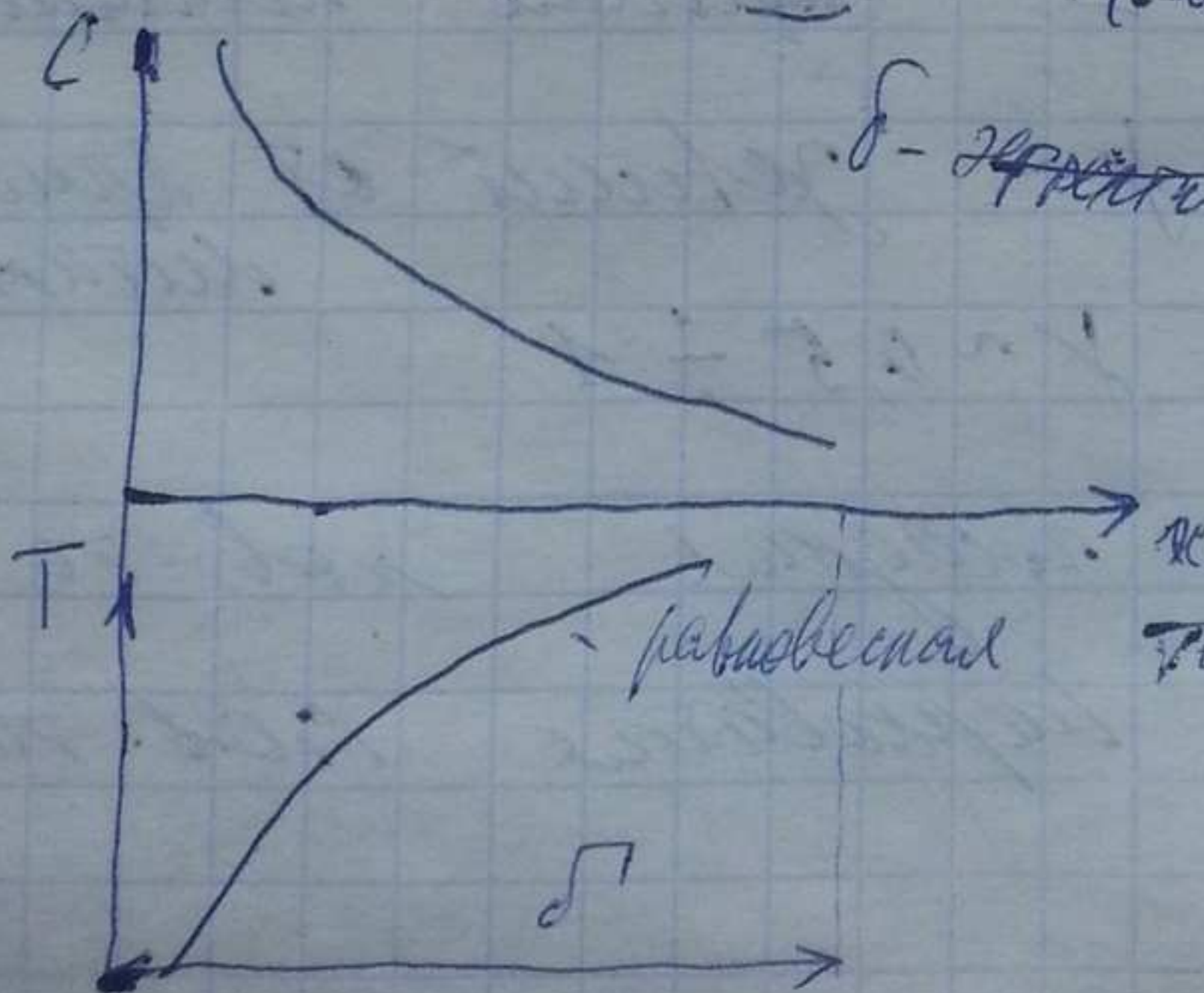
Формирование дендритной структуры при

охлаждении:



$K_0 < 1$ - коэффициент распределения
 $\frac{C_{кр.}}{C_{хвд.}} = K_0$ - коэффициент распределения
= способ концентрации.

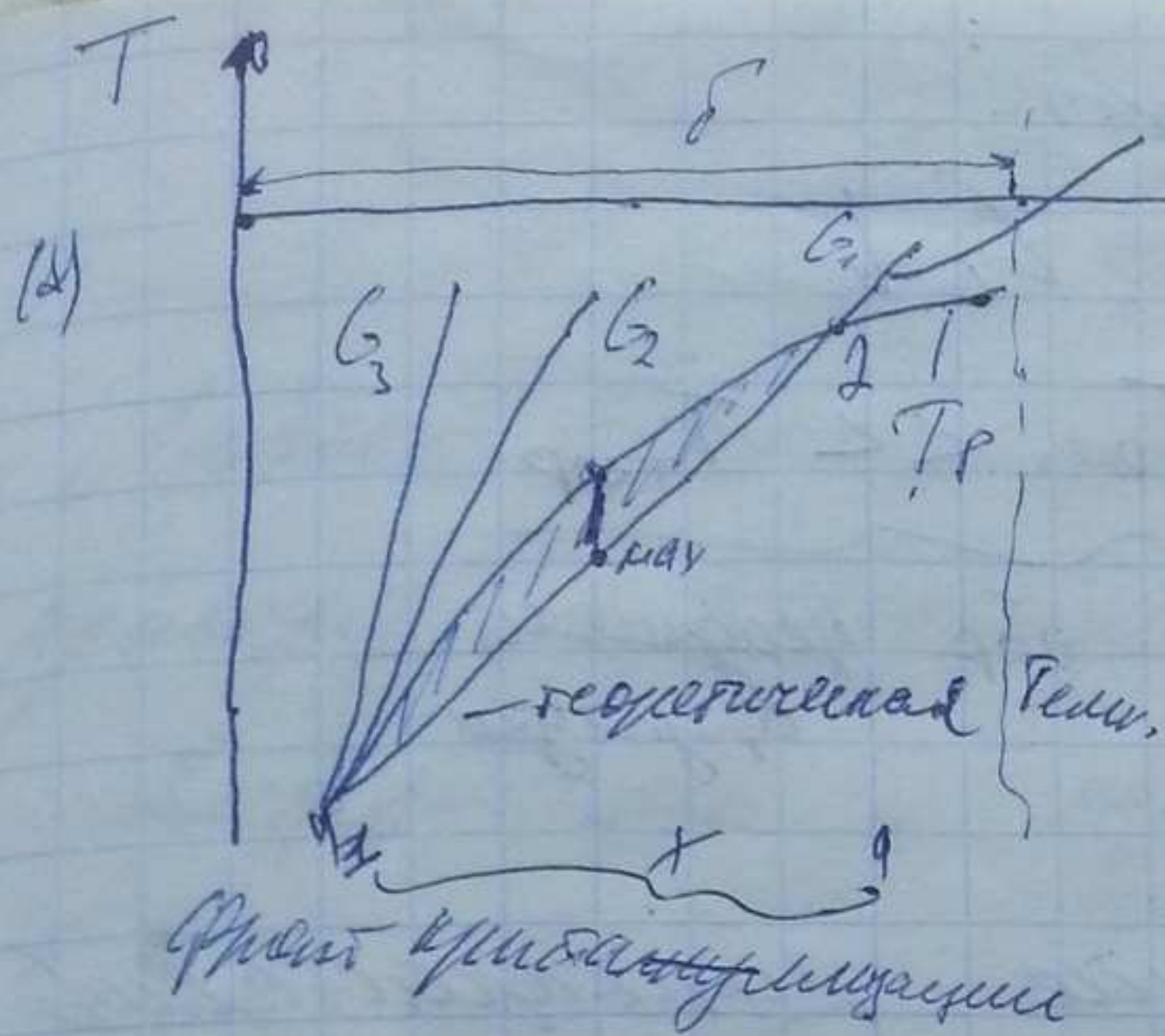
В твердой и жидкой фазах.



δ - расстояние от фронта кристаллизации

δ - фронт кристаллизации - зона выделения или выделения кристаллов при неравновесной

температуре в расплаве T_r



нагреваемая среда
кристаллизующаяся среда

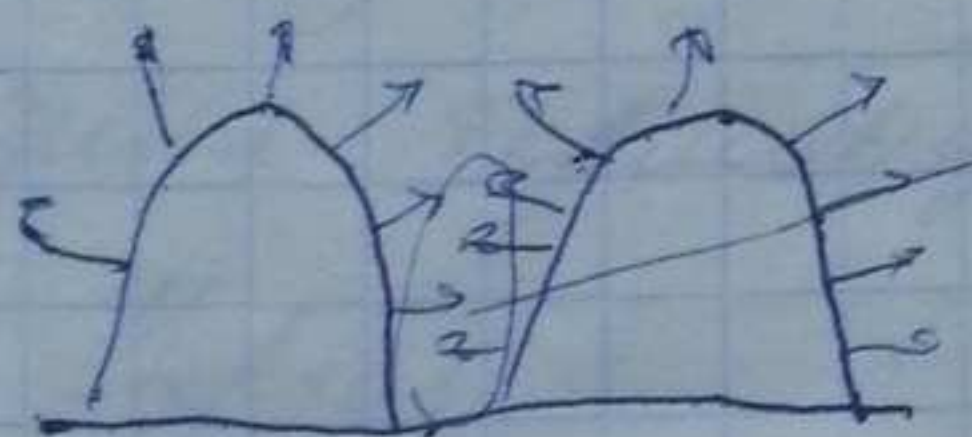
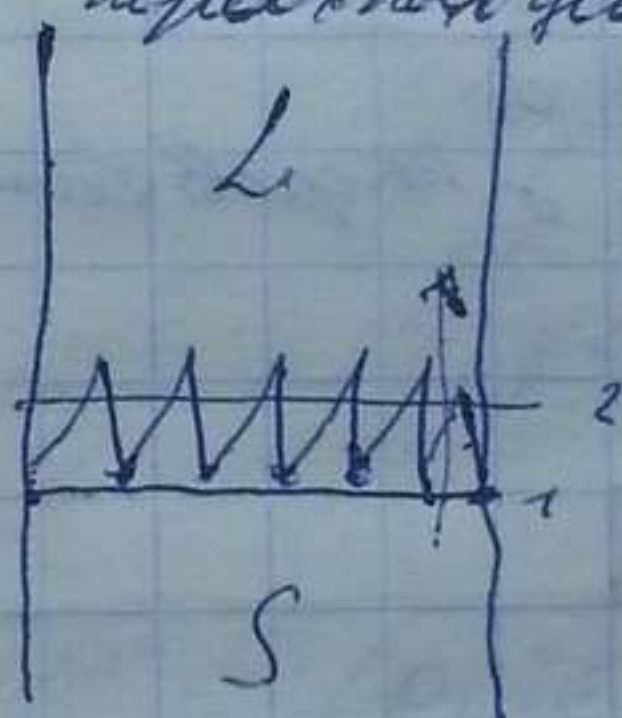
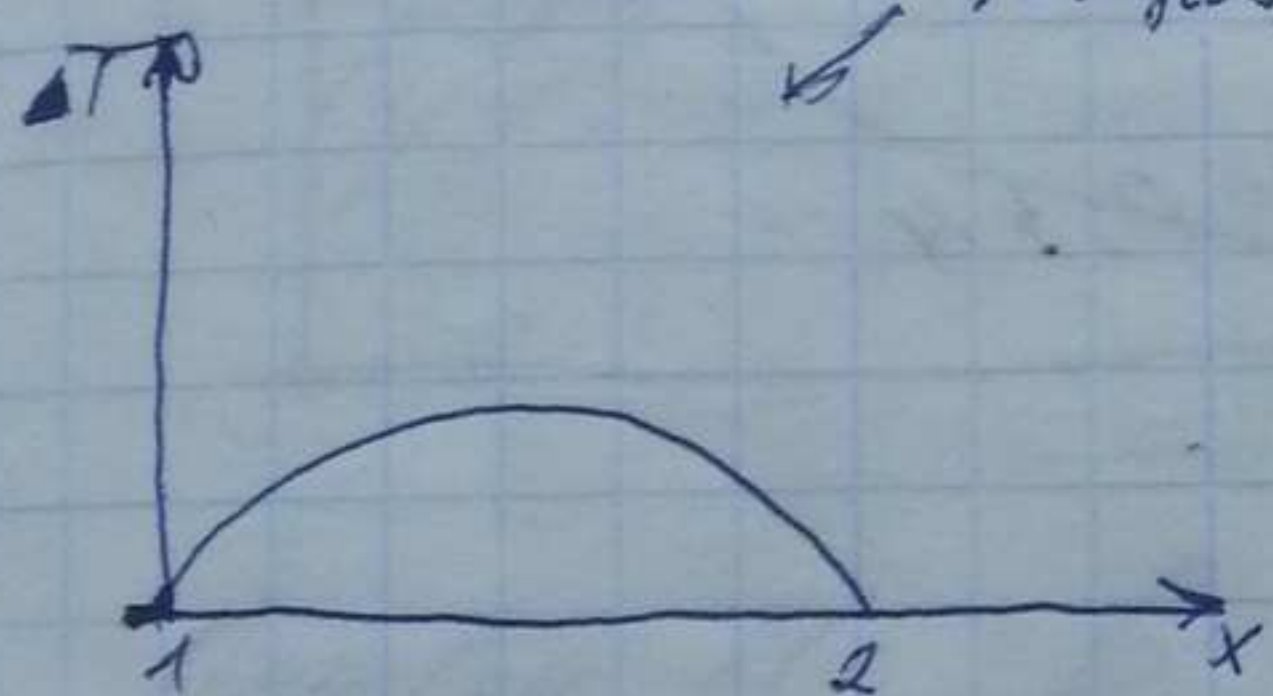
$T_0 > T_{раст}$
нагреваемая среда

$$G_3 > G_2 > G_1$$

При G_1 - температура
жидкости меньше чем
равновесная температура

Это приводит к формированию на фронте

кристаллизации структур кристаллизации
быстрое концентрированное переохлаждение



область быстрого кристаллического
элементарного

структурное формирование при
данных условиях

$$\frac{G_2}{v} \leq \frac{\mu (1 - K_0) C_s}{D + K_0}$$

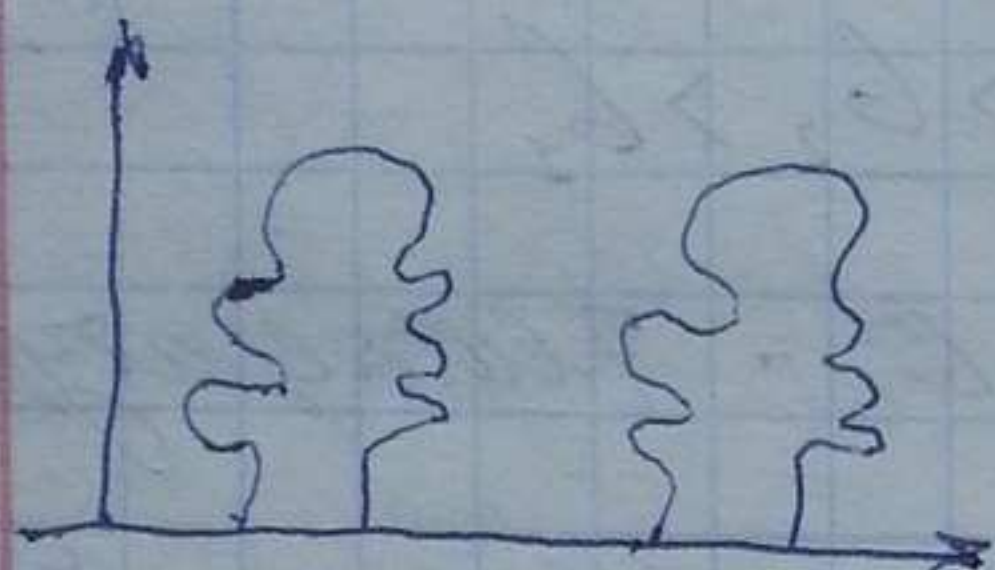
малый фронт
в кристаллической структуре

G_2 - температура град. в жидкой фазе

μ - число наклона линии смещения

III дендритная структура:

Причины: $C \uparrow$, $V \uparrow$, $L \downarrow$



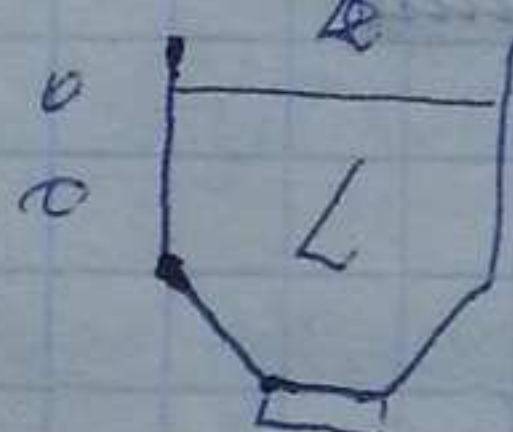
$$T_{\text{факт}} \ll T_{\text{теор}}$$

обр. дендритной структуры.

Выращивание монокристаллов

Приемы выращивания у растений:

1) Бриджмена



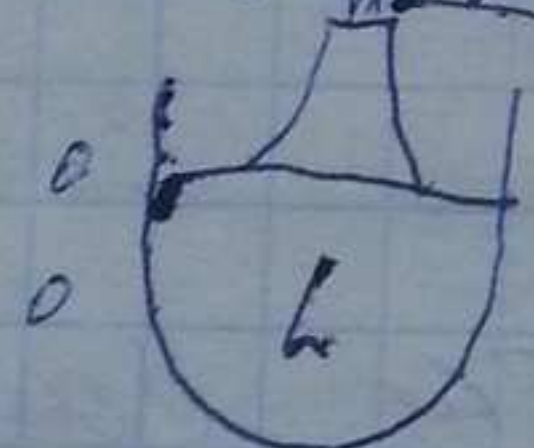
нагреватель

Φ до 0,5 м



холодильник

2) Стохренинского



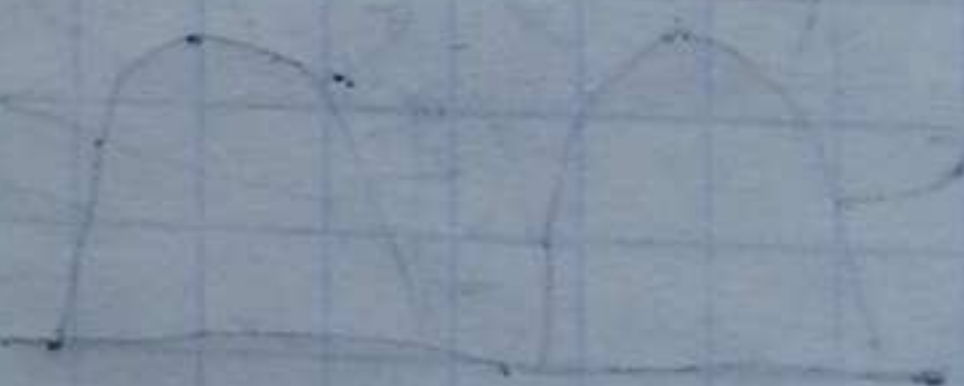
заправочный кристалл

нагреватель



3) Ланге-малая

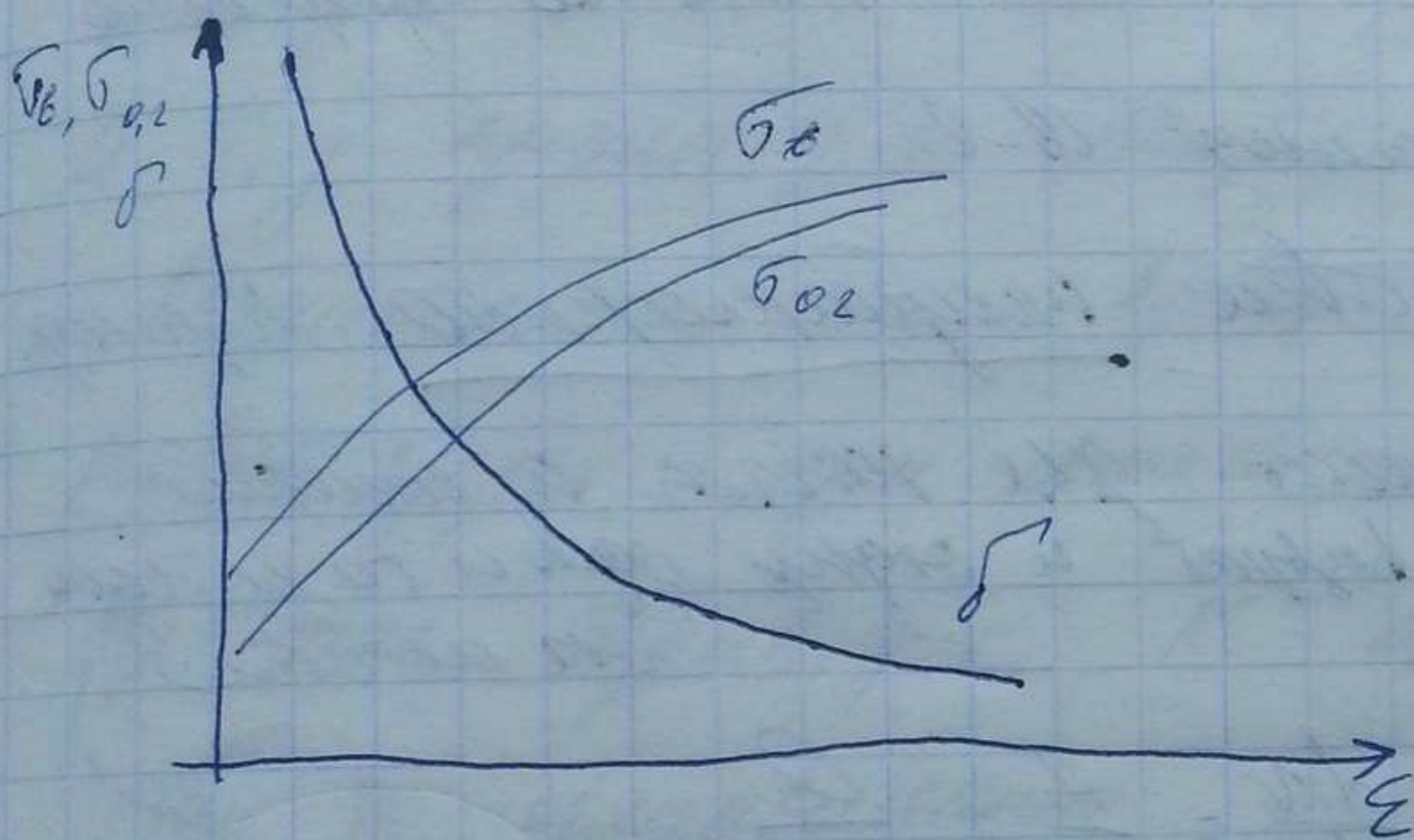
4) Степанова



Поиск и материалы 21.02
Металлов

Любое внешнее воздействие на материал приводит к некоторым изменениям

Деформация — изменение



σ — напряжение

H_v — твердость

$\sigma_{0.2}$ — условный

предел текучести.

Деформация $\epsilon_{0.2}$

Перевод $\epsilon_{0.2}$ в равновесное состояние происходит при термической обработке

Поиск — стадии процесса устранения напряженного состояния $\epsilon_{0.2}$

Поиск — способность кривых σ и ϵ достигать совершенства $\epsilon_{0.2}$ без сужения размера и формы зерен.

Поиск:

1) отрыв

сбавается!

Структура не меняется.

2) Полимеризация

Отдых - смена со структурными совершенствами материала и восстановление св-ств.

Меняются физ. св-ва на $\approx 20\%$ (р)

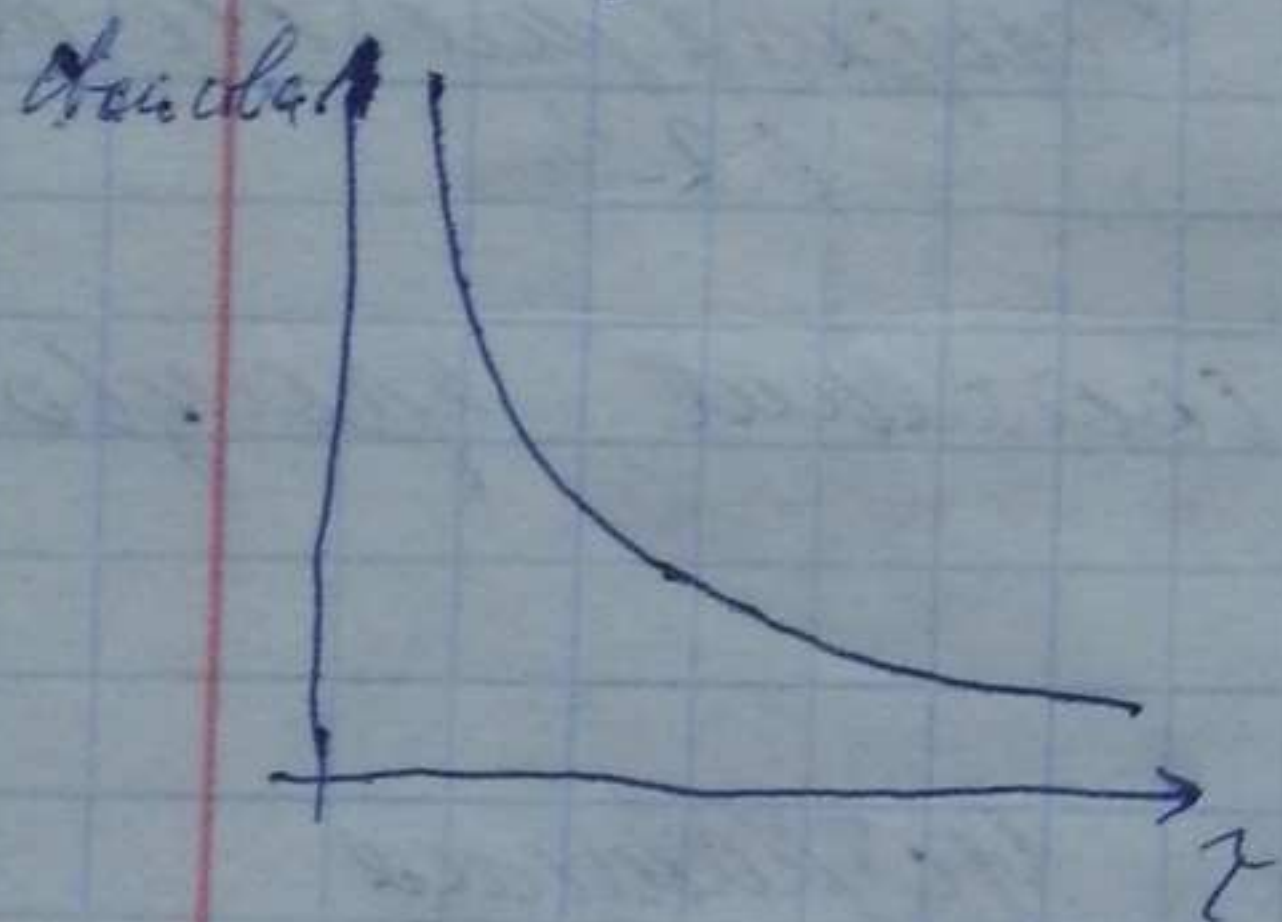
$\approx 10\%$ (Нв, бв)

$T \approx 0,3 T_{пл} \Rightarrow$ критиче-
ские темп-ры гелеобразования

Уменьшение прочности
относительно св-ва непрочных св-в.

Свойства: структурные макромол. цепи

Уменьшение времени для начала ирригации
возраст и отрыв от него и все это
материалом. Это не одно



$$\frac{dr}{dt} = \frac{A}{r} = \frac{Q}{Rr}$$

Полимеризация - { тоже то же и
отдых, но с увеличением
в жидких средах условия?

срещу 2



$\angle = 10-30^\circ$

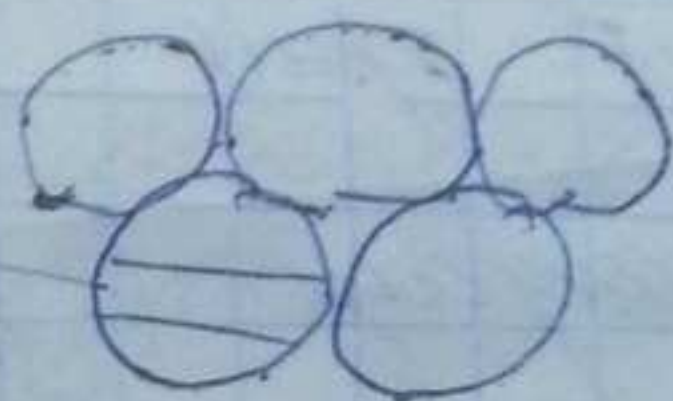
Изменение структурного состояния
в отрыве от жидкой среды!

Образование субструктур в жидких и обраба-
ные отхода из дисперсий

Г Л Л Л Л Л
Л Л Г Г Л

и

Г Г Г Г
Г Г Г Г



← наноизмерения

При увеличении температуры, времени нагрева и т.д. происходит рекристаллизация.
Рекристаллизация - процесс рождения и роста новых зерен при локальном и температурной обработке, приводит к структурному совершенству и уменьшению свободной энергии.
Происходит при упрочении и во время выдержки зерен.

Первичная рекристаллизация (ПР)

Соборательная рекристаллизация (СР)

Вторичная рекристаллизация (ВР)

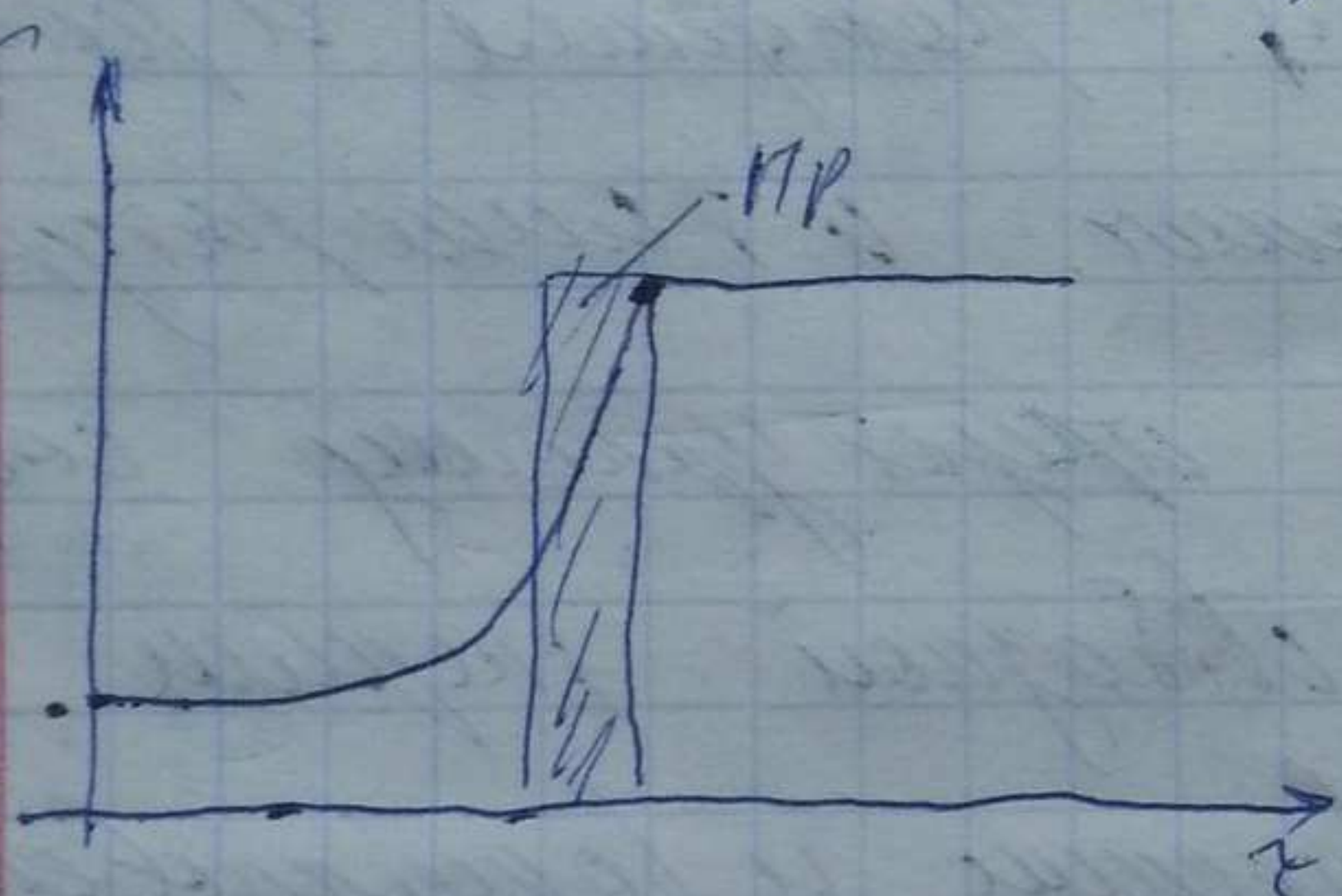
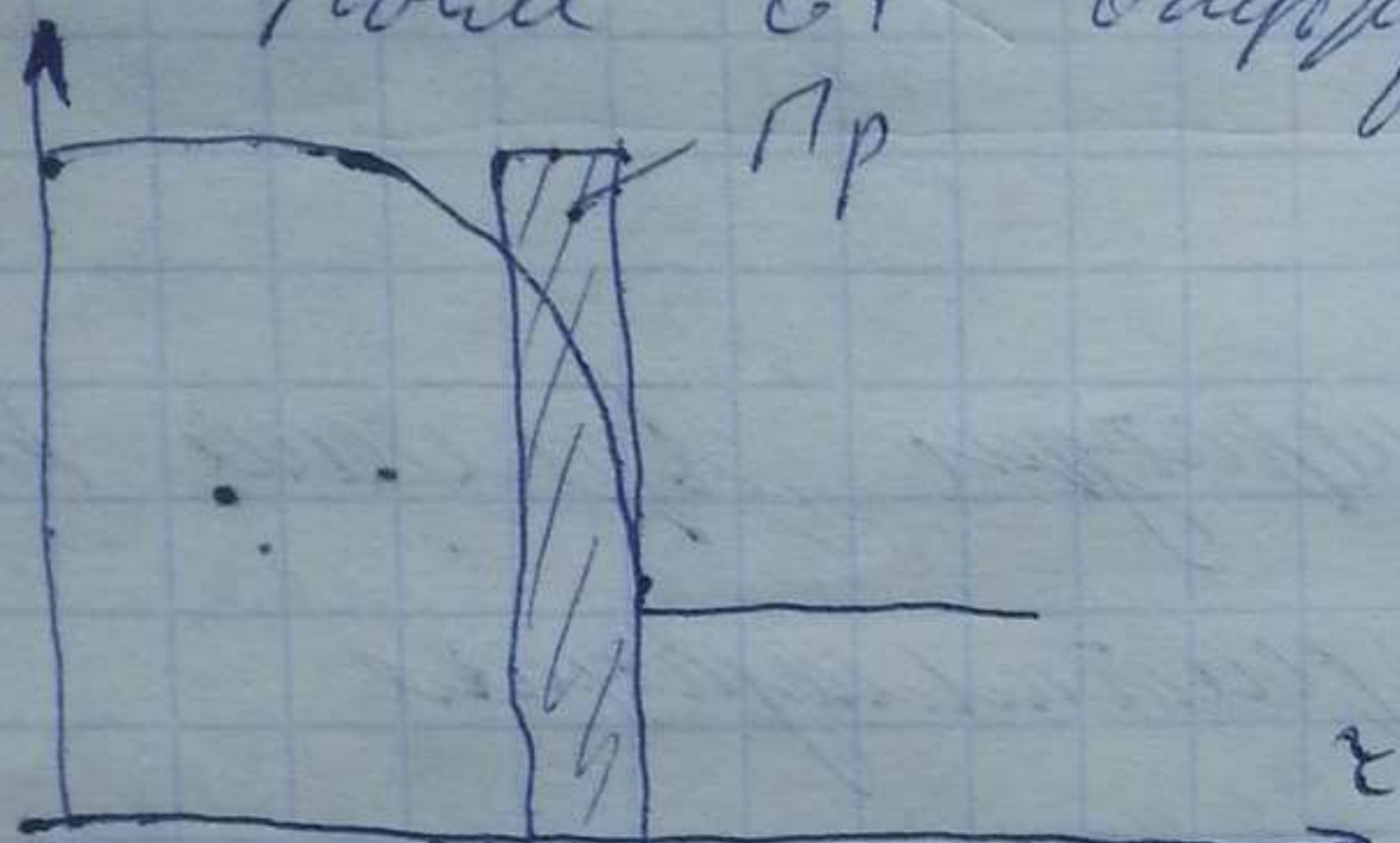
ПР - процесс зарождения центров рекристаллизации их рост до соприкосновения с соседними

зернами

наноизмерения

ВР - образование новых зерен

σ_p - рост ^{вдоль} рекристаллизованных зерен
 за счет ^{увеличение} ~~увеличение~~ ^{за счет} ~~увеличение~~ ^{присоединения} ~~увеличение~~ ^{размеров} ~~увеличение~~ ^{зерен}
 Δp - { ^{магнитность} ~~магнитность~~ ^{по} ~~по~~ ^{вдоль} ~~вдоль~~ ^{зерен} ~~зерен~~ ^{могут} ~~могут~~ ^{образовываться} ~~образовываться~~ ^{зерна} }
 после σ_p ^{вдоль} ~~вдоль~~ ^{зерен} ~~зерен ^{могут} ~~могут~~ ^{образовываться} ~~образовываться~~ ^{зерна}~~



Наличие ^{отличных} ~~отличных~~ ^{фазовых} ~~фазовых~~ ^{на} ~~на ^{рекристал-} ~~рекристал- ^{лизацию} ~~лизацию~~.~~~~

$N, \dot{\epsilon}, \dot{\gamma}$ - скорость деформации ^(и др.) ~~(и др.)~~
 $N = \frac{\Delta n}{\Delta t}$ - скорость зарождения ^{крайних} ~~крайних~~ ^{рекристал-} ~~рекристал- ^{лизации} ~~лизации~~.~~

$$N = N_0 \exp \left(- \frac{Q_n}{RT} \right) ; Q_n - \text{эн. актив.}^{\text{св.}} \text{ для } \text{рекристаллизации}$$

$$G = \frac{\Delta \Phi}{\Delta \tau}$$

здесь $\Delta \Phi$

или скорость роста
зародышей

$$G = G_0 \exp \left(- \frac{Q_0}{R\tau} \right), Q_0 - \text{т.ч. активации}$$

температурная зав-ть сред. роста зародышей $T_{кр}$

Фактор воздействия	N	G	Результат D^*
ξ	растет	растет слабо	уменьшается
T	растет	растет	слабо зависит
скорость перемещения	растет	растет слабо	уменьшается
Нерастворимые вещества	растет	уменьшается слабо	уменьшается

1) $T_p^* = (0.2 \div 0.3) T_{кр}$ - медленный Met

2) Применим $\Delta \tau = (T_{кр} - T_p) \Delta \tau \uparrow T_p^* \uparrow$

$T_p^* \sim (0.38 \div 0.4) T_{кр}$

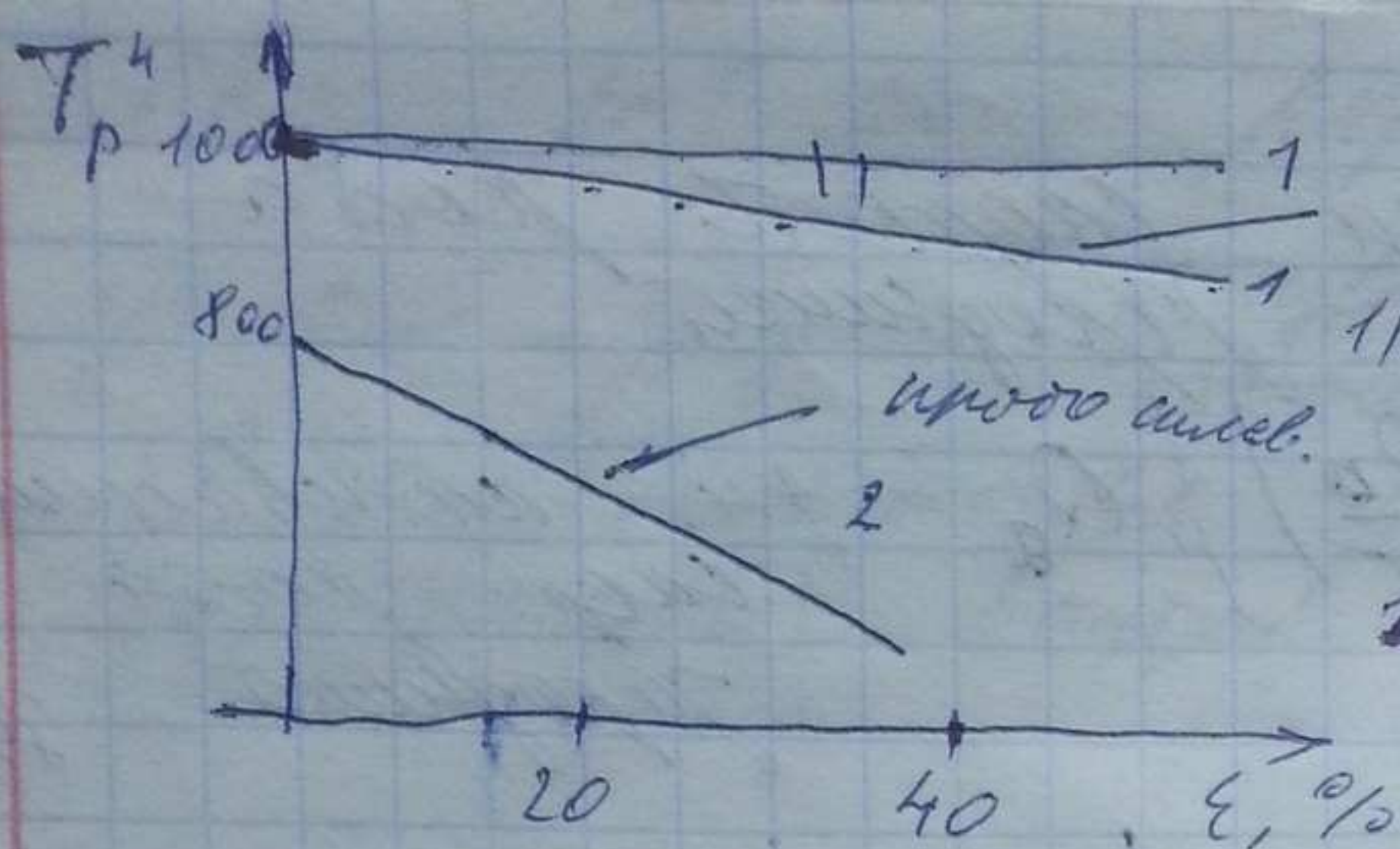
$C_0 \downarrow T_p^* \uparrow$

3) Мелкие (однофазные)

$T_p^* \sim (0.5 \div 0.6) T_{кр}$

4) Старшие металлы

$T_p^* \sim (0.6 \div 0.8) T_{кр}$



старение

1) старение сплава $W_i - (C - Al - Ti - Co)$

2) сплав $W_i - Cu$

ПР:

1) сплав ПР ϵ_{max}

2) $\epsilon \downarrow$ $T \uparrow$

3) $T \uparrow$ $T_p \downarrow$ меньшие зерна

4) D больше зависит от ϵ , чем от T

5) $D_{max} \uparrow$ ПР $\uparrow$ $\epsilon \uparrow$

6) $\epsilon \uparrow$ после ПР $D \uparrow$

Динамич. рекристаллизация - деформация и отжиг (одновременно)

28.02.13

Виды параметров на процесс термической обработки зерна:

$D - \text{ПР}$

Процесс разрыхляемости и вид графика разрыхляемости. - графическая зависимость объема зерна от температуры и степени деформации.

$f(T, \epsilon)$

Графическое представление

зависимости размера

зерна от деформации и температуры.



$D.P$ - I рода - статическая разрыхляемость - $(\epsilon \rightarrow T)$
 $D.P$ - II рода } - 100% динамическая
 $D.P$ - III рода } - динамическая P.
 не 100%

$D.P + \text{доп}$
 нарез (термич.) :
 обработка

Рекристаллизация - процесс зарождения
и роста новых зерен при деформации
и нагревании.

Статическая - термобработка и деформация
происходит последовательно.

$\epsilon \rightarrow T$

Динамическая - термобработка и
деформация происходят одновременно.

ϵ, T

Температура деформации - ориентированное расположение
составных частей ТЦТ (зерен)!

- ориентированное расположение зерен после
деформации.

Подразумевает кристаллографическую
структуру. Ориентированная структура - кристаллы
упорядочены по направлению $\{111\}$
Сначала просто осями.



Поверхность - определяется и ~~на~~
направлена $\angle$ α и β и γ
которые входят на поверхность α .

Тисотра - собственная и не-идеальная
применяемость.

Но текстура формирует и некую
статическую гармонию по мере
начало ^{му} формирования.

Г. Дедерман - пог. Личным. Лично
примечаний нет

ГР - ~~в~~ в результате уменьшения
свободной Е статьи.

TP может остановить TD по необходимости.
но не наоборот.

В ДР также существуют риски
повышения ст. расходов.

Сталь и сплав

Амортизации много не приводит
и повышенную прочность.

Пластичность падает.

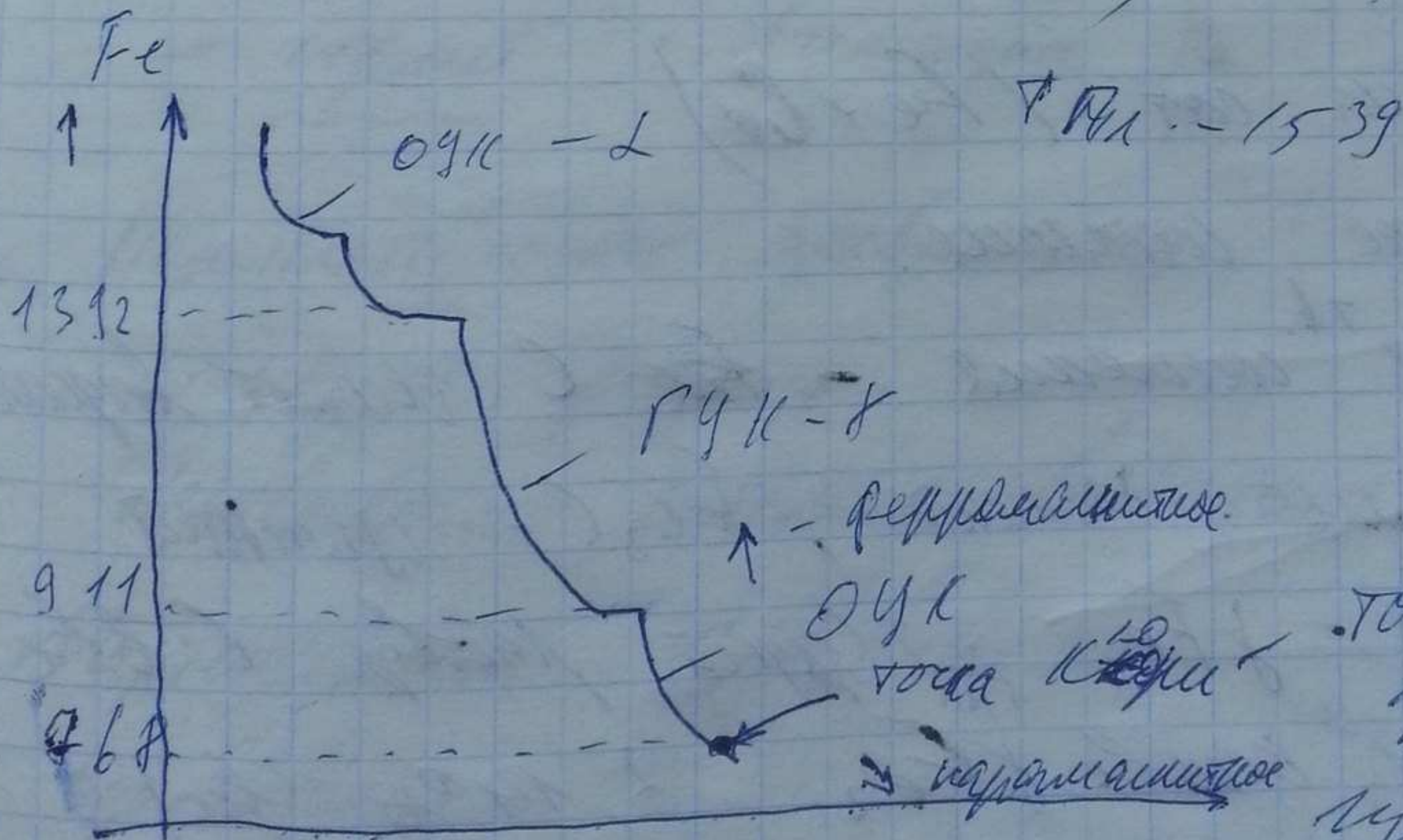
Пластичность можно вернуть другим
способами.

Сталь - $Fe > 50\%$

Сплав - $Fe < 50\%$

Основная задача в стали $Fe + C$

Подобно Fe_3C (~60%)



точка Магнитного
превращения.

уменьшение
св-в в
напряжении. Магнитных св-в

Углерод $\bar{e}$ вступает в реакцию с Fe и Fe_3C
и образует Fe_3C

Углерод - ферромагнитное и парамагнитное состояние.

Ферромагнетик - ферромагнитный сплав с высокой магнитной проницаемостью и остаточной намагниченностью.

Пар - в ферромагнитном состоянии с Fe , но если вынести из него углерод, то намагниченность пропадает.

Диамагнетик - отталкивает Fe (сильно, слабо)

Диамагнетик Fe ($\text{Fe} + \text{C}$)

Равновесное состояние.

Однородное состояние - Fe с C может вступить в реакцию с Fe , Fe_3C - Fe и C .

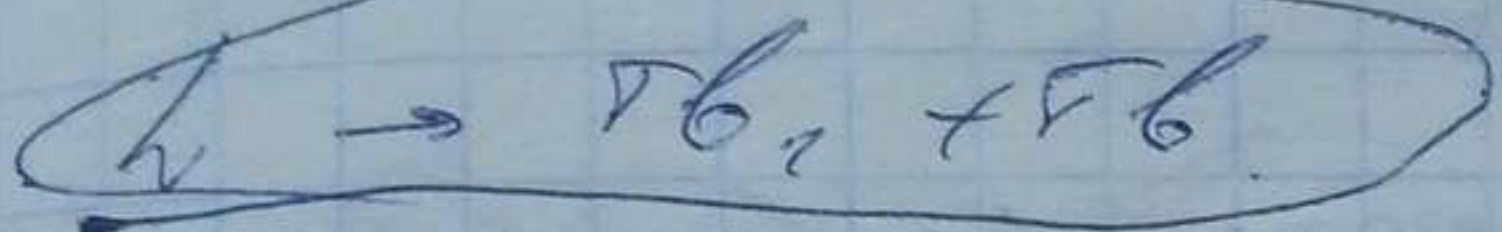
Углерод - Fe_2 - твердый раствор C в Fe
но на основе Fe_2 2,14% (Fe)

1147°C

Феррит - твердый раствор углерода в Fe с малым содержанием Fe^{0.01%}. На графитовые составы. Блеск. (~0,01% 727°C)

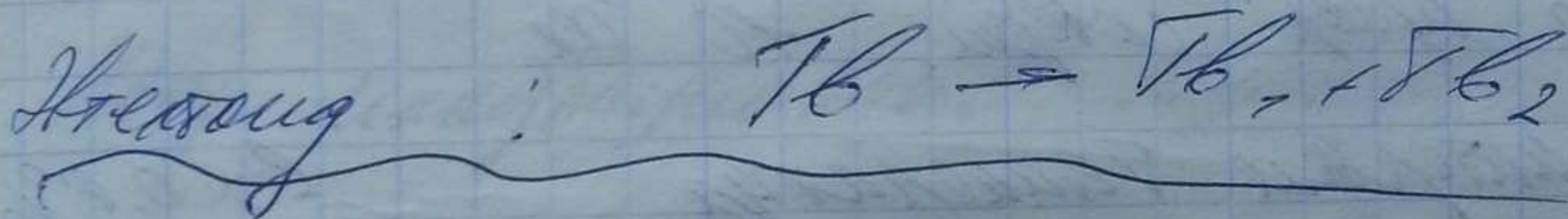
Двухфазное равновесие в железе.

1147°C 4,3% C (равновесное превращение)



L (4,3% C) $\rightarrow$ аустенит (2,14%) + цементит (Fe₃C) $\rightarrow$ ~~2,14%~~

- ледебурит



Аустенит (0,8% C) $\rightarrow$ цементит + феррит $\rightarrow$

феррит - железоуглеродное

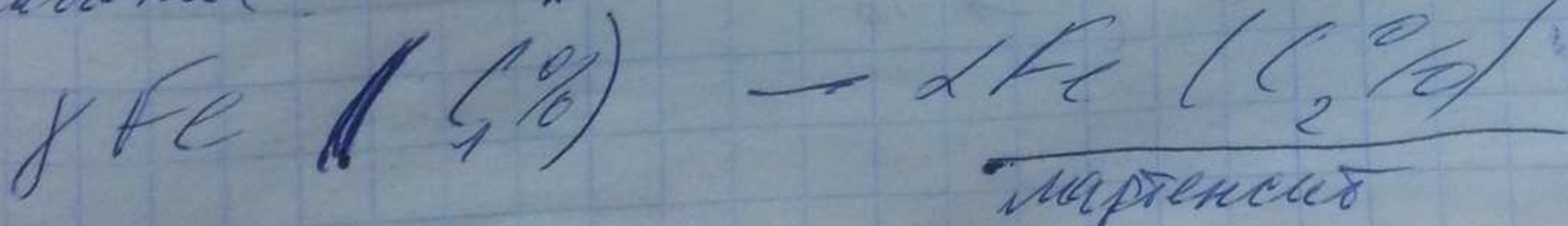
Периодическое превращение: $X + Tb \rightarrow Tb$

и фазное превращение

Неравновесные составы в системе Fe-C

Мартенситное превращение - свойства феррита

образуются



ОУИ $\rightarrow$ ОУИ (исключая тетраэдрические)

Средства быстрого охлаждения (медь, тетраэдричность)

Многие на порядок больше, чем в равн. сост.

Возможности марганцевого превращения:

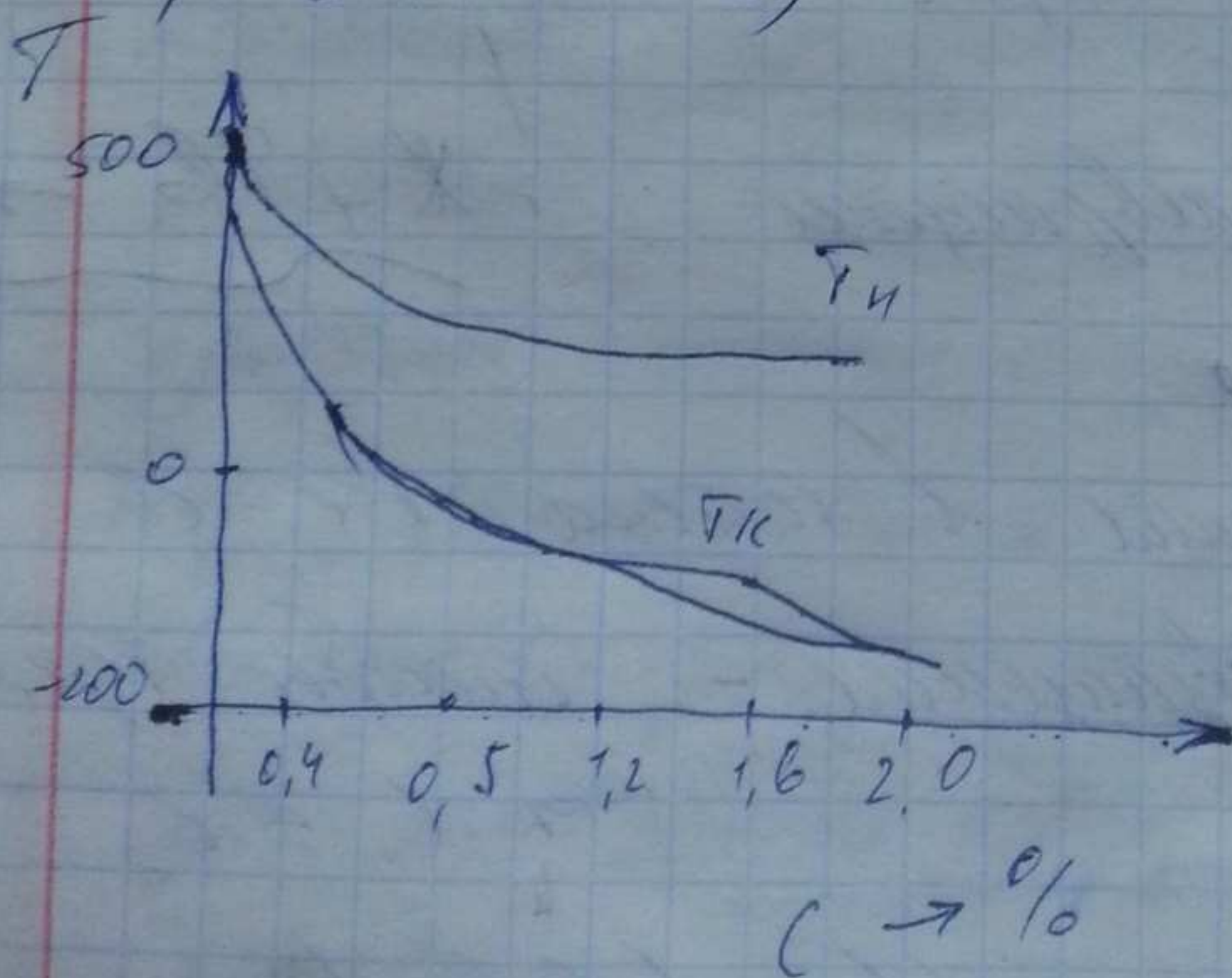
- 1) Бездиффузионный
- 2) Большие скорости превращения 10^{-7} сек

Полностью превр. соверш. 10^{-3} сек.

- 3) В интервале температур: $C \sim 0,8\%$

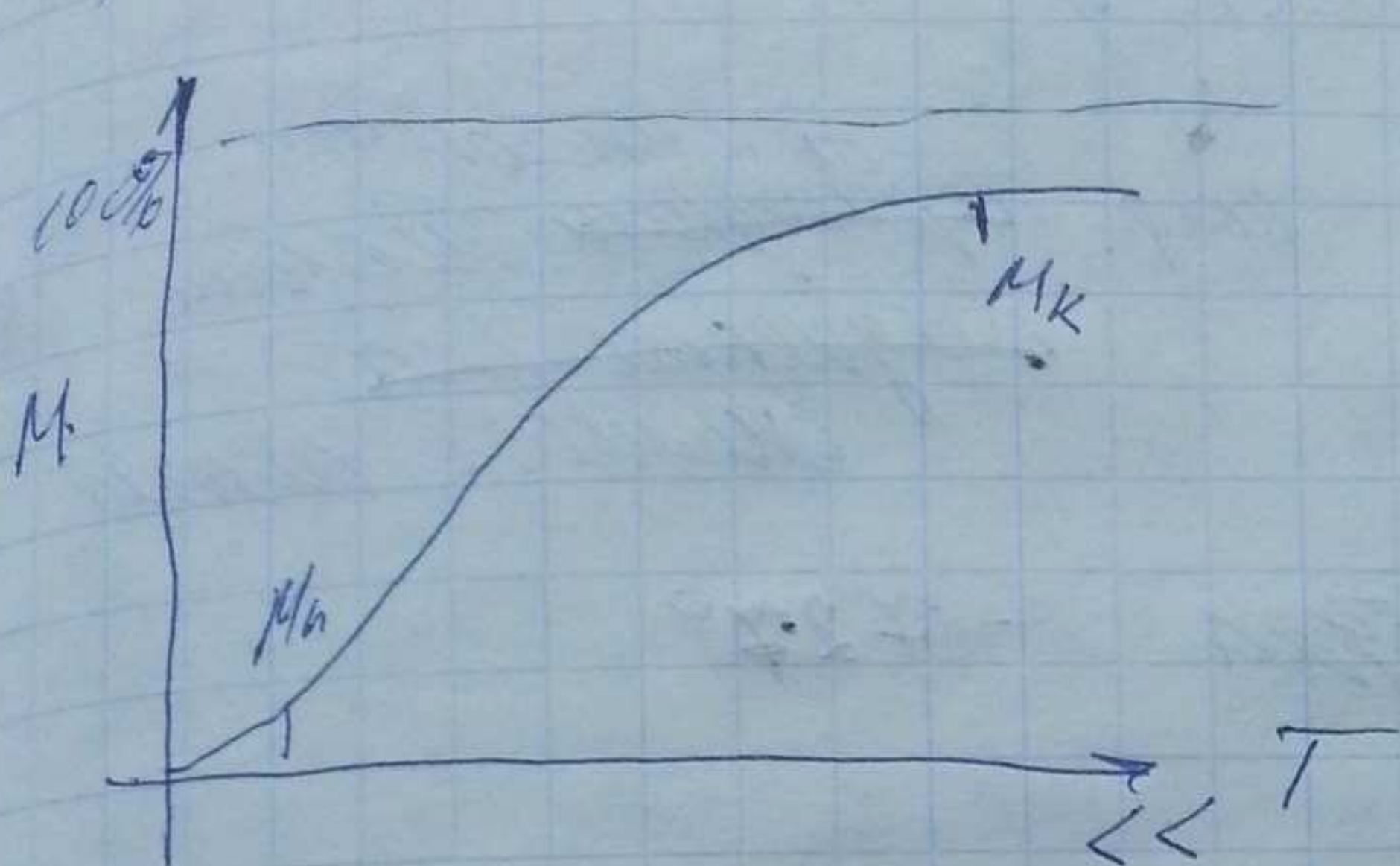
$$T^* = 250^\circ\text{C} \quad T^* = -50^\circ\text{C}$$

$$4) \Delta T \sim f(C)$$



С ростом $C\%$
увел. режима
 $T. (T_c)$

5) Аустенит не весь превращается



в мартенсит
Если мало с
увел, то и кон-
Аустенита увелич.

6) Форма выгнутые $\rightarrow$ пластичн.

гидр между выгнутыми пластин
 $\approx 60^\circ$

7) Мелу инаудачного мрамора (бу подготови)

8) Обратное диффузионное превращение неб.

9) $H_v, \sigma_b \rightarrow$ для мартенсита δ, ϵ карб
опадет выведет прочность при аустемп
(2, 3 дег)

10) Наблюдается так же для Co, Ti, Zr
 $Fe-Mn$ процесс диффуз. $\rightleftharpoons$
для этих металлов процесс диффуз.

Где более высокая температура

Долженно
100000 шт.

касф. ~~Брижоговск.~~
~~Пирогасы~~ - Пирогасы
~~Медовые рас~~
Смешанные стволы

Биллиант ←
издастак ←
мамы
мамы

~~Виды~~
 Гора
 Гора
 Гора
 Гора

Феррит + Углерод

Гейсман

Бам $C \approx 2,14\%$ — турани.

Мужик.

11 Белый - умерло после инфекции ГЗ

На подграве ~~в~~ всех ^{сложный великий} ~~обработке~~ ^{хруцкий}.

21 Серий зараженный черун.

Углерод в виде графита. В свободном виде Fe₃C мало. Поддается графитизации при сформировать свобод. структуру.

Хмельниковый чуши.

Многочисленный, новый.

Обеспечение обработки руины.

График ирей поль зрения. Чуши кер. 07.

Плотность - слабая.

Хорошие антифрикционные св-ва.

Решение вопроса.

Легкие свойства (хер) → конструктивные св-ва

Дешевым или сталь.

Метод мтб.

Стам.

Оба вида стальной по осн. признакам:

Амортизационные и неамортизационные.

↓
Умеренность (Fe-C)

Mn - 0,7, Si < 0,4

S < 0,06, P < 0,07

N, 0,17 ~ $2 \cdot 10^{-2} \%$

Применя в хлориде.

Mn, Si - "хорошие примеси" ^{вжм.} соединяются
с ферритом, ~~в~~ серой, в металле образуют
примеси

S, P - вредн.

S - вредность, ~~в~~ $Fe-FeS$ -
образуется эвтектика $988^\circ C$ при $T = 1000 - 1200^\circ C$

Границы зерен превр в хрупкость. падает
его прочность.

Соедин. выходит на поверхность.

P - хрупкость. Границы зерен
при нагреве T округляются.

N, O, H - образуют макрошвы.

Свойства.

гиперэвтектоидное ($C < 0,8\%$)

эвтектоидное ($C = 0,8\%$)

гипоэвтектоидное ($C > 0,8\%$)

Содерж.	$S \leq 0,06$	$P \leq 0,06$	} Карбиды
Начисл.	$S \leq 0,035$	$P \leq 0,03$	
Всего	$S \leq 0,025$	$P \leq 0,0025$	

Анализаторские и инструментальные

Анализаторские

~~Анализаторские~~

У-8 У-7 У-15

Содержимое углерода

СТ-1 СТ-2 СТ-6

Содержимое % C

СТ-3, 0,03%

Начисленные

СТ-0,5% ^{Содержимое C}

СТ-15, 20

СТ-45

СТ-85

Анализаторские: в металле Fe-C

добав. измерительные значения

и определяющие груп. мех. св-ва

Феррит - ~~более~~ ~~чистый~~ и более пластичная фаза.

Аустенит ~~более~~ прочный.

Мартенсит - более прочный прокат.

При легировании Fe добавляя аустенит и феррита применяются.

03.15

Легирование стали

- 1) Химический состав
- 2) Термическая обработка (нагревание до новой ферритной структуры). Создание определенной структуры.

$\text{Fe}-\text{C}$ / Аустенит 0,02% растворимость)

$\text{Fe}-\text{C}$ + He - элементы.

δ, γ

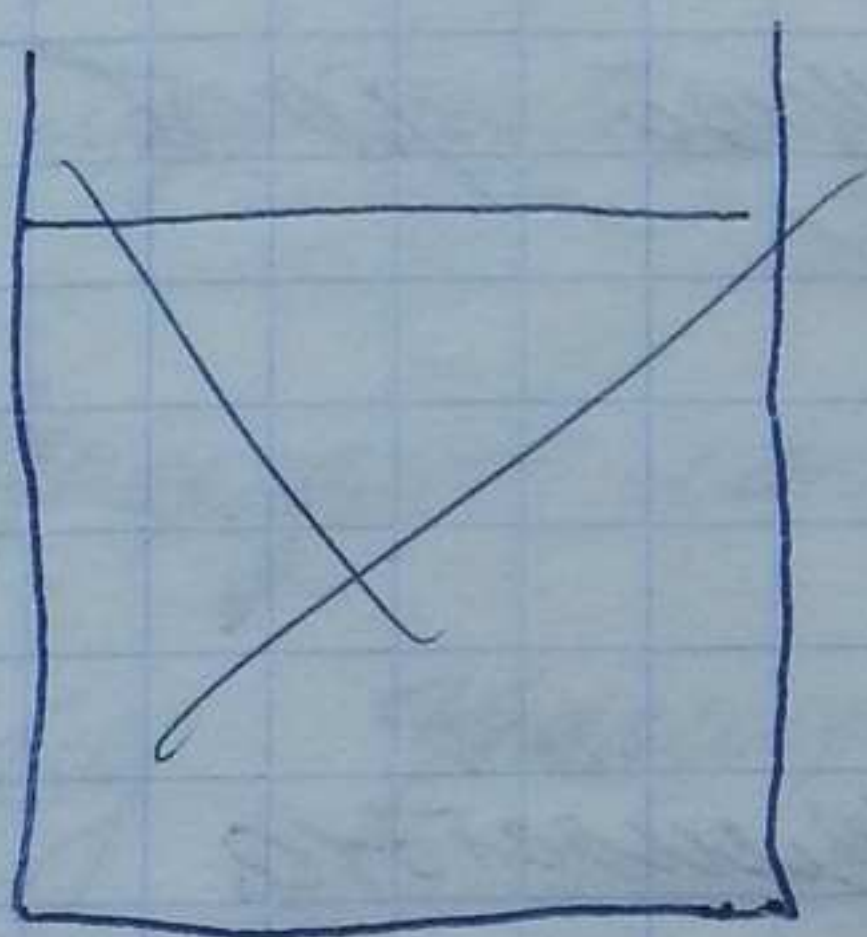
Легированными элементами являются область
существования δ и γ Fe

1) Ni (Ni, Mn, Co, P, Cu) -

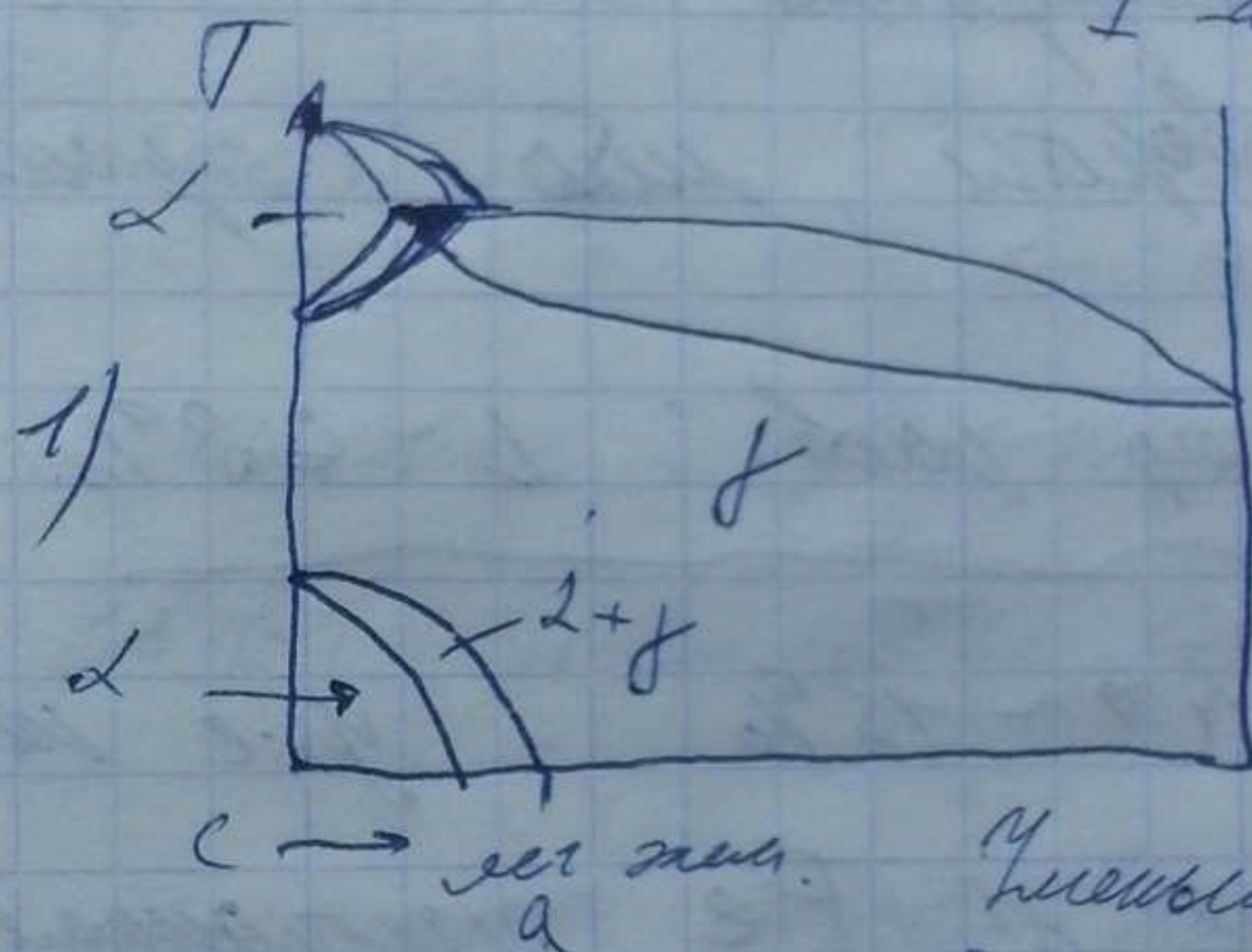
- расширяет область существования
аустенитной структуры

2) Cr (Cr, Si, Al, W, V, Mo, Ti ...) -

расширяет α область (мартенситную
структуру)



Fe-C



I-ая группа

$C \geq 14\%$

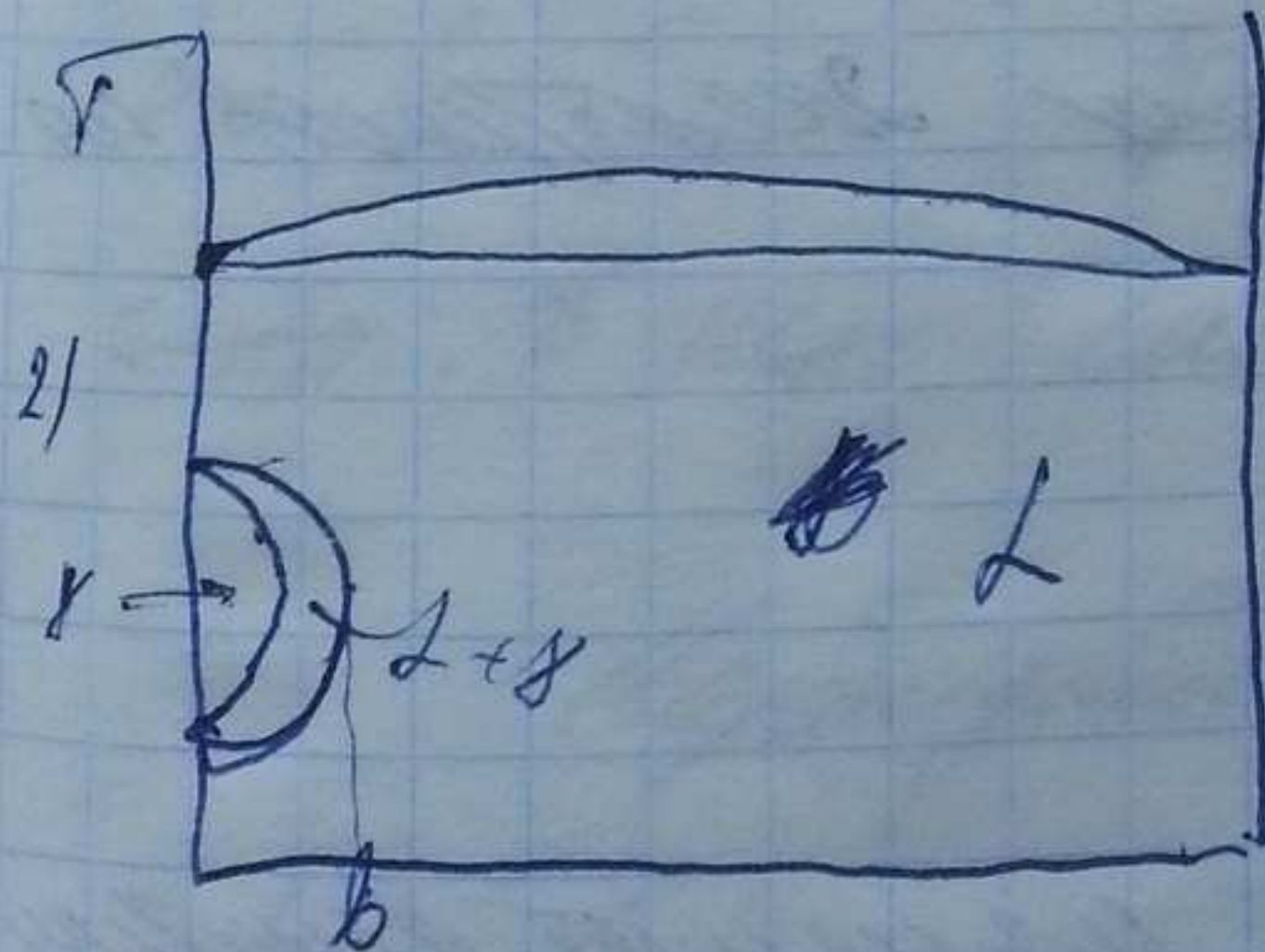
$T \sim 200^\circ C$

$C \rightarrow$ пер. темп.

Уменьшение L
область растет γ
область

След за, то только
 γ область.

II-ая группа



$C \rightarrow$ пер. темп.

$C_{12} \geq 0$, только α область.

Пути легирования можно создать
в стали однородное состояние ~~или~~
либо α и γ , ~~или~~ может при
определенной концентрации сохраняться
даже при перенатывании γ .

Легирование эл-ов может выполняться
раствором, либо с ограниченной расств.

Неогр. расств.: $\Delta \gamma \in 8\%$

$\Delta \gamma \sim 15\%$ — уже не полностью.

Для γ Fe максимальная концентрация $\leq 1,48$
отношение числа валентных электронов к
числу атомов.

$\gamma \text{ Fe} \leq 1,48$

Легирование сталей не приводит к мартен-
ситному превращению (мартенситное
превращение обр. бездиф. путей)

Легированным металлом ~~не~~ начальную
и начальную температуру марбенистого
превращения.

- 1) аустенит
- 2) мартенсит
- 3) аустенит-мартенсит.
- 4) мартенсит-прилитие.

В сталь может
применяться
сметанный
фаз.

Однородное сост. системы при переходе
через границу в ба микробы стали.

Хим. состав - величина ~~не~~ изменяется
а в нем фазовый состав может меняться.
~~но~~ в нем способным обрабатыв.

Нарядные стали.

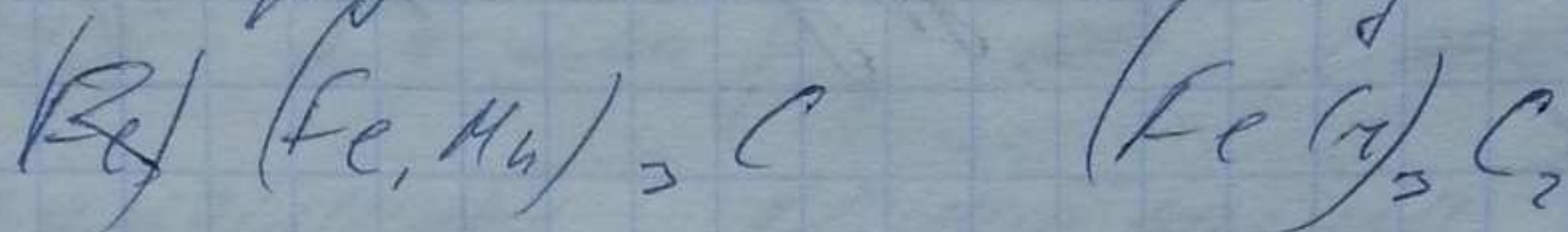
Fe-C $\rightarrow$ Fe₃C - цементит (карбид
железа)

Σ O, N, H, C. - 10⁻²% Углерод в стали
мало
железо. всего всего.

0,1%

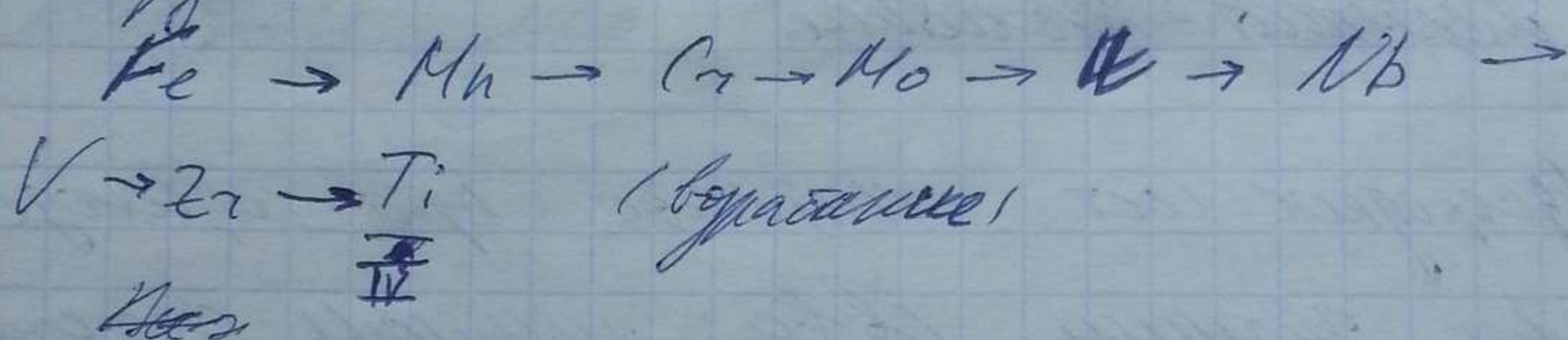
Al, Ti Al_2O_3 , TiO_2

В углерода много. Поэтому азалим с углеродом



Замещение части углерода микронными
элементами.

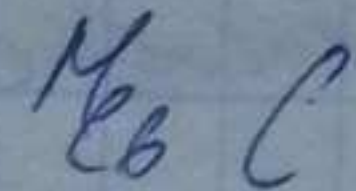
На рис. способность образования карбидов
микроэлементов с Fe:



Mg, Si, Cu, Co, Al — ~~не~~ либо не образует
либо весьма нестойкие.

Разделяют 2 группы элементов:

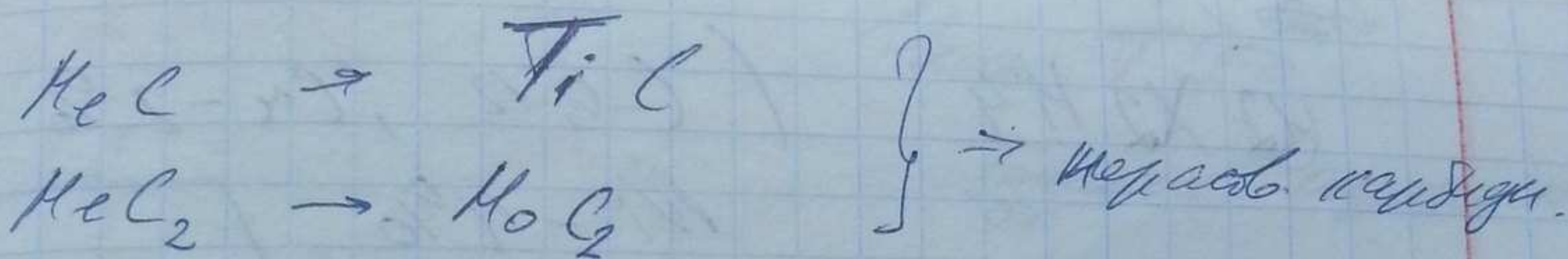
I — Me_3C



растворимые
карбиды

В Fe могут входить в разных %
отношения

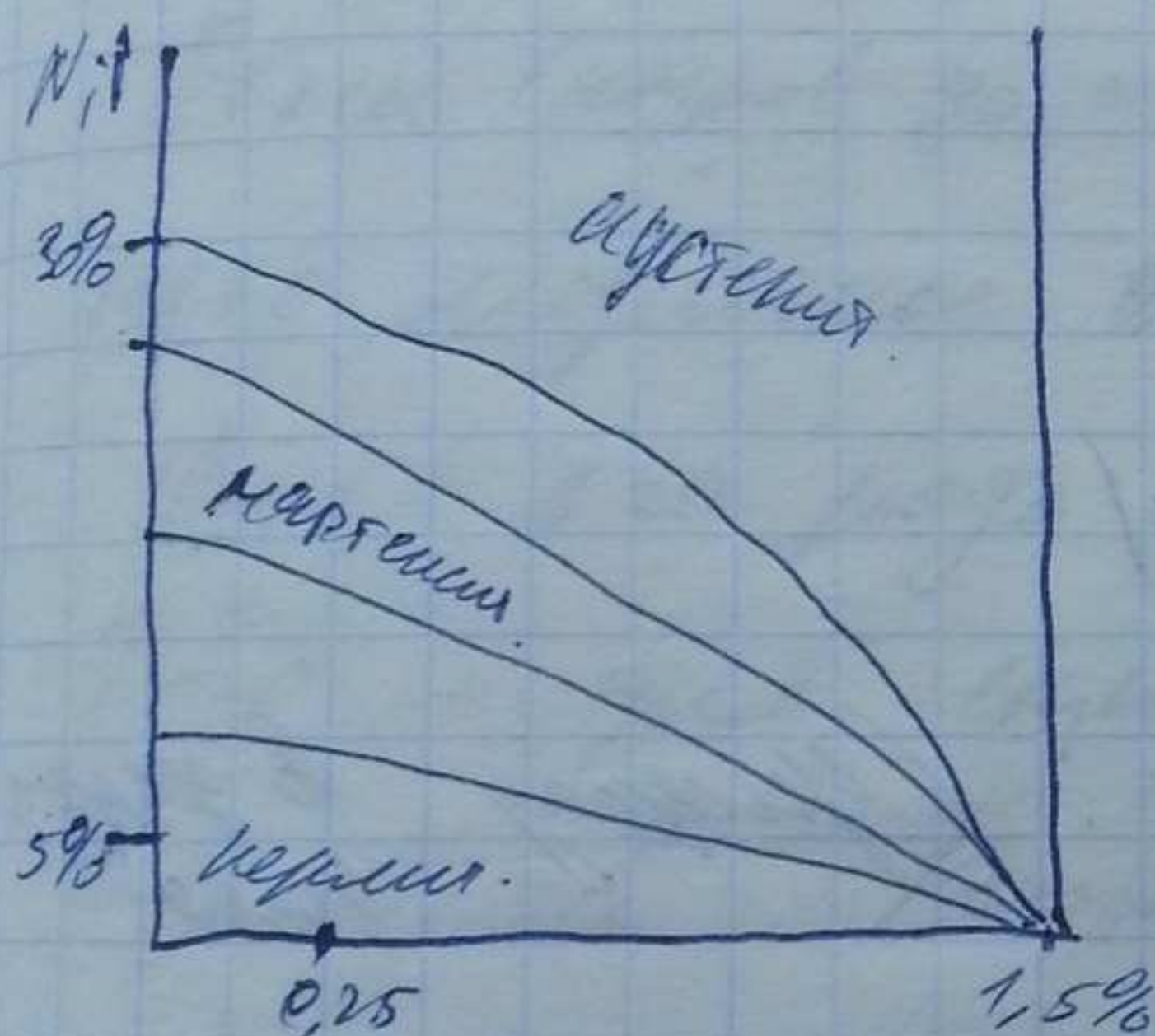
II



Легкие карбиды. (Zr , V , Ta , Ti)

Массивные в виде углеродистого фз.

Дисперсион TiC



Фазовый состав стали

и легирование ее углеродом.

Маркировка:

A - ауст (N)	M - Mo	Q - V
B - молибд (Nb)	H - Ni	X - Cr
Г - марганец (Mn)	П - P	У - Zr
Д - медь (Cu)	Р - B	У - <u>P304</u>
Е - селен (Se)	С - Si	Ю - Al.
К - кобальт (Co)	Т - Ti	

~~0,00~~ , ~~то~~ ~~согласно~~ ~~дан~~ ~~%~~ ~~чист.~~

12 X 2 H 4

(C - 0,12 , Mn - 2 %
Ni - 4 %

10 X 18 H 9 T

(C - 0,1 %

нет цифр в районе ~~1~~ 1 %

38 X H 3 H ФА

(C - 0,38

↑
исчислено (всего)

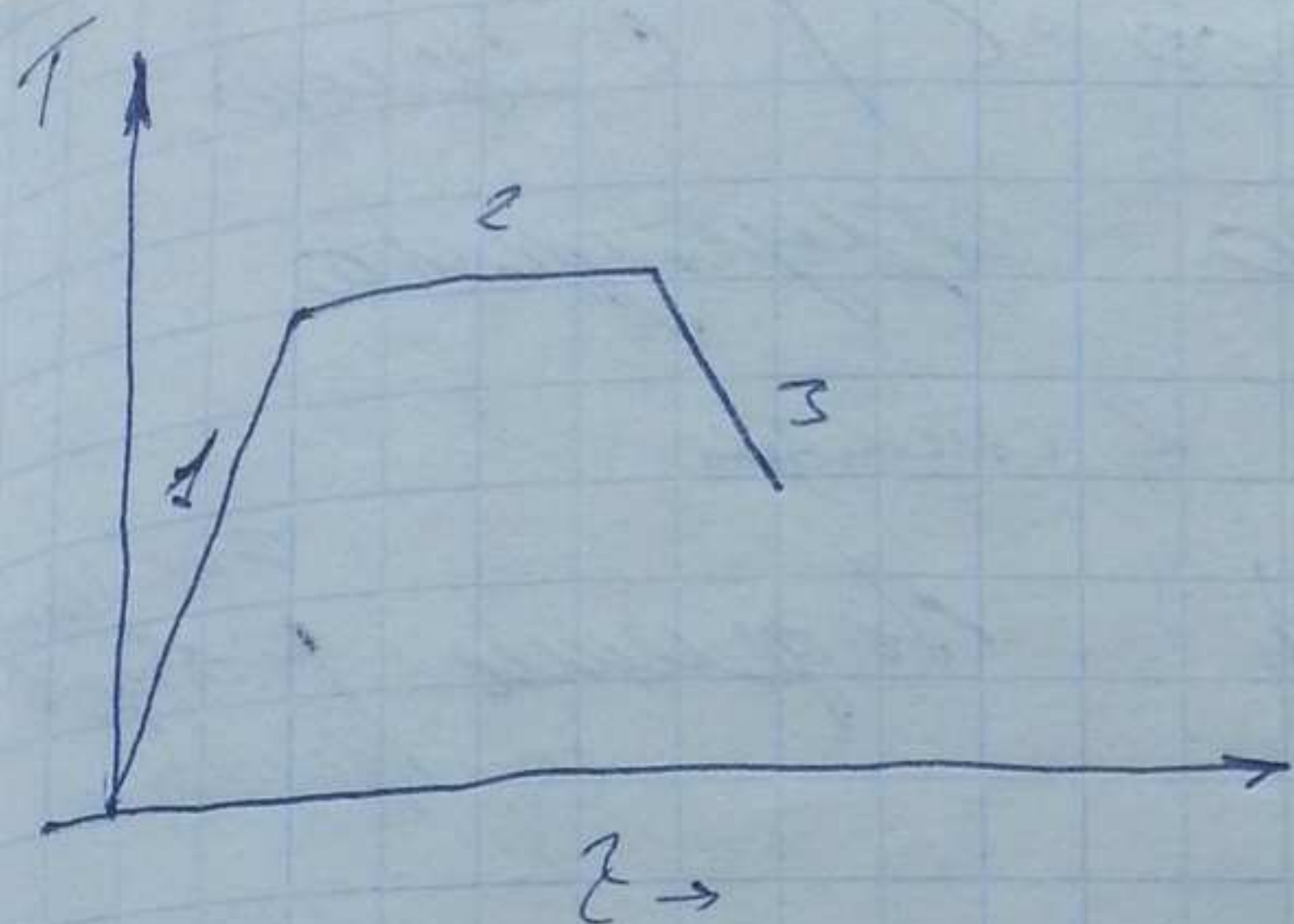
Метрические стали : (средняя в группах)
3 X 2 B ФР.

Амперы 25 P 2 C

Основы термической обработки

Свойства стали зависят от хим и

структуры первого состава



Цель Т.О. -

- создание определенных
структур при изме-
нении модальных
свойств без изменения
химического состава.

Отлив (нагрев до среды T и выдержка при среде T)
Также медленное охлаждение

Отлив I-го рода и II-го рода

I-го - при сильном перепаде температур
напряжений. Которые возникают в рез-те
упрочнения.

Отлив II-го рода - при уменьшении
газового состава.

Закалка: быстрое охлаждение металла.

~~Выход~~ медленное равномерное структурного
востановления.

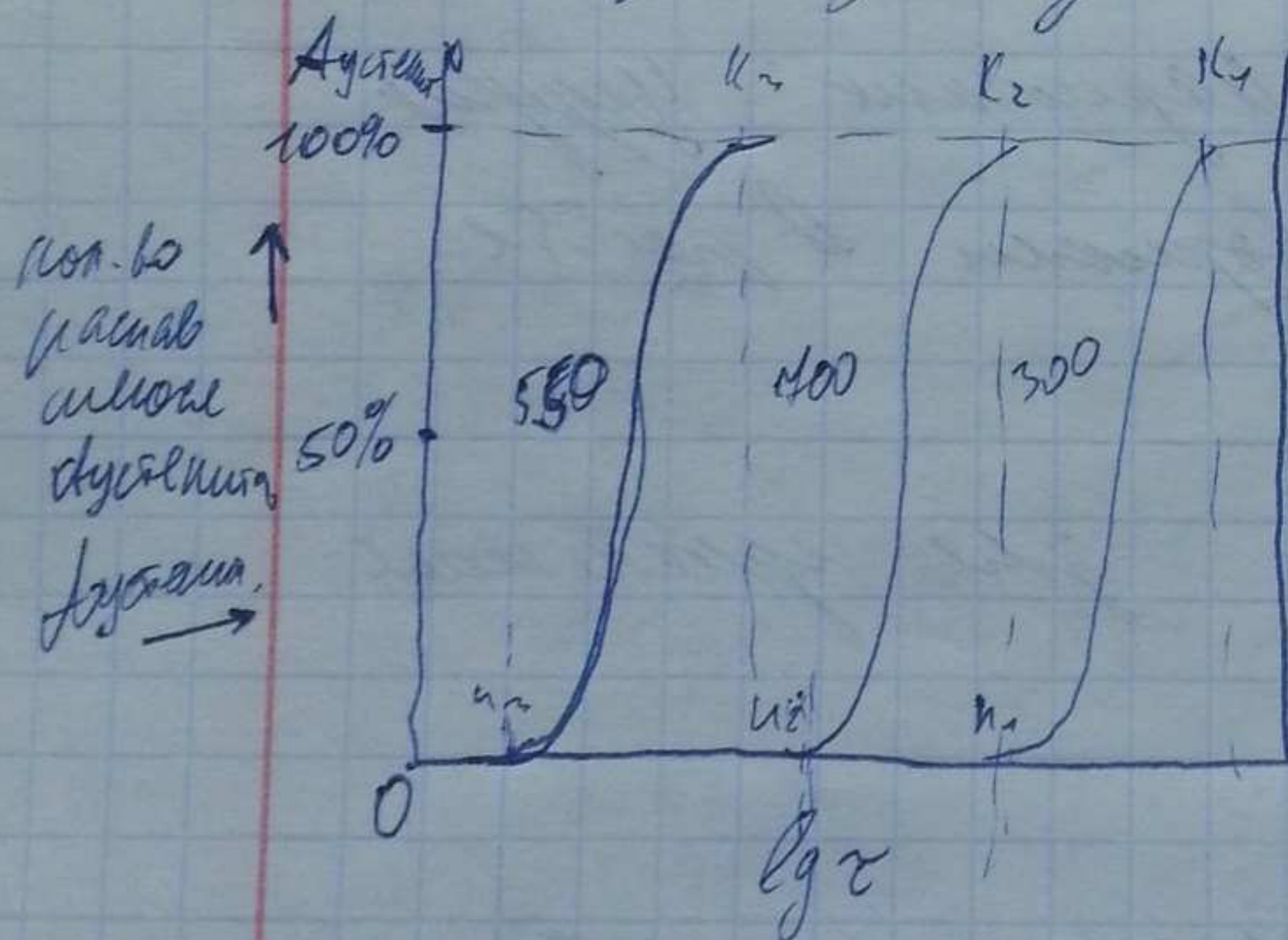
Отпуск: отпуск - в широком интервале

от $1500, 600, 400^\circ\text{C}$ / с целью изучения изменений структурного состава. Применим к стали.

Старение при (температурах). Изменение свойств со временем.

Диаграмма структурного превращения — график состав сталей в зависимости от T и τ .

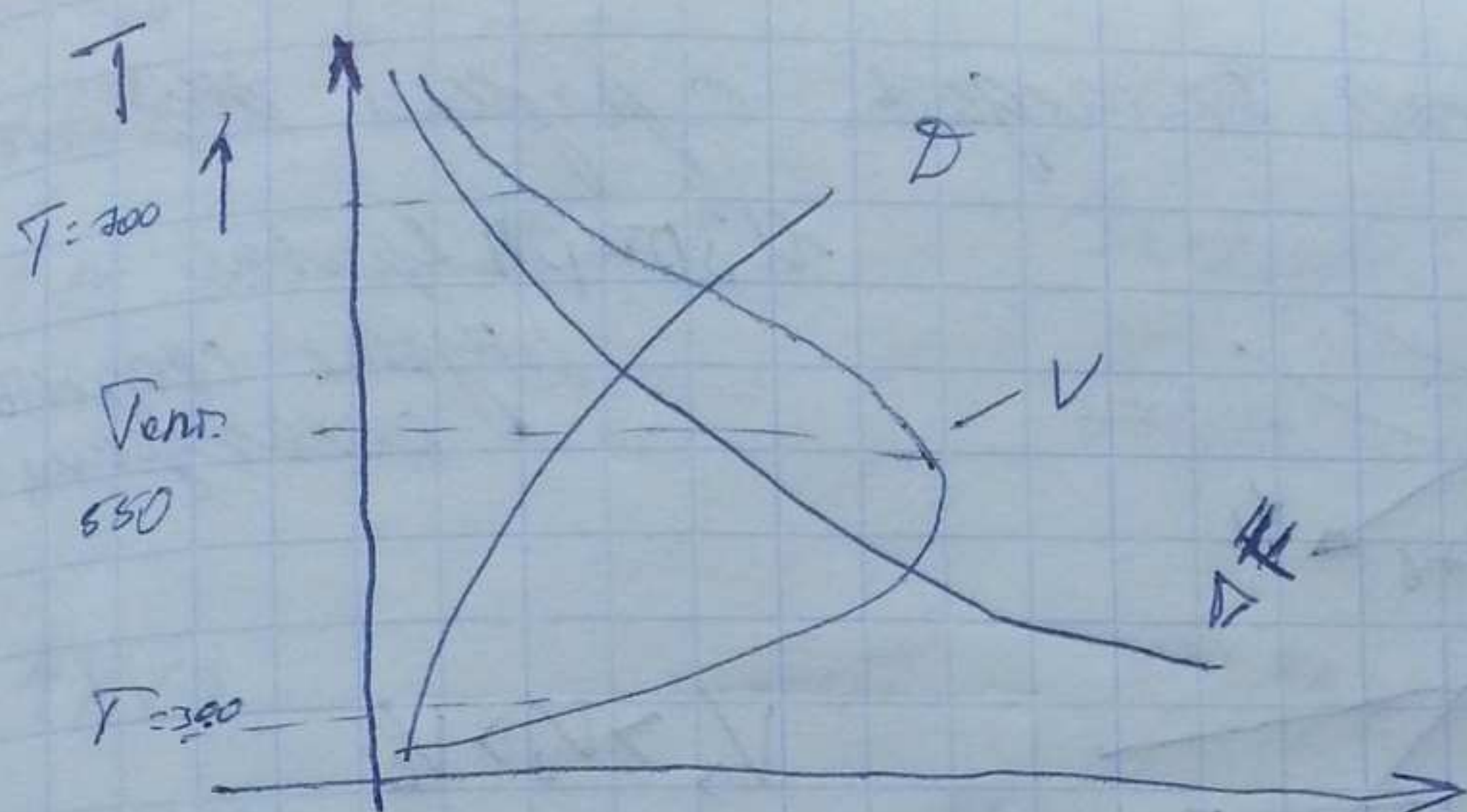
Кривые роста аустенита



Изотермическая сталь
Изотермическое превращение
распределение.

Аустенит должен располагаться в разн. фаз. превращении G_2, G_3, G_4

Применяют изотермический метод для изучения кинетики изотермического превращения.



V - скорость набегающего →
 D - скорость горения →
 ΔF - скорость движения →

$$F = H - TS$$

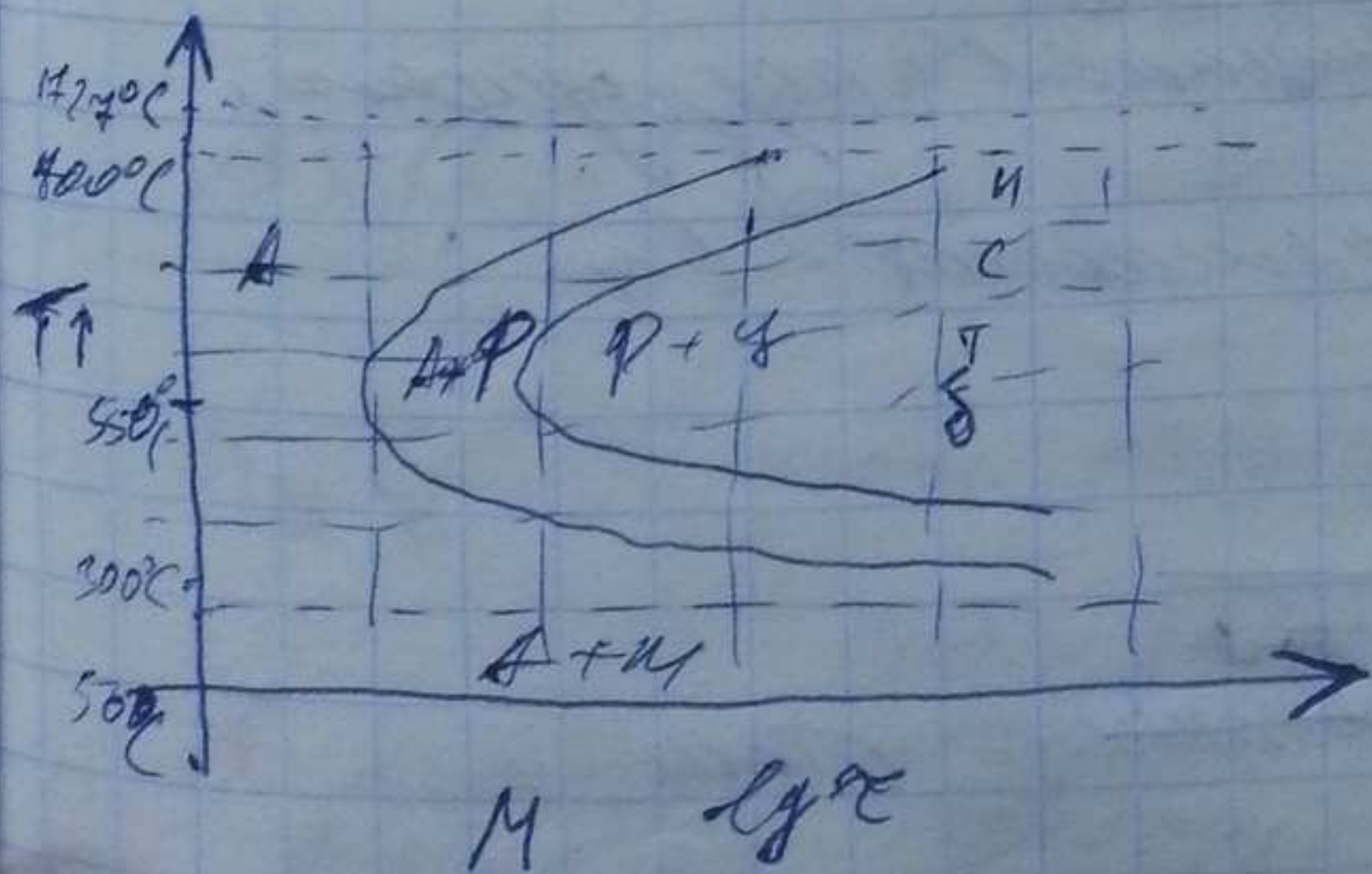
Робот процесс сгорания - разность между
 начальной F и конечной F горения

увеличиваться уменьшаться

M и c с ΔF уменьшается (отражение)

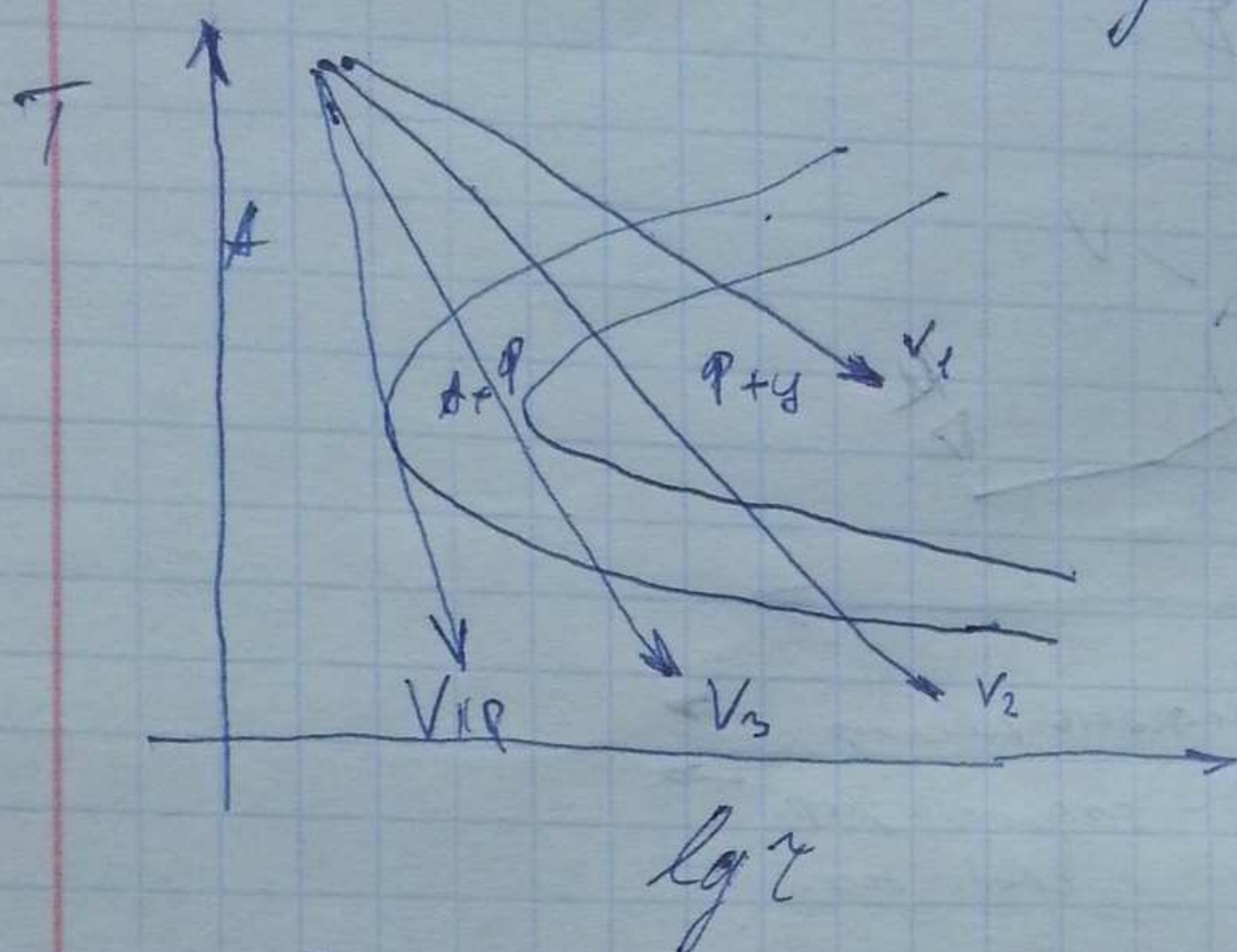
$$\underline{T_{out} \phi = 550^{\circ}C}$$

Разобный
 состав.



Аустенит можно охлаждать с разной скоростью

ИЗОТЕРМ критны +
разная скорость
охлаждения



$$V_3 > V_2 > V_1$$

Если аустенит охлаждать со скоростью $V \geq V_{кр}$, то у нас наблюдается только ~~аустенит~~ мартенситное превращение.

Позволяет выбрать такую скорость охлаждения, чтобы был однородный состав.

Получать однородную структуру термод.

Добавка эл-тов.

Нержавеющие стали — увеличенные перенормовочная стойкость. Основной легирующий Сг.

$$Cr > 12\%$$

Простые : хромированные стали.

1 ~~10~~ X 13

0.1

→ М-Ф ← структура.

Закалка с 1000

Возврат 400

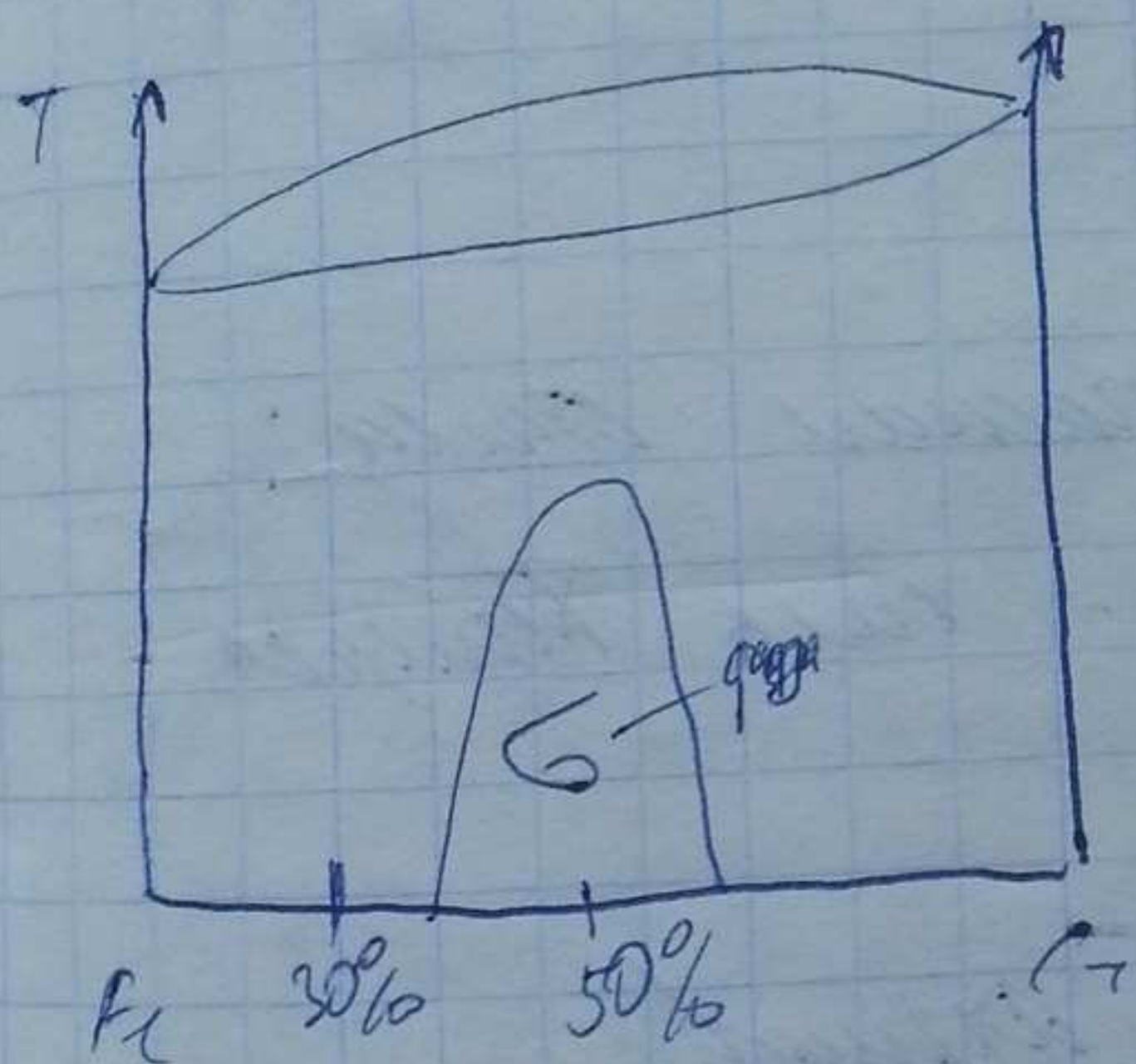
4 X 13

- март. сталь.

0.4% C

М, 1050 200

15 X 28



G - фаза - фаза окисления.

Большин 30% не

добавляют.

Габель:

¹²
10 X 18 H 9

- Ауст. - Феррит.

⁹

реакторная
сталь.

Ni - для уд. коррозионной
стойкости.

10 X 12 H 9 T

1% Ti

хим. осн.

Cu₂₃ C₆

- для стабилизации

неуст. добавляет Ti

А процесс
изменения

для обраб. углерод. хим. сост.
сплава. Ti с ферритом влечет
за собой повышение прочности

8: перераспред. ф.с.

Повышение прочностных характеристик.
МА - замена А1 для удешевления,
08X12H6M2T

Характеристики: $\sigma_{\text{нп}}$ $\sigma_{\text{нп}} = \text{для прочности}$
12X25H16Г4АР

Работает до $T - 1100^{\circ}\text{C}$

14.03.13

Механизмы старения

Основные механизмы упрочнения стали:

- 1) сила трения дислокаций - сила Пайерса - Коблера
- 2) атмосферные кристаллические атмосферы
Упрочнение - повышение сопротивляемости
магнитной деформации металла
- 3) взаимодвижение дислокаций между собой
- 4) границы зерен
- 5) дисперсные частицы

1) Сила трения рессоры - сопротивлению,
пос. вызывает деформации со стороны
рессоры.

2) $T \downarrow \rightarrow (O, N, C)$

3) уменьшение деформаций на границах
зерен из-за вышесказанных границ.

4) образование неглубокой деформации

$\Delta b_{\text{деф. чир}} = G \cdot b \cdot z$

погрешность

Анализ прочности стали:

1) Мартенсит по старению (нормализация)

$C \approx 0,03 - 0,05\%$

$N_1 - 18 - 25\%$

леги: Co, Ti, Al, Nb, Mo и др.

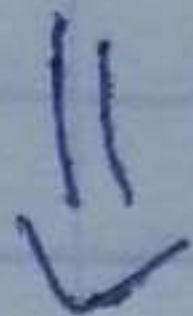
температура:

- закалка: $800 - 850^\circ C$ охлажд до $20^\circ C$
- базисные аустенитные $\rightarrow$ мартенсит
- старение $400 - 500^\circ C$

03 Ник 9М5Т

$\sigma_B \sim 1100 \text{ МПа}$, $\delta \sim 20\%$ (новые заготовки)

$\sigma_B \sim 2000 \text{ МПа}$, $\delta \sim 12\%$ (старые)



— работ н. чак $\Downarrow \sim 100 - 1000 \text{ А}$

— исхи. расширением

— перитность с матрицей

— разные удельные объемы фаз и матрицы

— разные в удельных свойствах.

если одна фаза расширяется быстрее чем другая,
то на границе зерен возникает зон. напряжение

Мартенит - 200 пересыщенных тв. раствор
в ОЦК.

Мартенит > по удельному объему чем
аустенит.

Аустенит все больше и больше охлаждают

Перспектив.
направление

$\Rightarrow$ стали с мартенситной

наведенной превращением (ПНП)

Ряд аустенитных сталей:

C ~ 0,25 - 0,30%

Mn ~ 0,5 - 1,5%

Cr ~ 8 - 14%

Mo ~ 2 - 6%

Ni ~ 8 - 30%

Si ~ до 2%

циклонов - вакуумное состояние
Лангса с $T = 1000 - 1100^\circ C$

→ зернистые 90-95% при $250-550^\circ C$

Мартеновская печь ниже $20^\circ C$

и отжи $\sim 400^\circ C$

↓
варение → дисперсионное твердение

$\sigma_b \sim 1700 \text{ МПа}$ ↔ высокая прочность

пластичность $\delta = 50-60\%$ (+)

Оптимальные условия $\sigma_b \sim 3000 \text{ МПа}$

! Аморфизация $\sigma_b \sim 400 \text{ МПа}$

Азотизирование высокопрочные

стали.

- карбиды, нитриды, карбонитриды

или.

$C \sim 0,10 - 0,45\%$

$Mn \sim 1,5 - 2\%$

Добавки Nb, Ti, V, Mo иногда N

$\sigma_b \sim 800 - 900 \text{ МПа}$

14Г2АФ

→ $20^\circ C$ →

→ $250-550^\circ C$ →

или
наибольшее
увеличение

температура
воздействия
увеличение
прочности

РАЗДЕЛ

ЖАРОУСТОЙКОСТЬ

ЖАРОПРОЧНОСТЬ

Жаростойкость - сопротивление T при статической нагрузке. (Кроме собственного веса и т.п. нагрузок)

ρ Силы на M основе, перхавейна.

Жаропрочность - способность мат. сопротивляться высоким T под действием внешних нагрузок.

Время выдержки - деформация металлов под действием постоянной нагрузки при нагреве в условиях температурной выносливости.

Предел выносливости $T_0 > 0,5 T_m$

$T < 0,5 T_m$ - износостойкость.

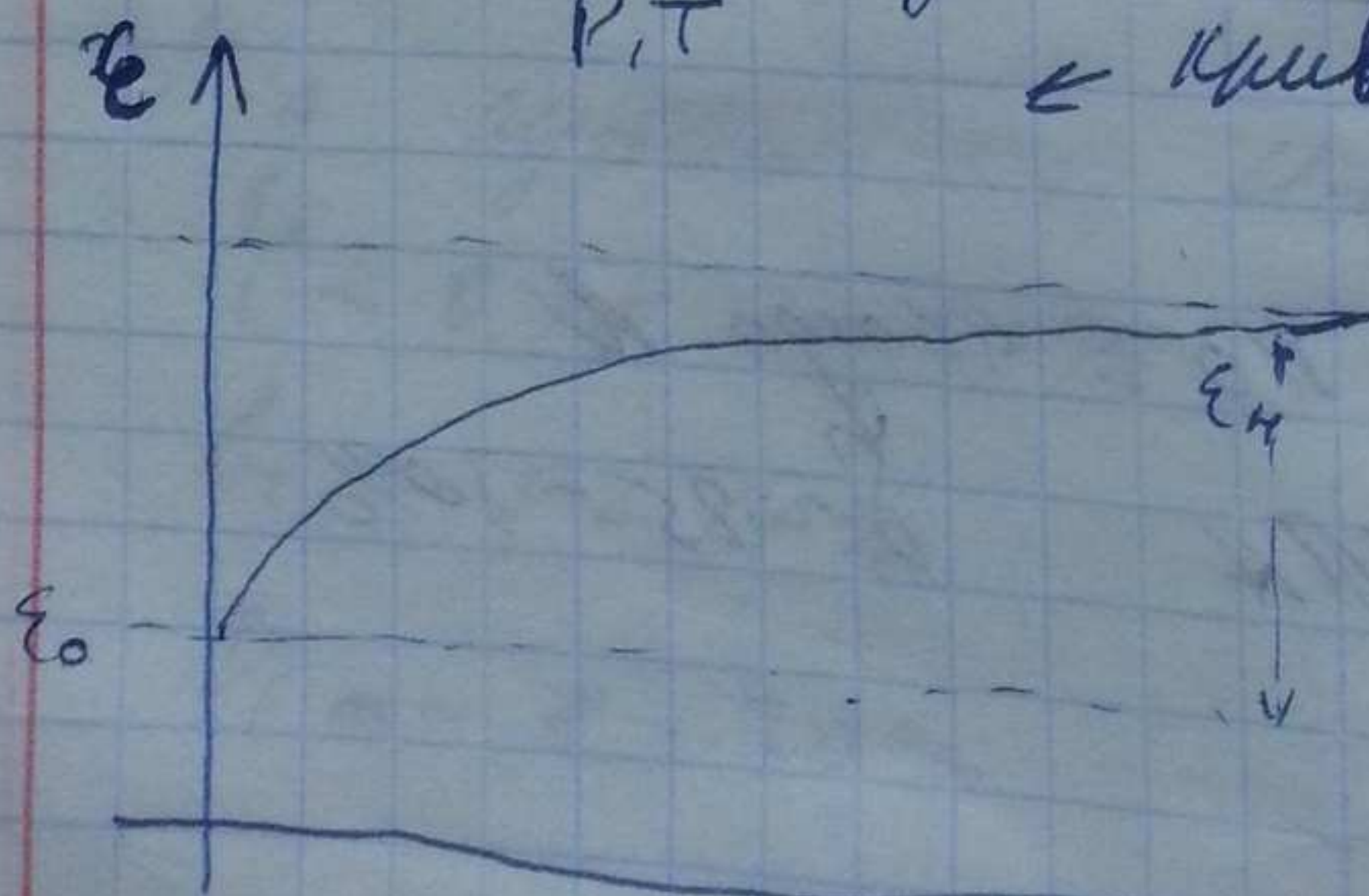
ϵ

P, T

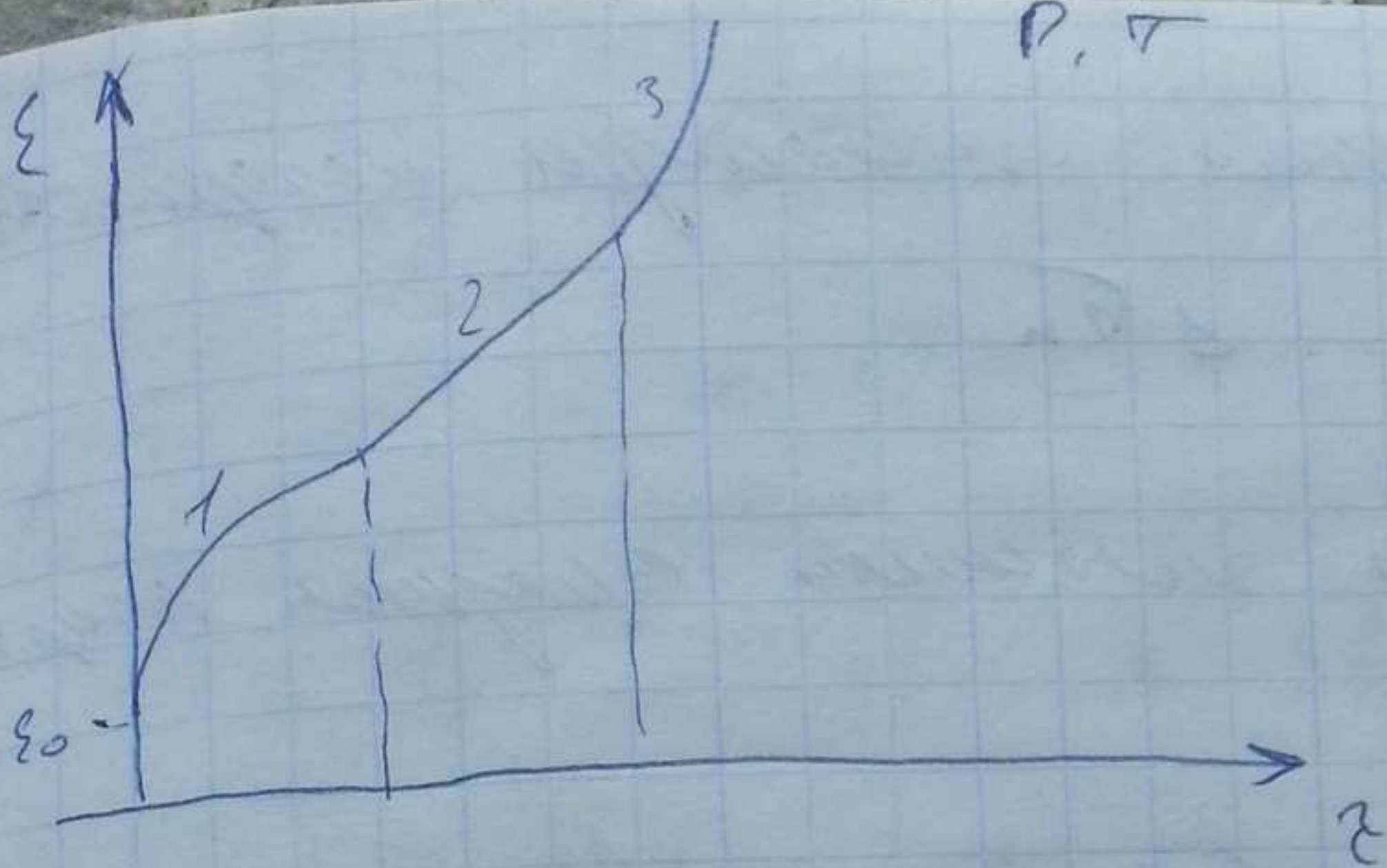
← кривые

нагрузки.

дл t при T
 $t_{кр}$ и T



$T < 0,5 T_m$



$$T > 0.5 T_{пл.}$$

ξ_0 - ^{упругая} мгновенная деформация, ~~когда при~~
 при нагрузке убывает, она исчезает.

ξ_n - ^{неупругая} остаточная деформация, ~~когда~~
 может остаться при снятии нагрузки.

I - ст. ~~уст. деформации~~ неустойчивой деформации.

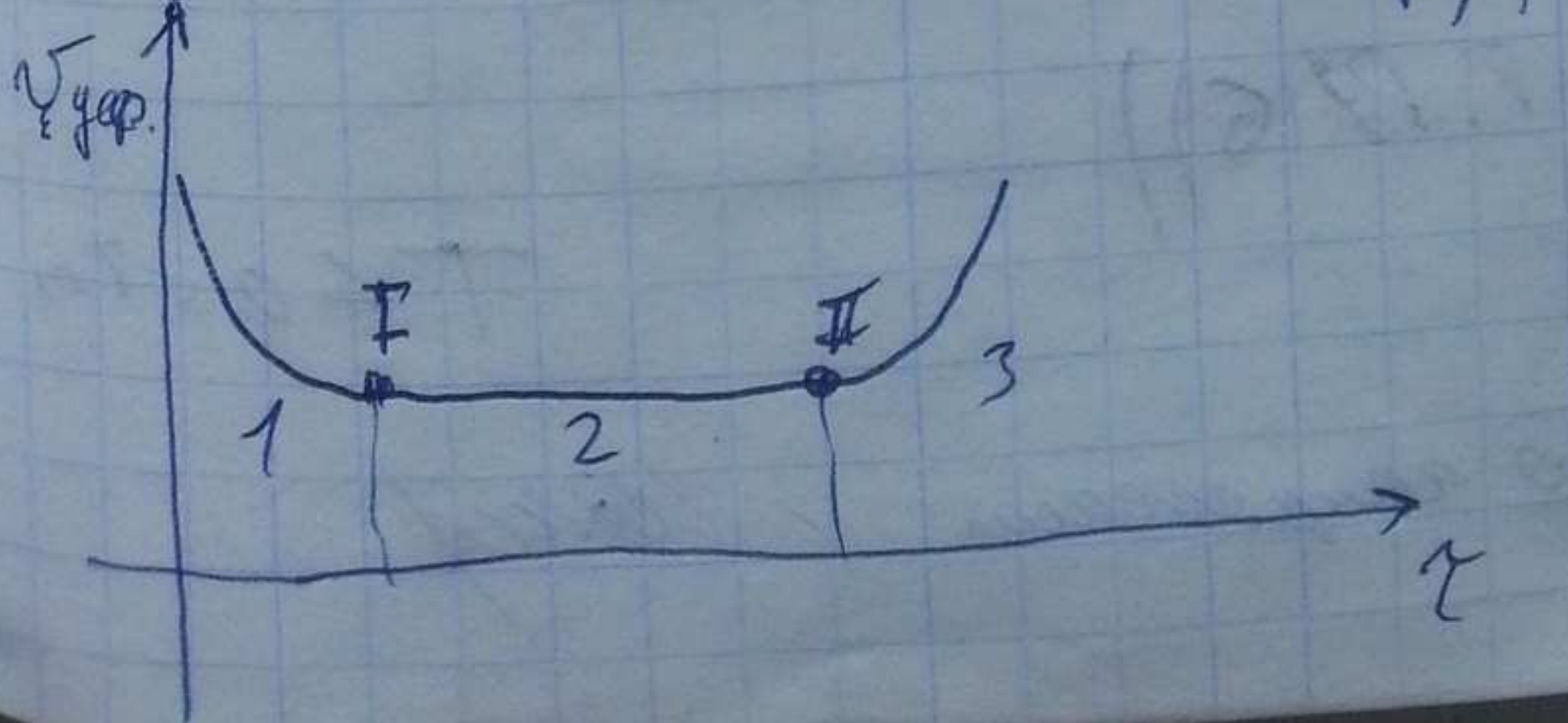
II - ст. ~~уст. деформации~~ уст. пласт.

III - стадия разрушения.

I - момент начала деформации с

временем.

$\xi_{уст.}$ - ^{момент} усталостной деформации



I стадия - упроч. механизмы нечетивания

$$\sigma_1 < \sigma_2 \dots < \sigma_n$$

В рт. есть пластичные сжатые напряж. ким.

они неч. действовать по вращению деформации

в р. I - все пластичные деформации

исчерпаны

свободная деформация

коэф. упроч. ким.

II стадия
→ II
упрочения

$$T < 0,3 T_{пл.}$$

$$\epsilon \leq 0,3\%$$



=>

$$\dot{\epsilon} = A \cdot \sigma^m \cdot \tau^{-n}$$

$$0 < m < 1$$

$$\epsilon = 2 \ln \tau + \epsilon_0$$

+ ϵ_0

- логарифмич. упрочение

от времени. зависимость

$$2) T > 0,3 T$$

$$\epsilon \sim 100\%$$

$$\epsilon = \rho \tau^{1/3}$$

от времени.

по Лавраге

II ас стадия

$$(T, P, \sigma)$$

$$P \geq P_0 \cdot 10^{-4}$$

$$T < 0,5 T_{пл.}$$

мощно то напряжение

Юли

$$\dot{q}_{\text{ис. изл}} \approx A_1 \exp (155)$$

$$\rho \approx (10^{-5} \div 10^{-6}) / \text{Е}$$

$$\dot{q} = A_2 \sigma^n$$

$$n = 3 \div 5 \quad \text{при } He^-$$

$$\rho \approx 10^{-6} \text{ Е}$$

$$0,8 \text{ Гм.}$$

$$\dot{q} \approx A_3 \sigma$$

Прочитайте и первую статью предост. чл. 100.
Условия при нагревании σ_e^T

σ_e^T - при нагревании при нагревании.

$$\sigma_{100}^T$$

$\sigma_{0.2/100}$ - при нагревании при нагревании.

04.04

σ_{alt}^T - предел выносливости
 $\sigma^T - \sigma^0$; σ^0 - $\sigma_{\text{раст}}$, $\sigma^0 - \sigma_{\text{сж}}$

При температуре T за время t происходит
деформация ϵ

σ_t^T - предел длительной прочности

При T за время t наступает разрушение

материала

$\sigma_{0,2}$ - предел текучести

При высоких температурах увелич. вязкость
материала, медл. деформации увелич.
возврат, рекристаллизация.

Сила связи между атомами уменьш. об.

1) модуль упругости $E \downarrow$

2) $\sigma_{\text{пл}} \downarrow$

3) Темпота таяния $\uparrow$

4) Темпота диффузии

Характерные стали в основном с Ni

"Никелевые" $(\text{Ni}, \text{Cu}, \text{Ti}, \text{Al})$
 $\sim 30\%$ $\sim 10\%$ $\sim 2\%$ $\sim 5\%$

$\chi(30H - Cu - 7\% (вс), Co - 7.5\%, Mo - 0.6\%$
 $W - 10\%, Al - 5\%, Ti - 2\%, Nb - 1\%, \sigma_{100}^{1000} - 28 \text{ МПа}$
 $\chi(36 - Cu - 9\%, Co - 9\%, Mo - 1.9\%, Re - 2\%$
 $W - 12\%, Al - 6\%, Ti - 1\%, Nb - 1\%, \sigma_{100}^{1000} - 250 \text{ МПа}$
 Механич. (χ_{10H100}) $1100^\circ C - T_{раб}$
 Сплав-2 ($1 \times 28 \times 105$) $1150^\circ C$

Технологические методы и материалы

	$T_{пл}$	группа IV $T_{раб}$	$\frac{F}{M}$ $\frac{P}{M^2}$	$d \frac{P}{cm^2}$	
Ti	1665	882,5	11000	4,52	
Zn	1882	862	8500	6,5	
Hf	2000	1840	14000	13,4	
V	1800	1500	1300	6,1	
Nb	2468	1880	9080	8,57	группа V A
Ta	3000		18830	16,6	
Cu	1875		11875	7,19	группа VI A
Mo	2620		33600	16,2	
W	3410		41500	19,2	

Основные общие свойства Zn-ров углерода:

- 1) IV A $\beta \leftrightarrow \alpha$, $O_{2K} \leftrightarrow \delta_{PY}$; V A, VI A
- 2) Растворимость кристаллической фазы IV A

~~VI A~~ $\uparrow$

IV A max растворимость $10^{-1} \div 10^{-2} \%$

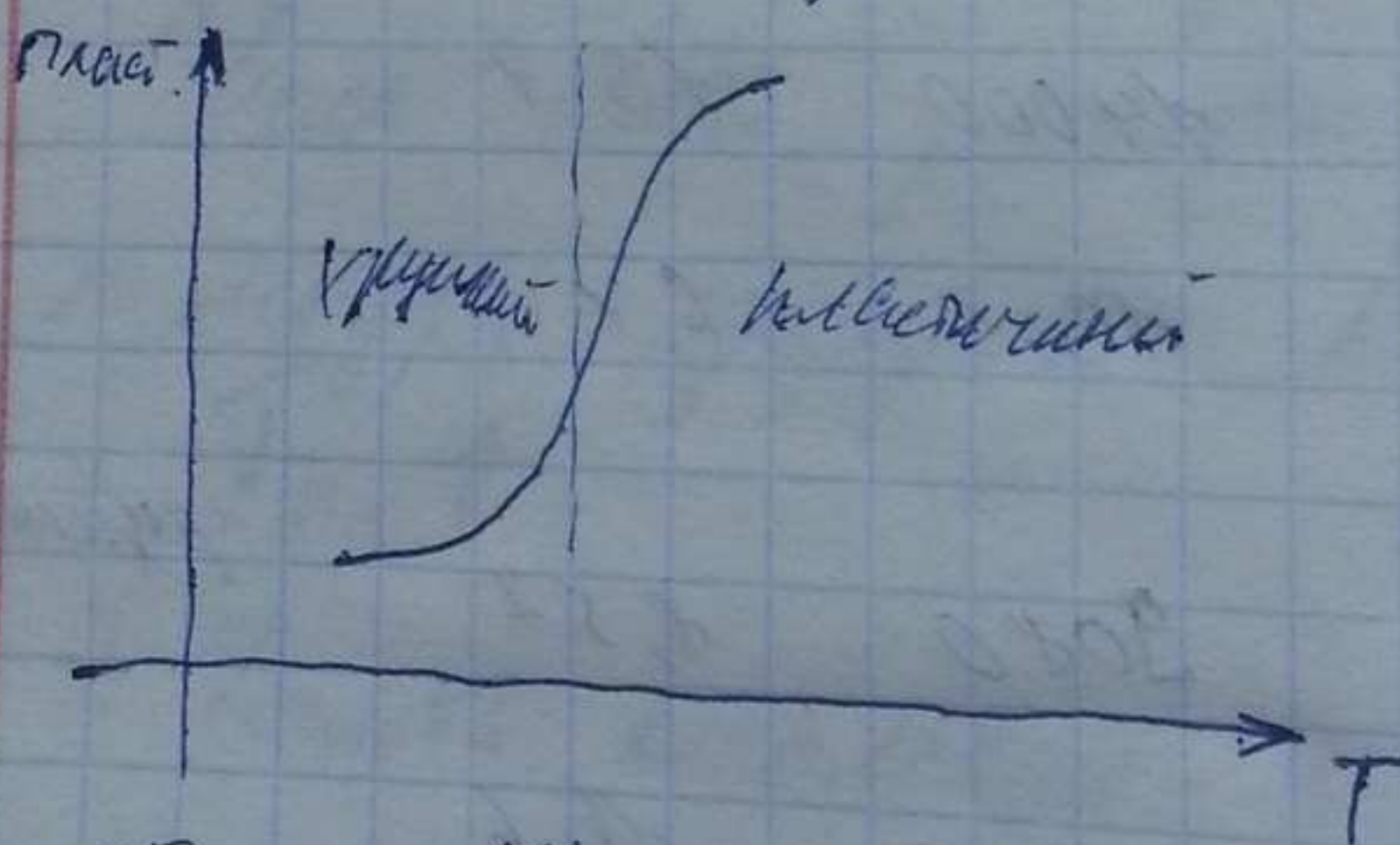
VI A — " — $10^{-5} \div 10^{-6} \%$

- 3) Химическая активность с примесями фазы

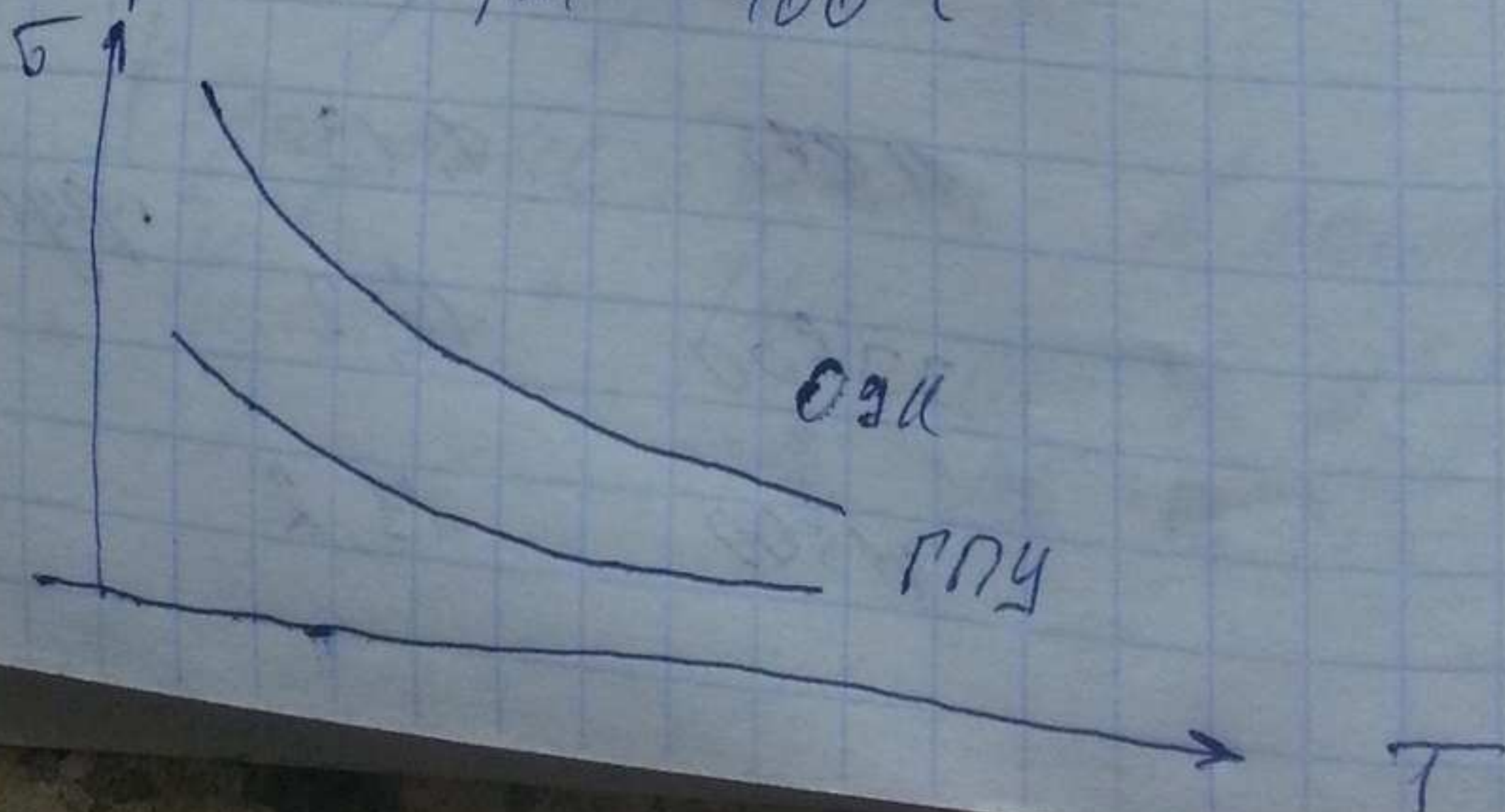
реши $IV A > V A > VI A$

T_{xp} — температура крист. перехода

Температура при которой материал становится кристаллическим.



T_{xp} Nb, Ta $\sim 1000^{\circ}C$



Пути увеличения хрупкости:

- легирование элементами - примесями α -
структуры

Mo сплавов: $Mo + 0,5Ti$ - ТМ (США)

Ti-сплавы, Ti - более хрупки активны

по сравнению с др. элементами

Получается растворением в твердом
растворе.

11.04.13

Сплавы биокоррозных металлов

Ti + сплавы

$$T_m = 1668^\circ\text{C}$$

$$\rho = 4,51 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

$$E = 11000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$$

$$T_{\text{превращения}} = 882,5^\circ\text{C}$$

Прочный, в 2-3 раза прочнее Fe, коррозионно

стойкий жаропрочный. TiO_2

Удельная прочность выше чем у сплавов Fe.

Космос, техника, кораблестроение.

Ti - военнокрошечный металл.

Широко распространён в природе - 0,48%.

Свойства Ti + сплавы

Многие жаропрочные конструктивные материалы.

50 - 500 °C

400 - 800 °C

$T_{\text{прев.}}$

очк

полн

$\beta \leftrightarrow \alpha$

низкотемпературная
прочность

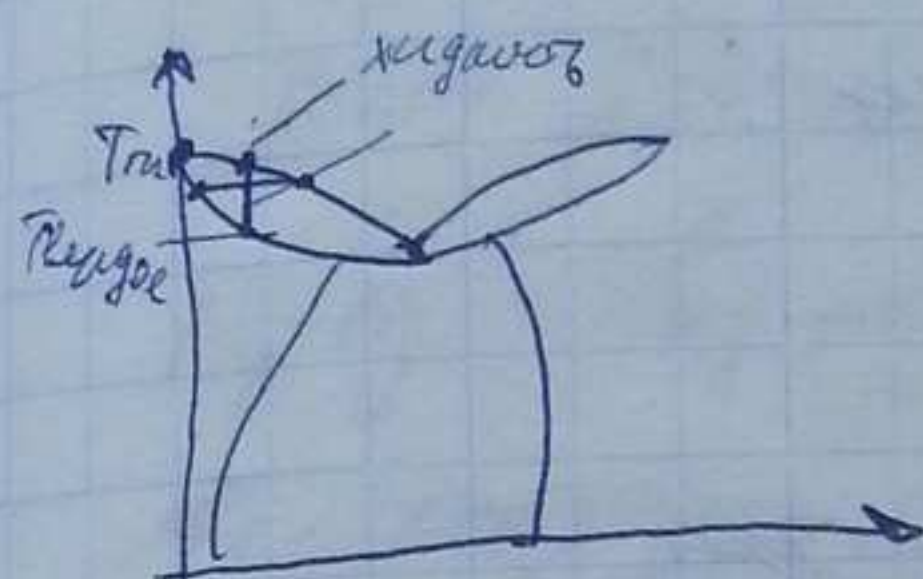
Влияет на сплавы

Сплавы Ti делят на 3 группы.

Сплавы - легирующие элементы - влияют на

Температуру превращения шлама, а и
температуру плавления шлама.

Процесс затвердевания происходит в
интервале температур!



$T_{пл}$ - кристаллов.

1) Из-за того что град. $L - q$ а.т.

L град - температурная (V.)

Φ Al, Ba, La, Церий, O, N, C)

Может быть и примесями везирием:

Температура кристаллизации. Темпер.

Выше кристалл, или ниже темпе-

ратура кристаллизации.

V VIII
 $10^{-2} - 10^{-5}$

↓
Кристаллы
и ниже

↓
Кристаллы
и ниже

2) β фазу стабилизирует V, Nb, Ta, Mo
 пог. Титан

3) Роль Ti $\beta \rightarrow L + Ti$

$Mg, B, Cr, Fe, Co, Ni, Si$ и другие

4) Критические температуры:

Zr, Gf, La и др.

5) фазы $L, L+\beta, \beta$ структуры

Примеры сплавов Ti

Сплав	Состав, % масс	Свойства		Рабочая температура	
		Прочность σ_b, MPa	Пластичность δ	T	Структура
BT5-1 L структура	4,5 Al + 2,5 Sn 0,3 Fe + 0,15 Si	450 - 950	7-12	450 - 500	L
BT6 (L+ β)	6 Al + 5 V	900 - 1100	7-8	400 - 450	L+ β L+ β
BT-32	3 Al + 8 Mo + 8 V + 1 Cr + 1,5 Fe	1050 - 1200	8-20	350	β

сплав

фазы L - малоустойчивые к структурным
 состояниям. Разрушение одна и та же фаза
 одна.

243 - Ал-габмугарм. Зависит от

Мех. св-ва зависит от структурного сост.
Темпера, отжига, сварки. Терм. обработка

П- все свойства формируются после

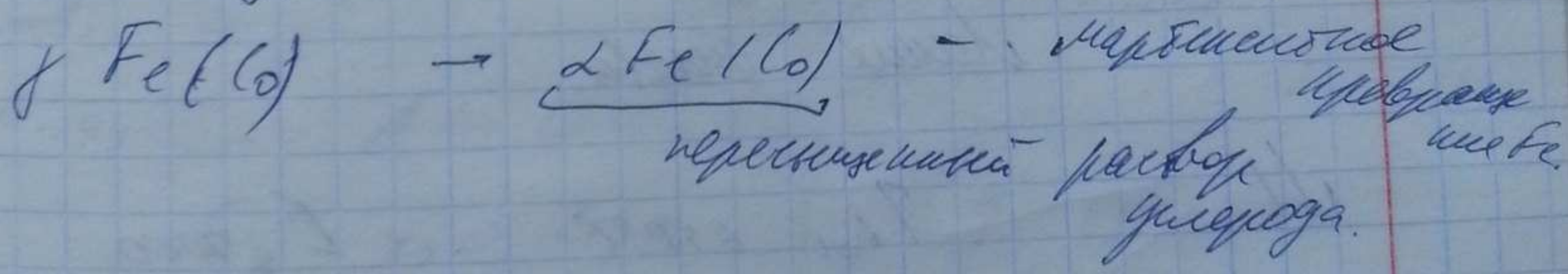
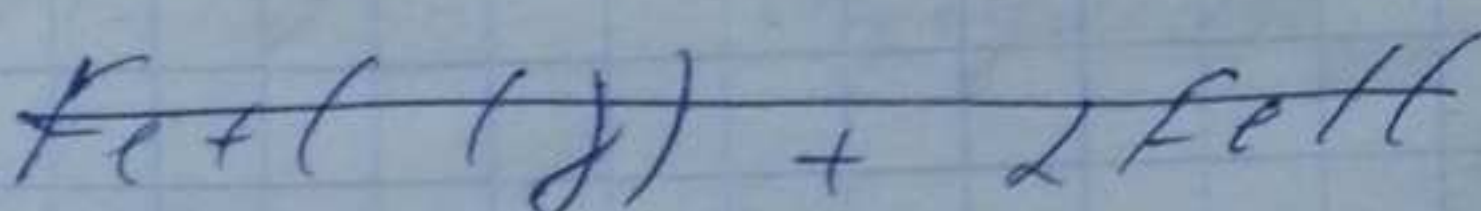
мех. температурной обработки. Формир

мех. свойства. { Дел Ti - характерно для

ти-мартенсита. }

Дел Титановых сплавов характерно появление
мартенсита! Только при Ti сплавов.

Углерод Fe-C - γ -фаз растворимость 0.8%
в железе



Применяемые сплавы легированными
мартенситное превращение. В Ti-сплавах Co
сплав в (фаз) (Z замещения) $\rightarrow 1/2 (1/2) (Z \text{ замещения})$
содержание от Fe, там (а от Fe) - при
мех.

Две Fe - монокристал

А две Ti сплавов обратимая

установилась. Σ замещение - L' газ.

L'' - при термич. обработке ~~не~~
ортогональные решетки. Внесено 2 / 1000

Вид строения,

Минимальная прочность - транскрипционные
нагрузки.

Тогда по своей прочности

Медистина; - хим. транс.

Легкие сплавы.

Al

$T_{\text{м}} 658^{\circ}\text{C}$

$E = 7000$

$\rho = 2,7 \text{ г/см}^3$

$\text{Al} > \text{Fe}$

Коррозионная стойкость Al_2O_3

За счет углеродной прочности лучше
покрытия легированных сталей.

Вывод...

Сгоревшее что уличение из руд #1: (
 Как конструируется. Материал не используется.
 Металлические артефакты - из #1.

Al + Cu + Mg + Mn - горючий!

Тур. Кирей шав.

В горючих шламах происходит старение
 при комнатной Т.

Al, Cu, Mg

Материал - Al-Mg

Al-Si - алюминий

В-95

Cu, Mg, Mn, Ca, Fe

В-95 - Al-Li-Cu-Mg

В - 450 МПа

δ - 10

Т_у - 144

МН - 29

"Композит" - X

Al-Be-Mg

В-450 МПа

δ - 15 ÷ 20

"Букан" - советский
 шаттл.

Объем потребления алюминия в металле
растет.

Работы над алюминированными материалами
на основе углеродных и многослойных
ст.ц.

САР - специальная алюминиевая сущность

Диаметр сущности ~~от~~ несколько миллиметров.

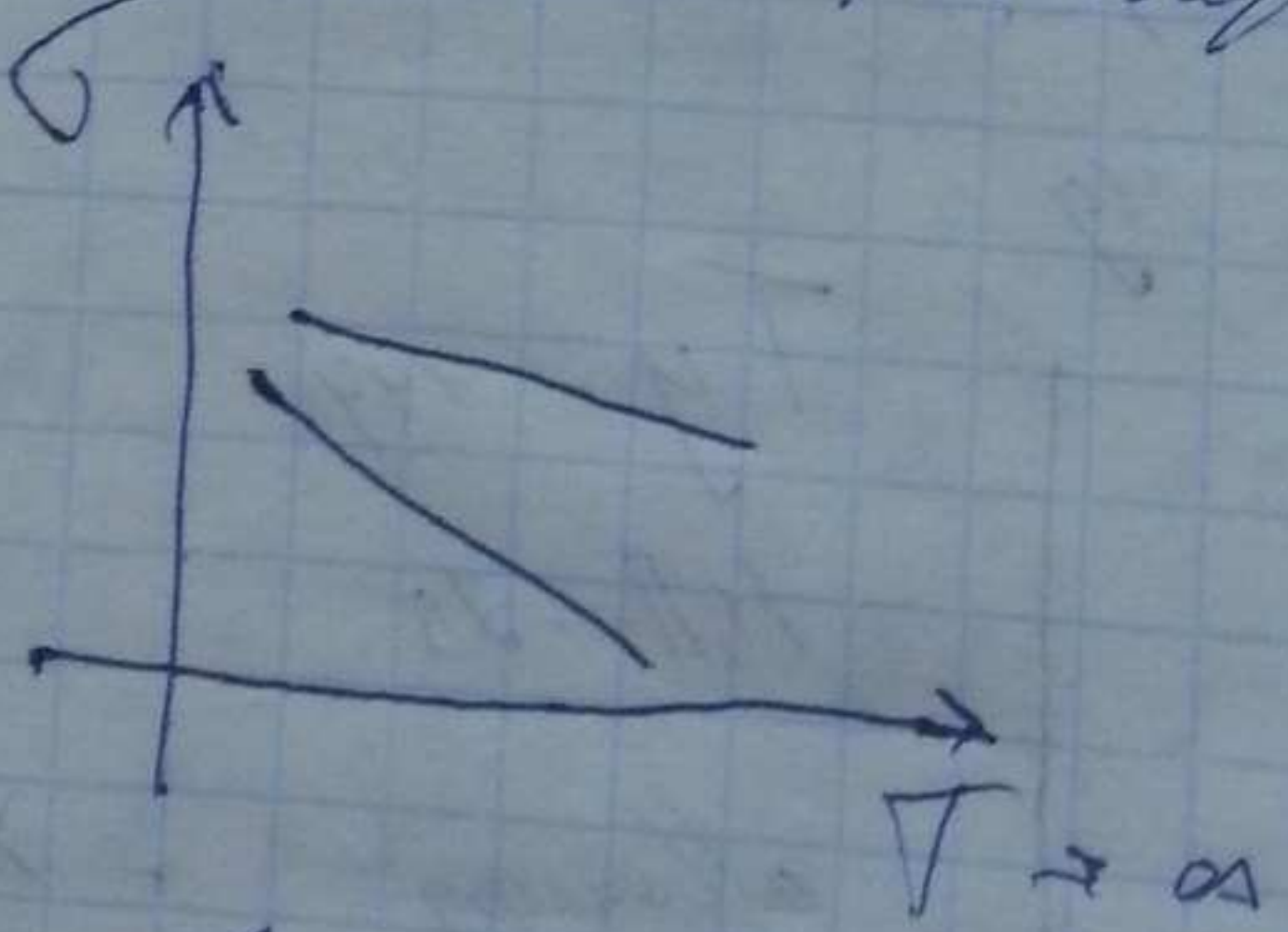
0,1 мм -  толщина слоя окисления.

Расчет $\rightarrow$ закон Аррениуса.

До 10% Al_2O_3

Поле кристаллизации - полиморфизм.

Прочность Температура



Анодирование T рекристаллизации.

Сплавы на основе Mg (легкие)

$$T_m \sim 650^\circ\text{C}$$

$$E \sim 4570 \text{ кг/см}^2$$

$$\rho \sim 1,74 \text{ г/см}^3$$

γ по Mg - высокая теплопроводность, в 1,5 раз выше чем у Fe.

Mg - Al - Zn - Mn

$$\sigma_B \sim 350 \text{ МПа}$$

$$\delta \sim 10$$

Mg - Li

МА21 $\alpha = 1,6$

$$\sigma_B = 220 \text{ МПа}$$

Mg - Y - Zn

$$\sigma_B = 280 \text{ МПа}$$

$$T = 200^\circ\text{C}$$

Маленькие сплавы отличаются хорошими механическими свойствами.

Композитные материалы

Амированные в области твердых растворов
активная прочность. Но в последние
времена ^{ми} жесткие материалы часто
используют.

Изменение структуры (Термообработка) -
увеличивает прочность.

Создание композиционных материалов с
необходимыми св-ми.

КМ - композиция материалов - соеди-
нение материалов с контрастными физиче-
скими или механич. св-ми.

Два основных типа композиционных материалов:

- 1) Соед. разнородные материалы.
Хрупкий + пластичный
- 2) Св-ва композитов отличаются от св-
составляющих ~~материалов~~ материалов.

Анализ композиционных материалов

- 1) Волокнистые
- 2) массы
- 3) материалы, упрочненные дисперсными частицами.

Волокнистые — в матрицу внедрены волокна.

1) с непрерывными волокнами



с 0%

В процессе приложения нагрузки легко так называемые

упругие деформации.

Деформация композицией равна.

деформация матрицы и деф. волокон.

$$\epsilon_c = \epsilon_m = \epsilon_d$$

σ_m — напряжение в матрице в момент растяжения волокна.

$$\sigma_c = \sigma_m V_m + \sigma_f V_f \quad (1)$$

V_m — объемная доля матрицы

σ_f — напряжение

V_f — волокон.

V_f отдельные доли > 0% max > 80%
больше этого не может

Все деформации ^{ируется} в ^{однонаправлено} в плоскости
чистой деформации.

2) Чисто пластическая деформация.

Матрица деформированной пластической
объекта.

$$\sigma_c = \sigma_m V_m + \sigma_f V_f \quad (2)$$

σ_m - напряжение у матрицы в момент
разрушения волокна.

$$V_f \geq V_{f \min}$$

Если ^{объемная доля} V_m ^{волокна} V_f ^{мала}, то ^{целесообразно}
предположение ^{можно} V_f ^{маленькое}, что
у матрицы без волокна.

Волокна ^{связаны} с ^{соседними} ^{гидро} ^{напряжениями}.

Если ^{или} ^{мало} ^{связи} ^{связи} ^{исходными}

Кем ^{напряжениями}:

$$V_{f \min} = \frac{\sigma_m - \sigma_m^*}{\sigma_f - (\sigma_m - \sigma_m^*)}$$

$$V_f > V_{f \text{кр}}$$

$$V_{f \text{кр}} > V_{f \text{мин}}$$

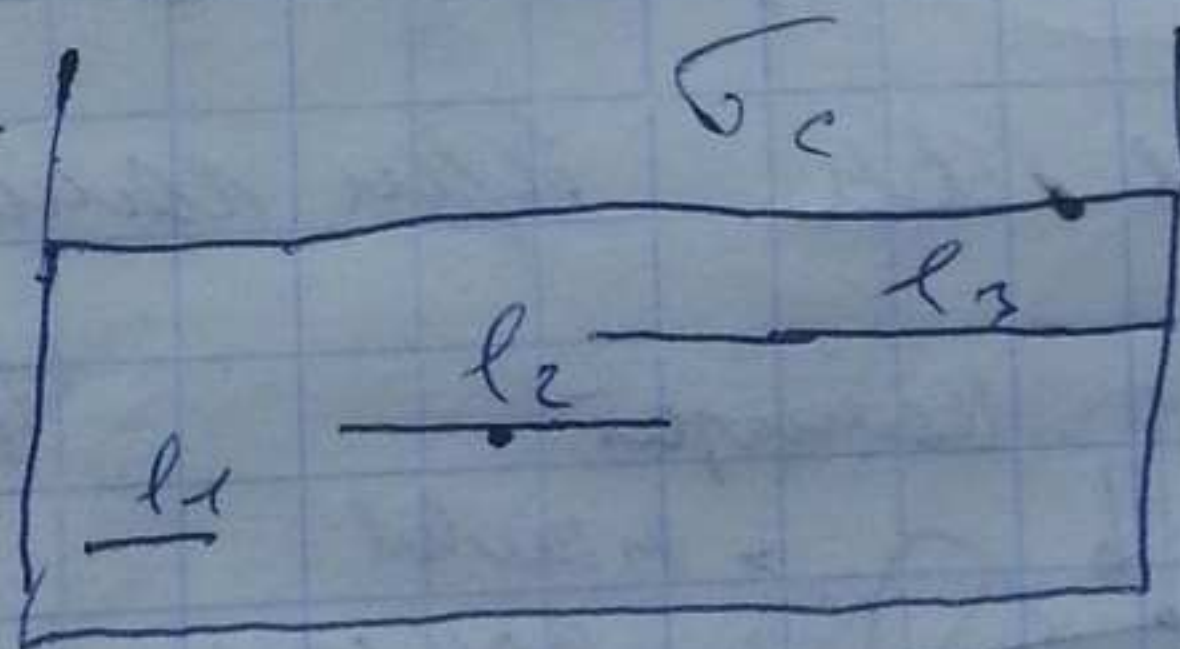
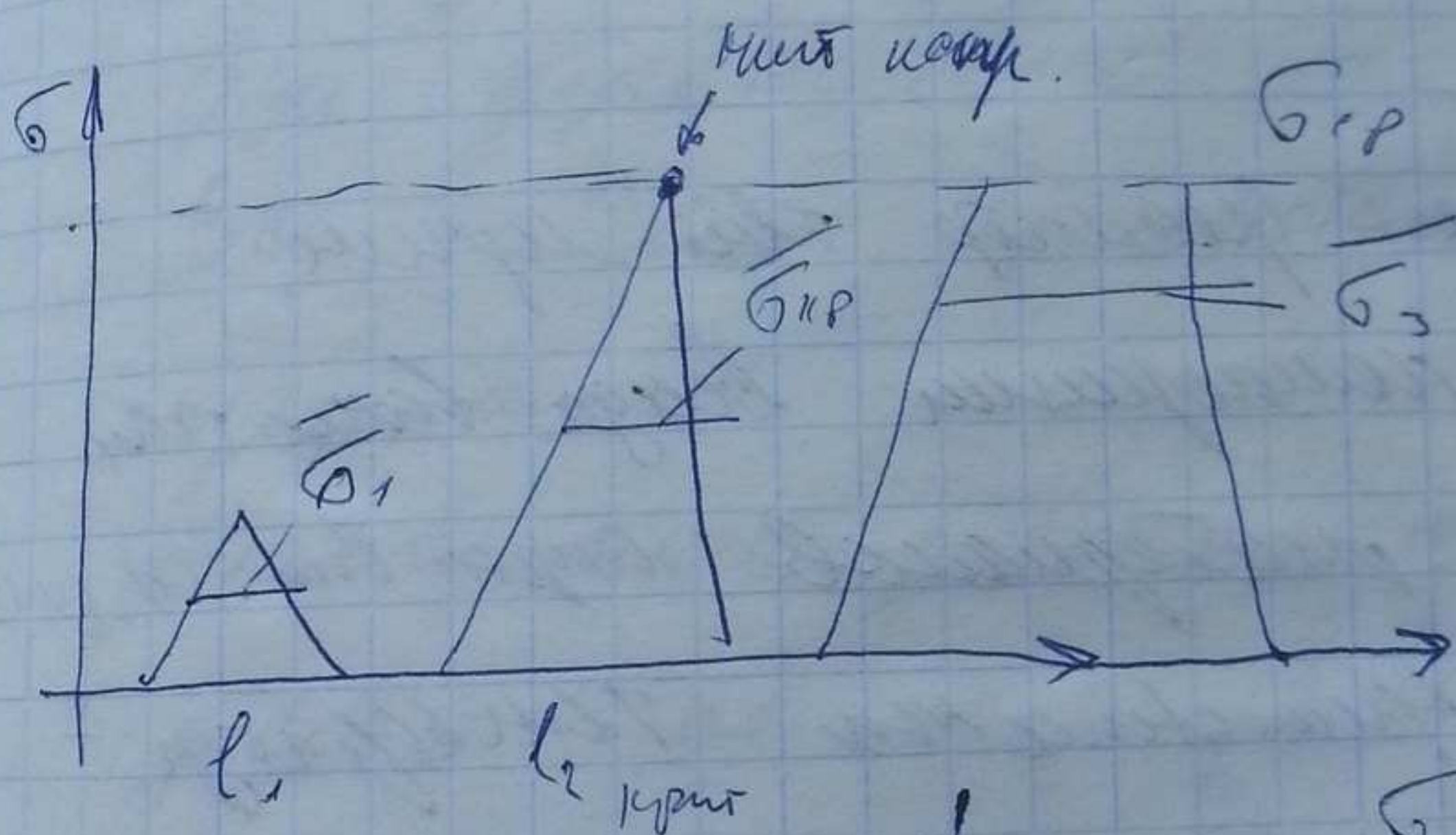
V_f - определенная величина.

2) Дискретные волокна



Длина волокна $<$ минимальный размер матрицы.

$$\epsilon_m \neq \epsilon_f \neq \epsilon_c \quad \epsilon_m = \epsilon_f \neq \epsilon_c$$



По волокнам не

распростр. равномерно

напряжения.

От середины к

концам уменьшается.

$$\sigma_{кр} = \bar{\sigma}_{l_2}$$

$$\sigma_{кр}$$

$$\sigma_c = \sigma_m V_m + \sigma_f V_f \quad (5)$$

Ср. напр. на осью в направлении

Неоднородно, тогда $\sigma_f = \sigma_+ \left(1 - \frac{L_{cr}}{2l}\right)$

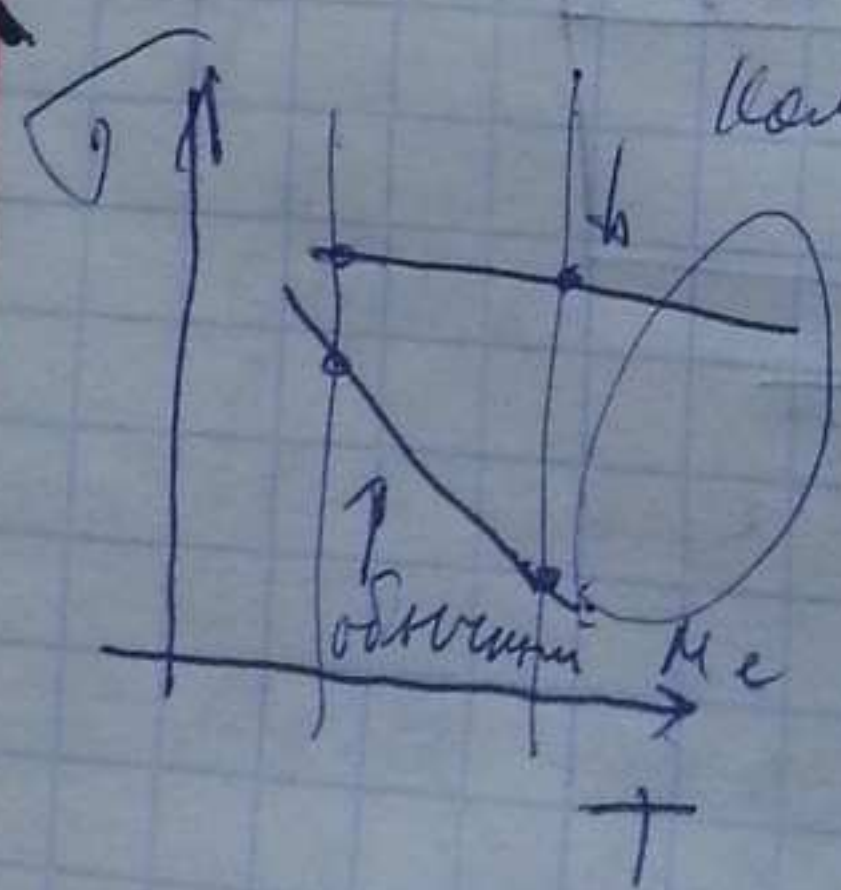
$L_{cr} = \frac{\sigma_+ l}{\tau_+}$ — критическая длина вала

Чем меньше диаметр тем лучше

Прочность композитов всегда выше чем

у металлов материалов (при том же σ_+ , σ_+ , τ_+)

В области критических температур —



Композит

→ металл

поверхность

Устойчивость композитов

при высоких температурах всегда выше чем у металлов.

У асфальта малая нагрузка и высокая прочность.

Вискозность ~~малая~~ прочность.

Б. вязкость. $\rightarrow$ Б. вязкость. Вязкость бетона.

из
огранич и
т.е. не
материалов.

Связь бетона - прочность бетона с прочностью

$\frac{R_{кр}}{R_c}$

и уменьшением
диаметра
бетона.

Связь прочности бетона - $R_c, R_{кр}, R_{кр}$, с прочностью

$R_{кр}, R_{кр}$, прочностью бетона

различиями.

Усиление - многообразие материалов.

зависит от соотношения $\left(\frac{R_{кр}}{R_c}\right) > 50$, чем больше

тем лучше.

Может быть всех материалов.

Правда - в природе (прочность)

Прочность бетона - зависит от соотношения

в идеале бездеформации (малые деформации)

Экономически выгодно на бетон.

Может быть деформации.

σ_x прочность приближается к осев.
 прочности. $\sigma_{\text{ср}}$
 Разрыв сложившихся связей — разру-
 шения усов.

15.04.13

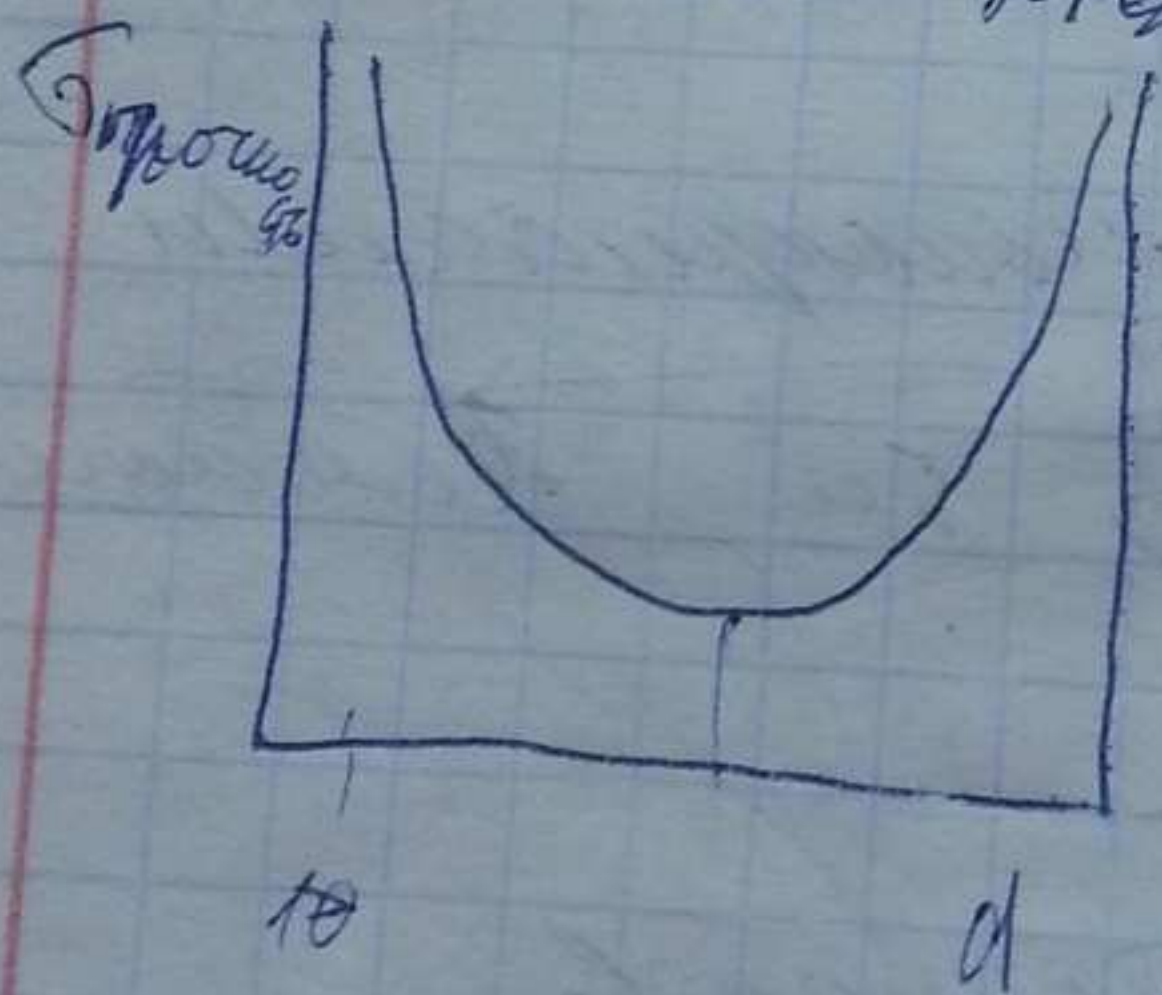
Кинематические материалы

$\mu_{\text{сн}}$ — $d \sim \mu'_{\text{сн}}$

$\beta_{\text{усов}} \rightarrow \beta_{\text{тср}} \sim 0,1 E$

Экспериментальная

$\sim 1\%$ — изменение



Возникают зон. неустойчив.
деформации.

Fe, Al_2O_3 , LiC, SiO_2 , C

Технолог. Уск анжара (мн) с наиб. прочностью

A - дуровещенна

LiC

кг

— 2000 \$

4.000 \$

бронзованные

$E - 200 \text{ шт}$
 $S > 500 \text{ шт}$ } запас

1) Полиэстер (базальтовый)

Мет. полимериз. материал. / Матрица металла)
Получение (Матрица металла)
из первых

МКТ $\rightarrow$ $W - Cu$, $Mo - Cu$

$\{ Hf \text{ и } Zr - \text{Равное сор. рассеяние фаз} \}$
материальное

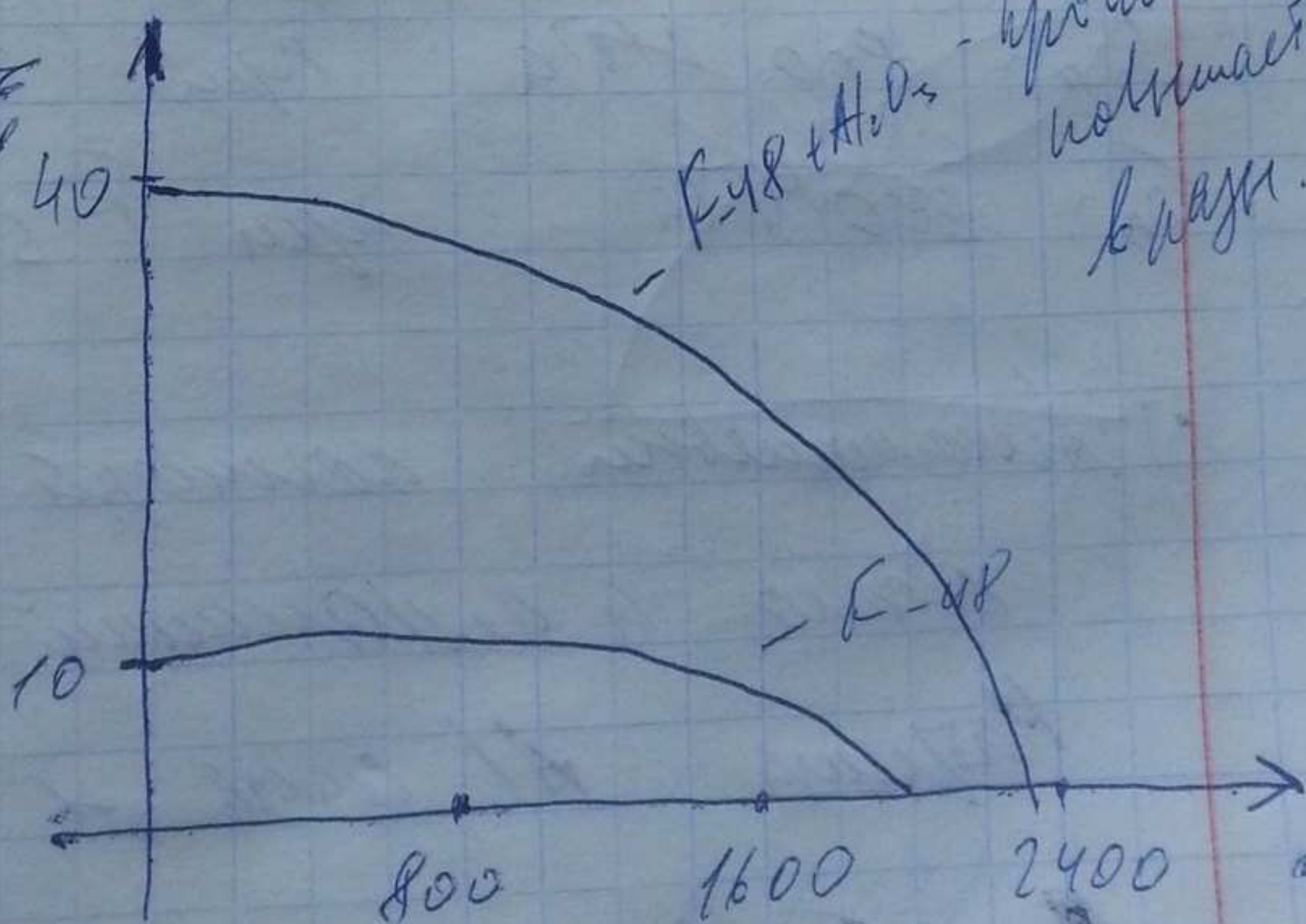
Способ формирования по Бругману.

2) $F - 48 (Nb)$ ($Nb + 15K + 5Mo + 1Zr$)

$F - 48 + 40\% H_2O_3 (50\%)$

Физическая прочность

б/д 40



1) Ti - сплавы. На их основе делают
 Ti-сплавы + упрочнителем W, Mo, ~~Ni~~, Si, C,
 Al_2O_3 . повышенная вязкость
 $T_p \geq 800^\circ C$ в твердых.

2) Ni + ~~W~~ - основы жаропрочных сплавов.
 ↓
 легируют жаропрочными гвн. жаропрочные
 упрочняют C, Al_2O_3 , Si, Cr $T_p \sim 1000^\circ C$
 жаропрочность.
 Макс. прочность.

3) Al - сплавы. легирование B, C, Si, Cu
 $Al + SiO_2$ (50%)
 $\sigma_p \sim 800 \text{ МПа}$ при $T = 200^\circ C$
 $\sigma_b \sim 500 \text{ МПа}$ при $T = 500^\circ C$

4) Алюминиевый корпус: Al-Mg -
 бензол и ацетилен
 Магнелия Al-сплав + бенз. мши.

Самые
 прочные $\rightarrow$ $\begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$ $SiO_2 + Al_2O_3 + CaO$
 $- u - + MgO$

Мног. шва + стел. шва → збавля-
иал шва.
Подоб в шва. (Сварка)

Ш ш - 1 НТ - $\sigma_B \sim 1100 \text{ МПа}$
и стел. шва. $\delta \sim 5\%$

Многостр. прочность. $\gamma_{\text{г. все } d_1 = 2,45$

Мно в абразив.

ш ш - шва. В, С, Si, C, Al_2O_3 , Ti, сталь.

ш ш - шва + C (840%)

$\sigma_B \sim 450 \text{ МПа}$ $\gamma_{\text{г. все } d = 1,77$

Нет шва шва - сваривающиеся.
Мног. шва.

Полнотелые шва.
Матрица - шва.

Многостр. шва, збавляя

шва. Матрица В, С, сталь.

(90-70%) * стел. волокна, шва.

Многостр.

Матрица збавля. шва + В (40%)
 $\sigma_B \sim 2000 \text{ МПа}$ $T = 500^\circ \text{C}$
работает.

Компьютерные материалы
на основе
электронных систем.

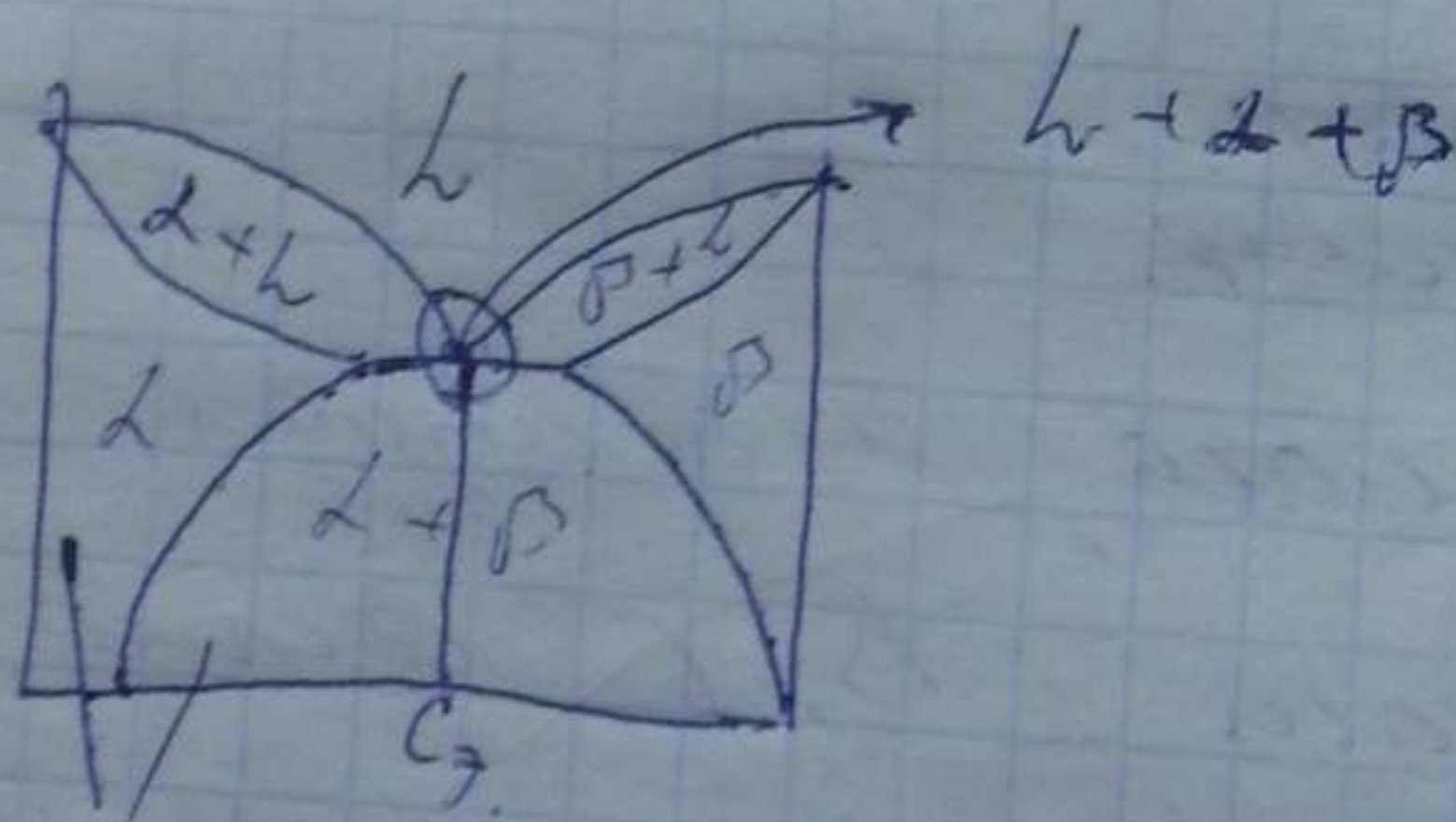
Хорошее качество материалов $\Rightarrow$ улучшение

качества материалов $\rightarrow$ науч. и тех.

электронных систем.

Def: Матрица $\rightarrow$ для хранения информации
нах в равновесии с другими физиче-
скими величинами (напр. во фазе равновесия
от числа параметров).

$$L \rightarrow L + \beta$$



L фазы будут отличаться по структурному состоянию,
или соотв. условиям

Материалы и условия - это и есть
структура!!

Граници либо очисляются либо обозначаются
примесями в зависимости от кон. распада

Направленная кристаллизация!

Прода. фаза - матрица

Другая - упрочнитель

Две между группой

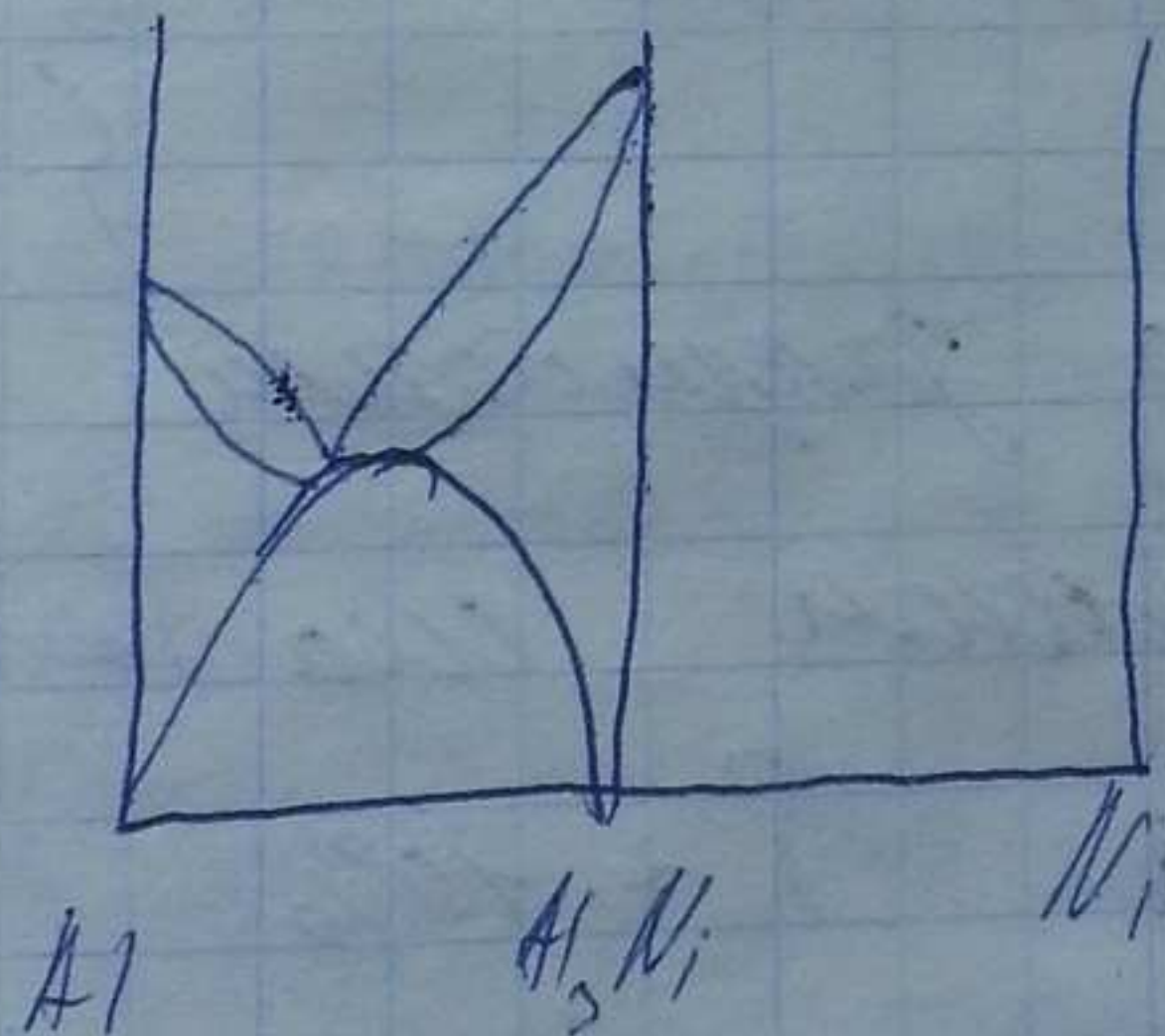
а) Al-Cu 2% Cu ; Cu-усл.

б) малая у-за негодности сплава Cu

в) Система Al-Ni

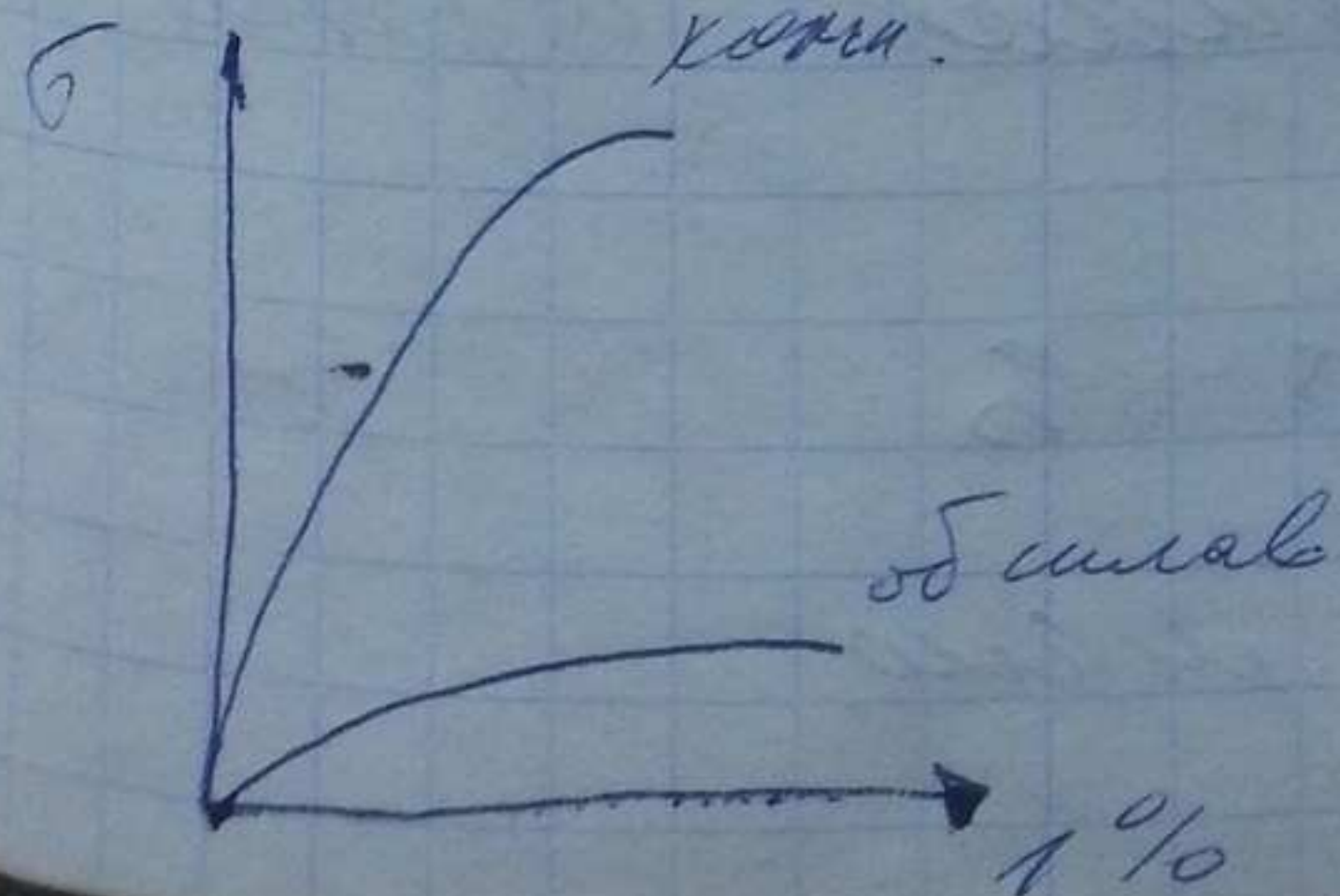
Al - Al₃Ni - эвтектика

Al₃Ni -



Направленная кристаллизация ...

$\sigma_{\Delta} \sim 300 \text{ MPa}$



Межфазный упрочиванием с помощью графита

V
Ta-C, Mo-C, Nb-C - на основе
прошавших He.

18.04.13 Та часть прошивного He еще карбид Me
с He - образует структуру.
Me + Me-C образует миксиды
лиганды с силой направленной связи.

За:

I Ta-C C ~ 8% - образует структуру
Vol. % ~ 25% Ta-TaC

За

91 Если прошив жаростойким - в среднем 20% -
зависит от объема шва. TaC

$\sigma_b \sim 450 \text{ МПа}$ $\delta \sim 10\%$

II Напр. кристаллизация { вертикально напр
TaC - вид шва - сжатый

$\sigma_b \sim 1100 \text{ МПа}$

Упрочняется

$\delta \sim 3-5\%$
 $\frac{d}{d} \sim \text{мало}$

№ 16С

жесткая оболочка 1,5% - С

объемная доля NbC в металле Nb

$V \sim 30\%$

№ 16С $\sigma_B \sim 350 \text{ МПа}$

№ 16С $\sigma_{\text{предел}} \sim 1000 \text{ МПа}$

Металл при прокатке — высокая твердость.

Температурный анализ:

$Ti - Si \rightarrow \beta - Ti + (Ti_3Si_2) \rightarrow$ — "типаг"
высокопрочная структура $\rightarrow$ высокопрочная керамика.

$\rightarrow$ тонкие стержни.

Многие свойства, удобные для применения.

Многие свойства за рубежом ~~используются~~ ^{используются}

№ 16С кристаллизация

В жидком состоянии с Nb могут

образовывать различные соединения.

№ 16С

Если газы Силикаты, силикаты, силикаты
то H_2 упрочит у каждого раствора
Если при этом направлении - то H_2
может рассматриваться направлением
обратным, и почти H_2 упрочит от-
ходом. Обратная перестройка структуры.

Наз. "П. ~~Силикаты~~ Силикаты"

Силикаты; Ткань обрешетки линии. откуда Р-Силикаты
Но дана высокая прочность и вы-
сокая прочность.

$MnTi$ с высокой прочностью тела! / модифициру-
ет прочность тела в акте! Все, что можно сделать.

Достижения в области структурных формирований.
Последовательные деформации.

А. Рубинштейн, Гамбург 1 км - до 10000 км.
1 км или 5 км.

Какое-то количество нормальная система.

Экспериментальное

Многообразие материи

Классическая механика и энергетика

мат.

Вот мы с вами

То + Свобода Мо + Свобода - мысля

свобода ! & Неприятие

Один из признаков жизни функции
организма признается стоимость и другие
характеристики.

Мо + Cu + Свобода Cu Неприятие свободности

Мо и Свобода

Мо - Nb - Мо

Mo - Cu - Mo

Mo - Cu - Ti - Cu - Mo

Критерии композитных материалов.

- 1) Волокнистые
- 2) Сланцевые
- 3) Двух. фазовые.

$$d_u = d_g$$

а) Волокнистые : $\sigma_{конт} > \sigma_{гранитные волокна}$

Потому, что у гранитных волокон
вводные $\sigma_{напряжения}$ - всегда ниже чем
у гранитных.

$$\sigma_c = \sigma_f V_f + \sigma_m V_m$$

$$V_f > V_{крит}$$

4) Свойства композитов $\rightarrow$ суммирование
между материалами, матрица + армирование
 $\rightarrow$ обеспечение монолитного поведения
системы.

Не должно быть твердого порошко и
хим. взаимодействия!!!

Вред шихты в составе композитов

5) Ошибками баллон:

Чел. между приложением в. б. и
уменьшением и баллоном,
и газом в свободном!
чем меньше тем лучше!

6) Кипоризми в св. массах,
Что это?

- Кипоризм — пенистый пор. крист. из
жидкости. медлен. (слабо)

- Физ. форма.

$$\frac{G_m}{V} \sim \frac{m (c_0 - c)}{K D_m}$$

— Облегчение
много или
мало фронты
приближения

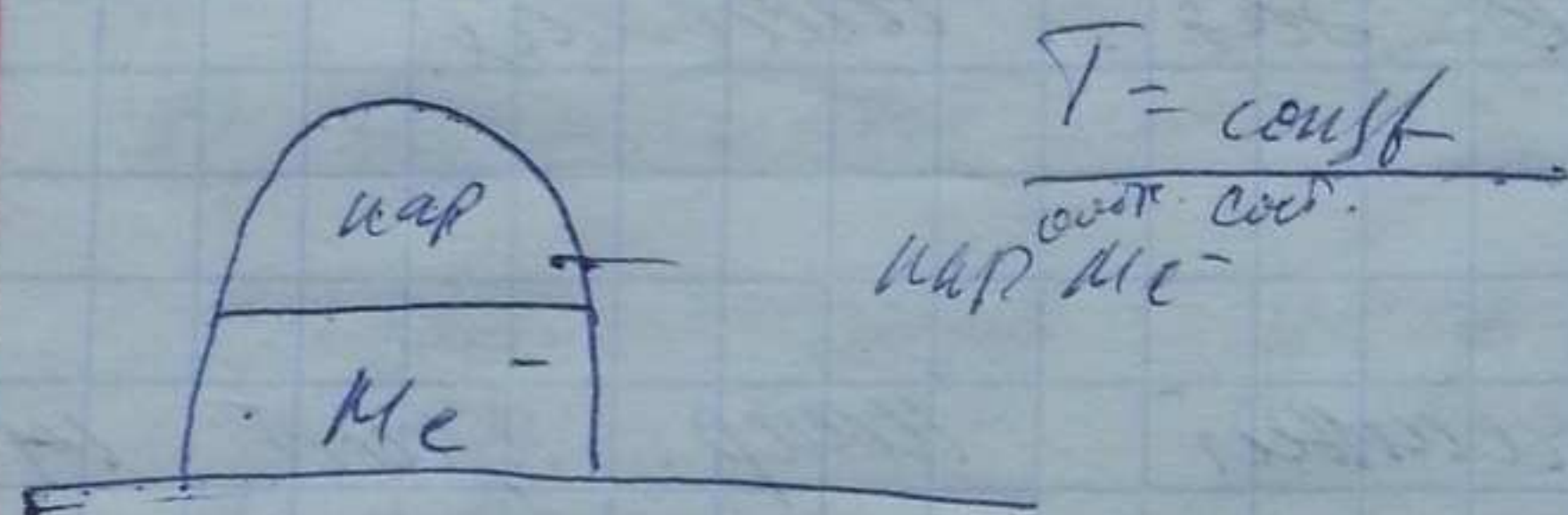
2) Раза мед. тверды раствор, аэроз.
атермостатиз.

Анализ — ритм в св. аэ.

Рафинирование и обработка
металлов в вакууме.

Обработка Me в вакууме — это работа
с очень чистыми материалами.

Идеальный газ металла (уравнение газа)



Молекулы газа в капле газа в вакууме
равновесии с жидкой или твердой фазой.
(чистый Me) Табл. Вильямс.

Но у нас есть сплав (раствор)

{ Сплав — система состоящая из молекул
и атомов различного типа
и при этом молекулы и атомы не
взаимодействуют друг с другом.
Не образуют соединений.

Давление насыщенного пара

P_i - часть парциальное давление.

равновесное давление i -го компонента.

Парциальное давление i -го компонента зависит от содержания i -го вещества в смеси.

З-а Рауля: зависимость относительного понижения давления пара от количества растворенного вещества.

A - растворитель.

B - растворенное вещество

$$\frac{P_A^0 - P_A}{P_A^0} = \frac{n_B}{n_A + n_B} \quad \text{З-а Рауля.}$$

P_A^0 - чистый растворитель. зависимость давления насыщенного пара от температуры.

n - число молей

Смешивая при идеальности систем газы всех компонентов.

Угловая скорость — когда суммарная
 сумма двух моментов A и B равна 0.

$$U_{AB} = \frac{1}{2} \quad (U_{AA} = 4/3) \Rightarrow U_{суммарная} = 0$$

$V_{вектор} = const$; $\Delta H = 0$ — термодинамическая система.

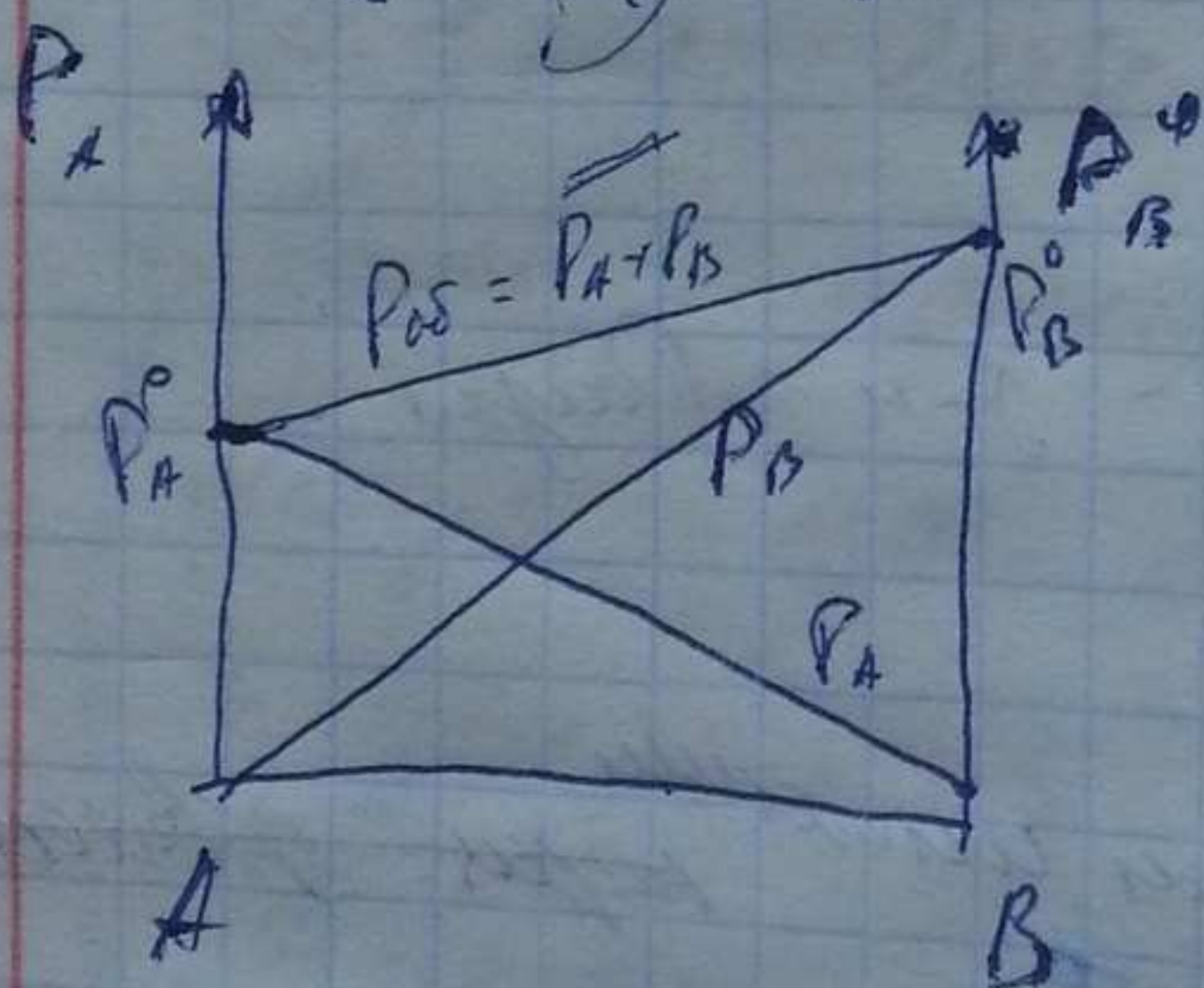
Тогда закон Рауля может быть записан.

Равновесие растворов : $n_B \rightarrow 0$

$$\frac{P_A^0 + P_B}{P_A^0} = \frac{n_B}{n_A} = N_B \quad N_B = -N_A$$

$P_A = P_A^0 N_A$ — закон Рауля.
 давление в смеси составляющих.

$$P_i = P_i^0 N_i$$



Граф. представление
 для Рауля для
 идеальной смеси.

Вывод:

$$P_A < P_A^0$$

Всегда в смеси
 парциальное давление
 меньше.

3) Равновесие 1-й Давтона:

Суммарное давление в системе
отражается суммой парциальных
давлений компонентов.

Равновесие смеси

I) $U_{см} > 0$

$$U_{кр} = \frac{1}{2} (U_{кр} + U_{кр})$$

$$\Delta V > 0 ; \Delta H > 0$$

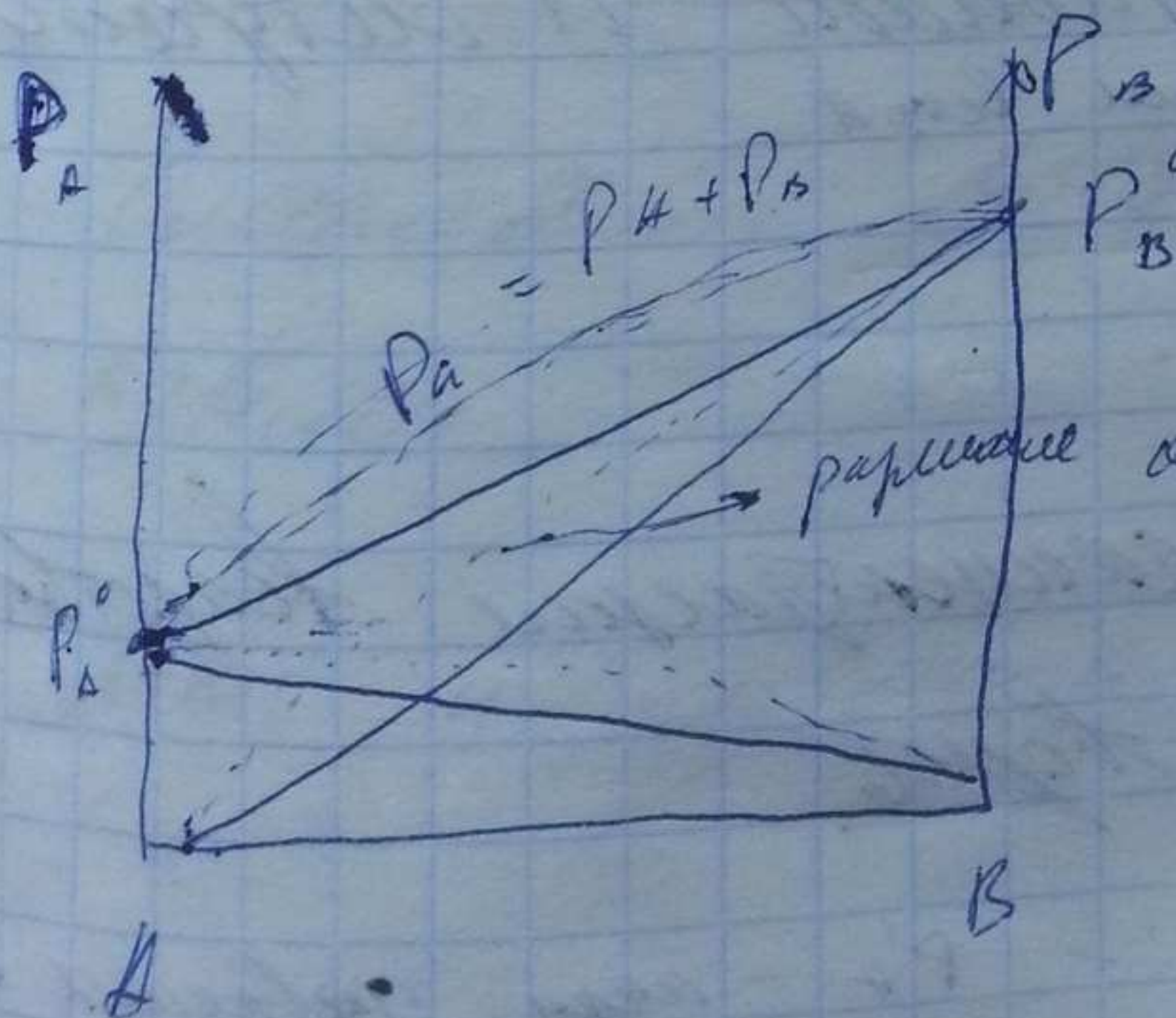
Причем $U_{см}$ при равновесии смеси
может быть как больше, так и
меньше нуля.

$U_{см} < 0$ — отрицательное отклонение от

1-го Рауля.

Набл. при смешивании

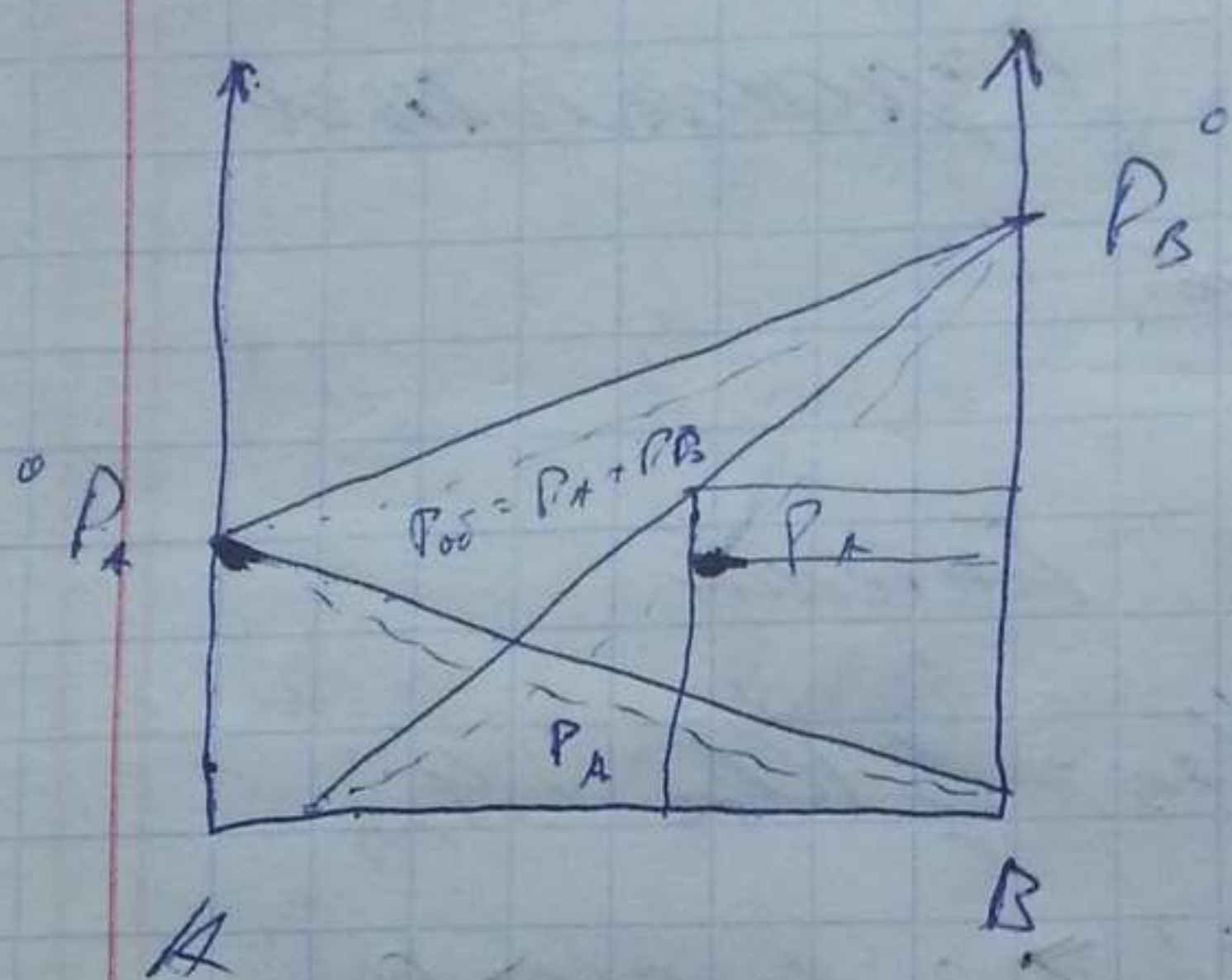
~~Решение~~ смеси



парциальное откл. от идеал.

I) $\Delta G_m < 0$

Изменение объема.



Суммарное давление будет меньше.

Твердые растворы или хим. соедин.

$$\Delta H < 0$$

$$\Delta V < 0$$

Известно, что процесс.

Переход из жидк. в тверд. $\rightarrow$ ~~жидк.~~ равновесие.

Может начаться активация и летучесть.

$$a_A = \gamma_A \cdot N_A$$

$\rightarrow$ молярная доля компонента A

γ_A - коэффициент активности.

Но активность - это концентрация вещества для равновесия растворов.

Летучесть: $P_A = \gamma_A P_A^*$ - P_A^* - парц. давление в равновесии

эфф. парциальное давление компонента A для равновесия растворов.

{ Коэффициент испарения }

Коэф. активности:

$$\frac{P_{\#}}{P_{\#}^0} = \gamma_{\#}$$

$P_{\#}^0$ — давление насыщенного пара

$$\gamma_{\#} = \frac{P_{\#}}{P_{\#}^0} < 1 \quad - \text{чист. жид. тело}$$

При растворении тела

$$\gamma_{\#} > 1$$

$$\gamma_{\#} > 1$$

В равновесии условия полного контакта
под давлением.

$$P_i = P_i^0 \gamma_i N_i$$

Смесь: коэф. активности не всегда
известен.

Важно и значение γ_i в-ва, $\Rightarrow$

Роль вакуума

1) Измерение критического сечения

Чирность нагр, скорость сепарации
 → чирность нагр

$$K = P^0 \sqrt{\frac{M - \text{мол. вес.}}{2\pi RT}}$$

(S, P)

и
 скорость
 нагр. нагр.

— чир. — (K) ур. — (K) ур. — (K) ур.

Процесс происходит в вакууме

и с → конденсация

Нет столкновений между ион. атомами
 $P < 10^{-3}$ мм. рт. ст. ; ~~температура~~ $T \approx 10$ К

$$K_i = L_i P_i^0 \sqrt{\frac{M_i}{2\pi RT P_{out}}}$$

учитывает величину
 фактора
 зависящего от
 ионизации M_i — ионизация

→ уравнение Лэнгмюра

$$\frac{1}{cm^2 \cdot sec}$$

— скорость сепарации

Характерный сечения сепарации
 элементов в вакууме:

P^0 равн. нап. габелен и

испарен и испарен от поверхности

габелен.

$$P_i = K_i \sqrt{\frac{2\pi RT}{M}}$$

$$\frac{dP_i}{P_i} = \frac{V_m}{RT} dP_{\text{ос}}$$

V_m - объем одного моля жидкого металла

$$\ln \frac{P_{\text{ос}1}}{P_{\text{ос}2}} = \frac{V_m}{RT} (P_{\text{ос}1} - P_{\text{ос}2})$$

$$C_s \sim \frac{V_m}{T_{\text{пл}}}$$

Период а адс. вакууму: $\frac{P_{\text{ос}1}}{P_{\text{ос}2}} = 1005$

Миним. габелен не имеет минимума
парциального габелен не имеет.

не имеет, при переходе.

1) K - ! ~~Атом~~ Мембрана

$$T = 2600^\circ \text{C}$$

$$K_{\text{испарен}} = 10^{-9} \frac{\text{г} \cdot \text{см}^2}{\text{см}^2 \cdot \text{сек}^{-1}}$$

ван 200

~ 60

1 мм. рт. ст.

L2

200 мм рт. ст.

Угасение газовых примесей — процесс сложный!

1. Формула для расчета работы в стандартном состоянии:

$$F = F_0 + RT \ln P$$

от P_1 до P_2

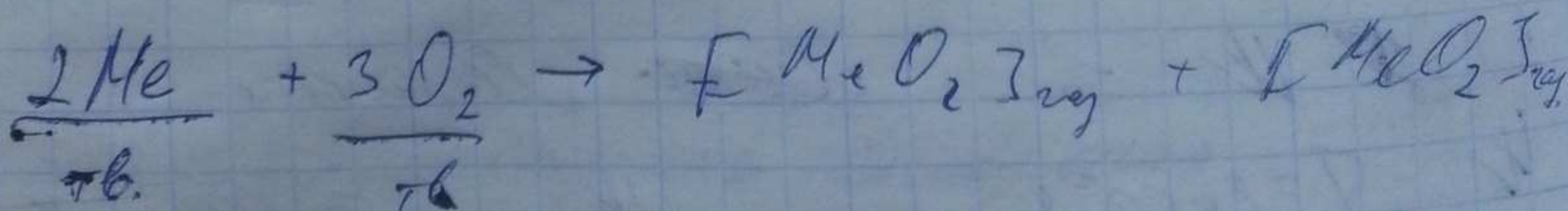
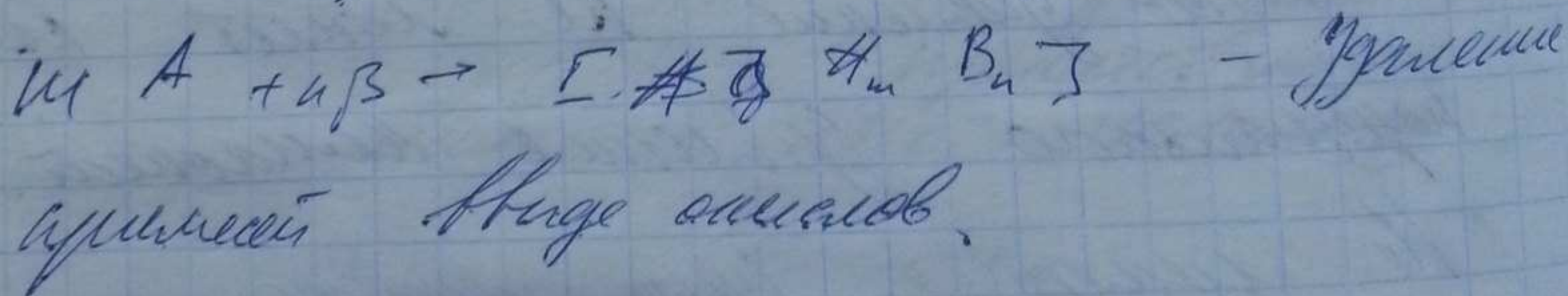
$$dF = nRT \ln \frac{P_2}{P_1}$$

$P_1 = 1 \text{ атм} \sim 1000$
 $P_2 = 10^{-4}$

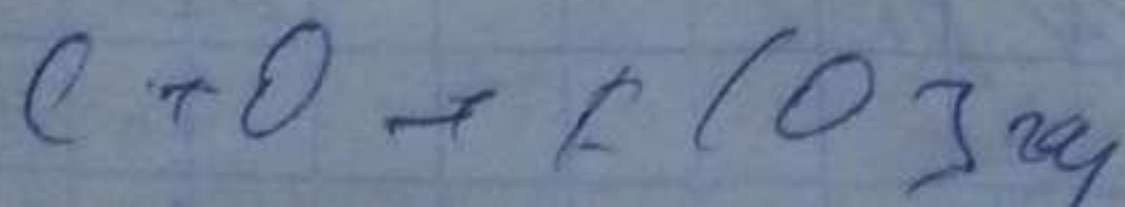
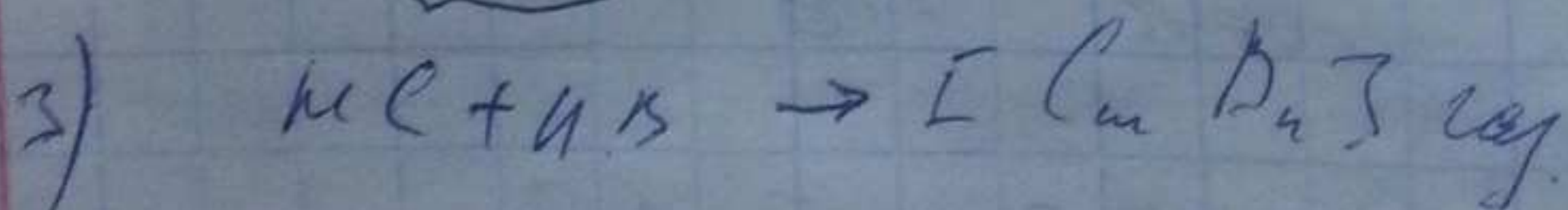
Уг. в атомарном / молекулярном виде.



2) Мет. примесей в соединении с оксидом.



тв. — твердое.



В. Если принять в виде атомов или молекул (реже).

Виде газа примесь, вызывает внешнее давление и сего жидкие соединяются содеруот.

1) Как пар - жидкое и газ 22.04.15
в SD равновесии.

Как пар Внут. давление равновесное
давление $i \sim 10$ атомов в системе.
З и Гильберта $\rightarrow$ против Внут. давления.

$$V_p^0 \sim 1; P = 1 \text{ атм}$$

$$V \sim 10^{-4} \quad P \sim 10^{-5}$$

Молекулярный жидкий материал -
не учитывают взаимодействие между молеку-
лами

10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} моль/л и выше
 воды вода соед. тогда это ра-
 ботает.

Удаление газовых пузырьков

3) I-и Рипри:

[C] - газный элемент на 6-6 мкм
 жидком вод - вода Кари.

[C] = $\frac{P}{R}$ - внешнее давление ^{газного} ~~растворимого~~
~~растворено~~ в ~~растворе~~ над раствором
 - температура реакции

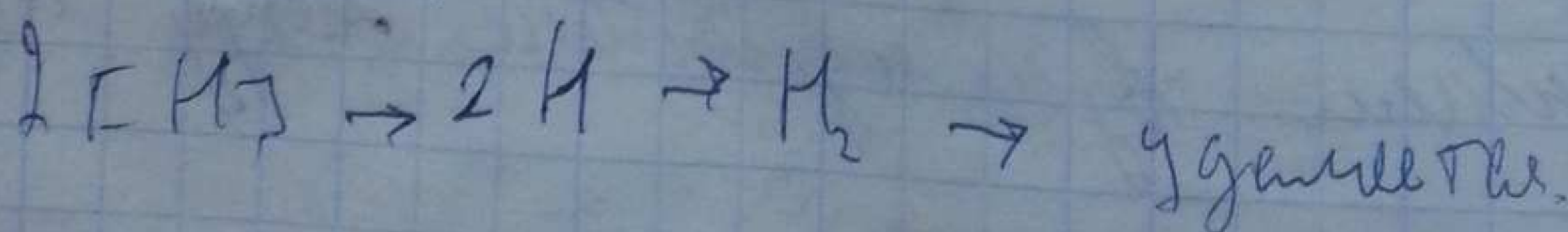
$$\frac{d \ln C}{dt} = \frac{\Delta H}{RT^2}$$

Так в атомарном или молекулярном
 сост. в жидкости

[H] =



атомное состояние.



$$K = \frac{[H_2]^2}{P_{H_2}}$$

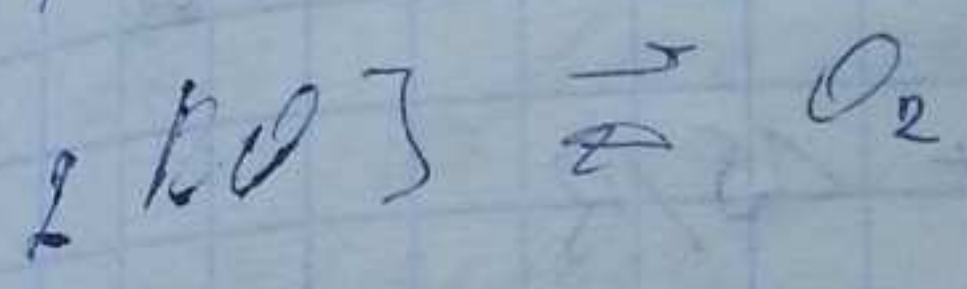
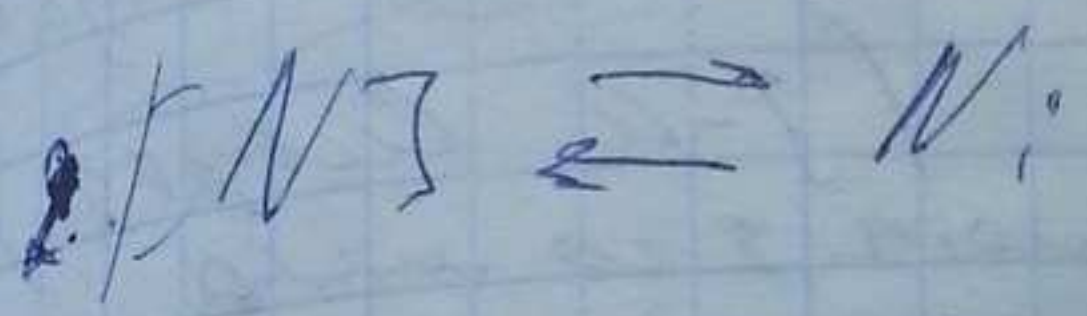
константа равновесия
 { 3-ий Гесса }

$$[H_2]^2 = K P_{H_2}$$

$$[H] = \sqrt{K P_{H_2}}$$

- 2-й закон Гиббса

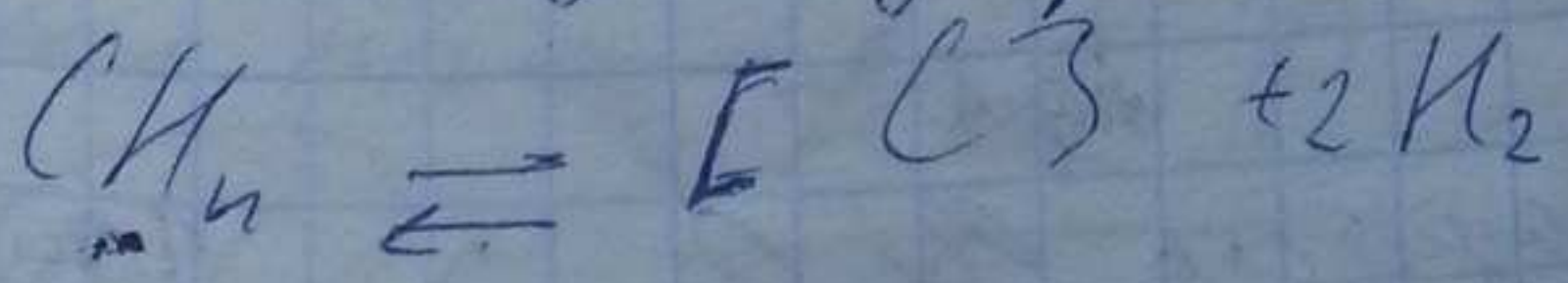
решения
 увеличение этого газа над раствором



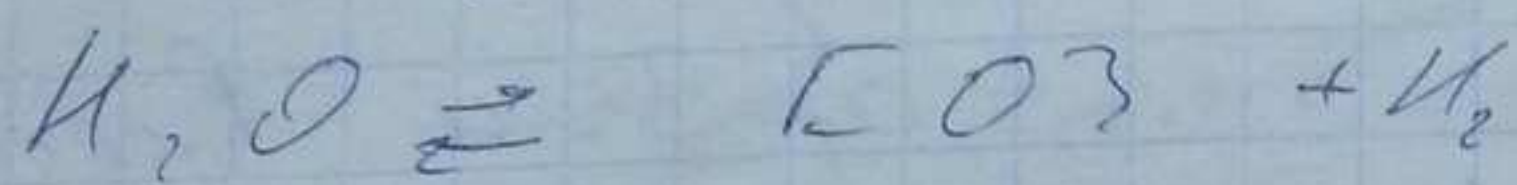
или M_e градиенты и полярность
 измер. ΔG газ, то по методу можно
 рассчитать массу ΔG газ.

над поверхностью в M_e :
 $H_2, N_2, H_2O, CO, CO_2, O_2$, иногда $C_n H_m$
 NH_3

метан всегда замораживается углеродом?



В меноре много воды:



→ уходит на пов-тб., KOH — уходит

H_2 выводится.

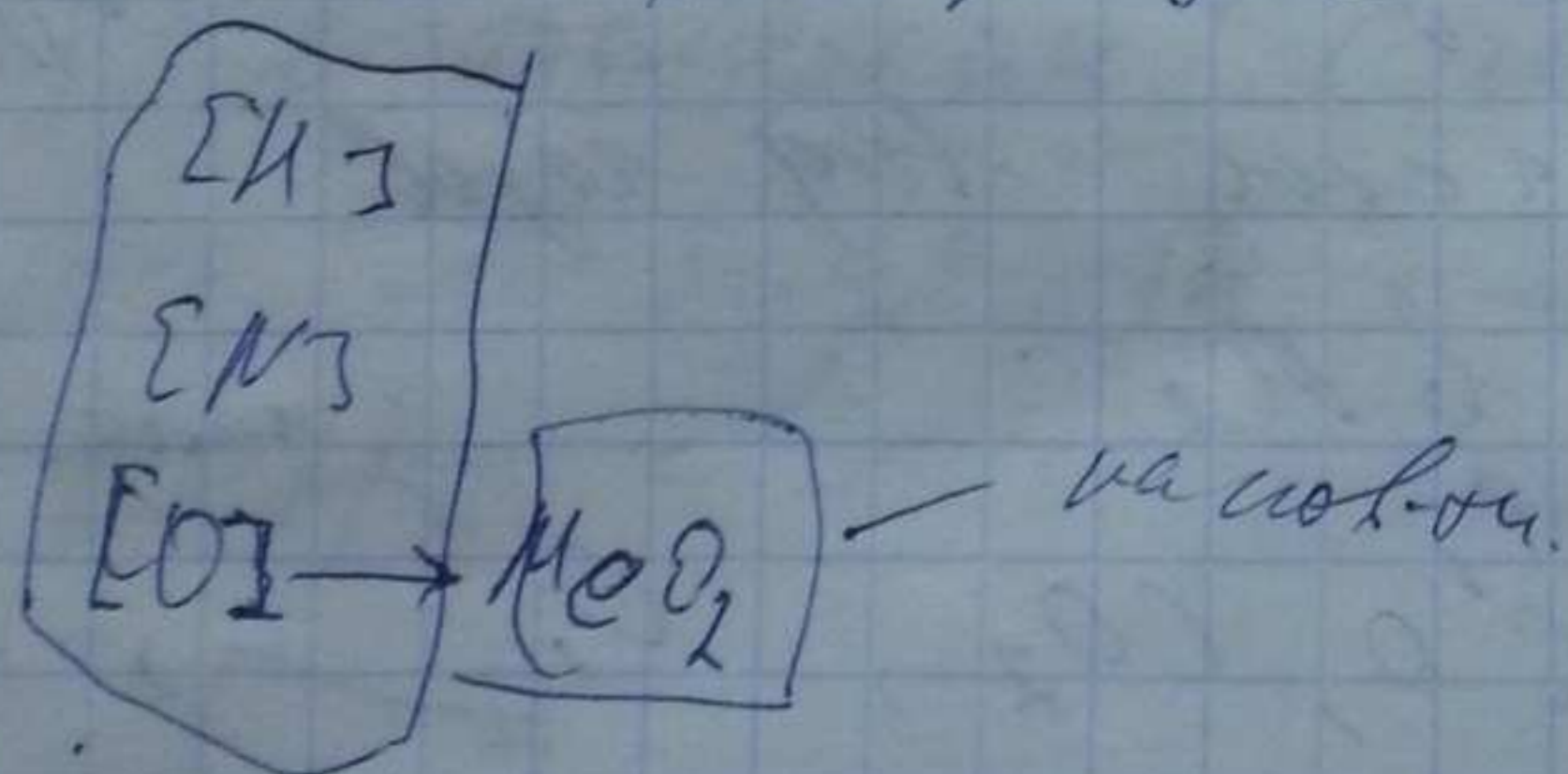
Основная выделенная газ из Me .

Уменьшение растворимости газа
концентрация P (3-й Сиверс)

(Также выделит T) температура T и P — моляр.

$$[C] \sim e^{\Delta H/RT + \Delta S/R}$$

1) Газы выходящие на пов-тб.



KOH — в стоб. сост. не выделяется в основном
в виде соед.

Чем выше температура MeO_2 тем выше
а при Me , то MeO_2 выделяется.

$$\Delta C = \frac{(5,8)}{\sqrt{\frac{M_1}{M_2} \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^2 \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^2}}$$

ΔC — коэффициент диффузии
 M_1, M_2 — молекулярные массы газов
 P_1, P_2 — давления газов
 T_1, T_2 — температуры

Изменение давления при
 сжатии газа

Все-таки будет H_2, N_2, O_2 — основные и углекислоты

$$\Sigma C, (O, N, H, C) \rightarrow$$

$$\Sigma C = 10^{-2} \%$$

Zr, Hf, V, Ta, Nb

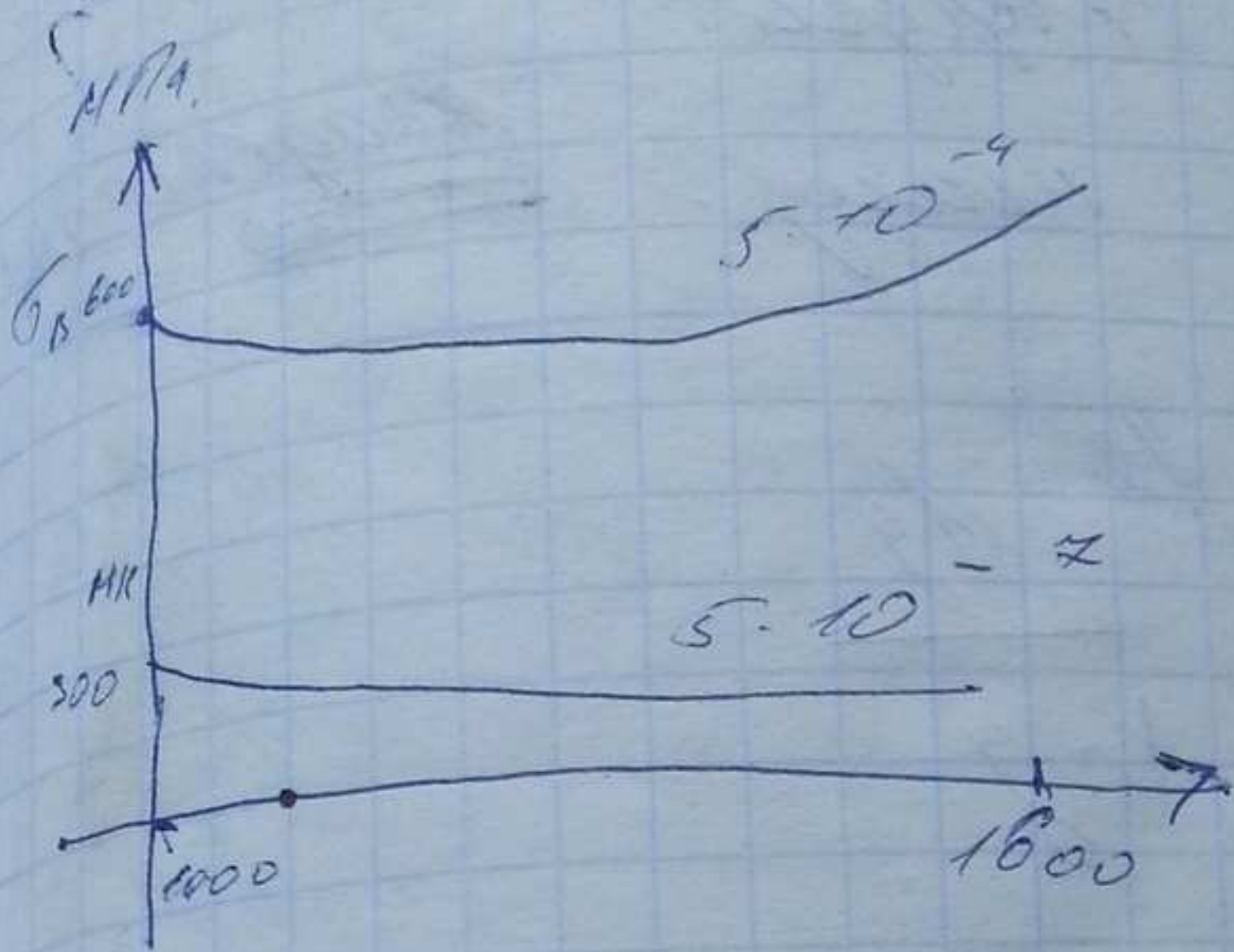
Cr, Mn, Ni — более легкие металлы

для Nb, Ta, Zr, Hf — температура плавления

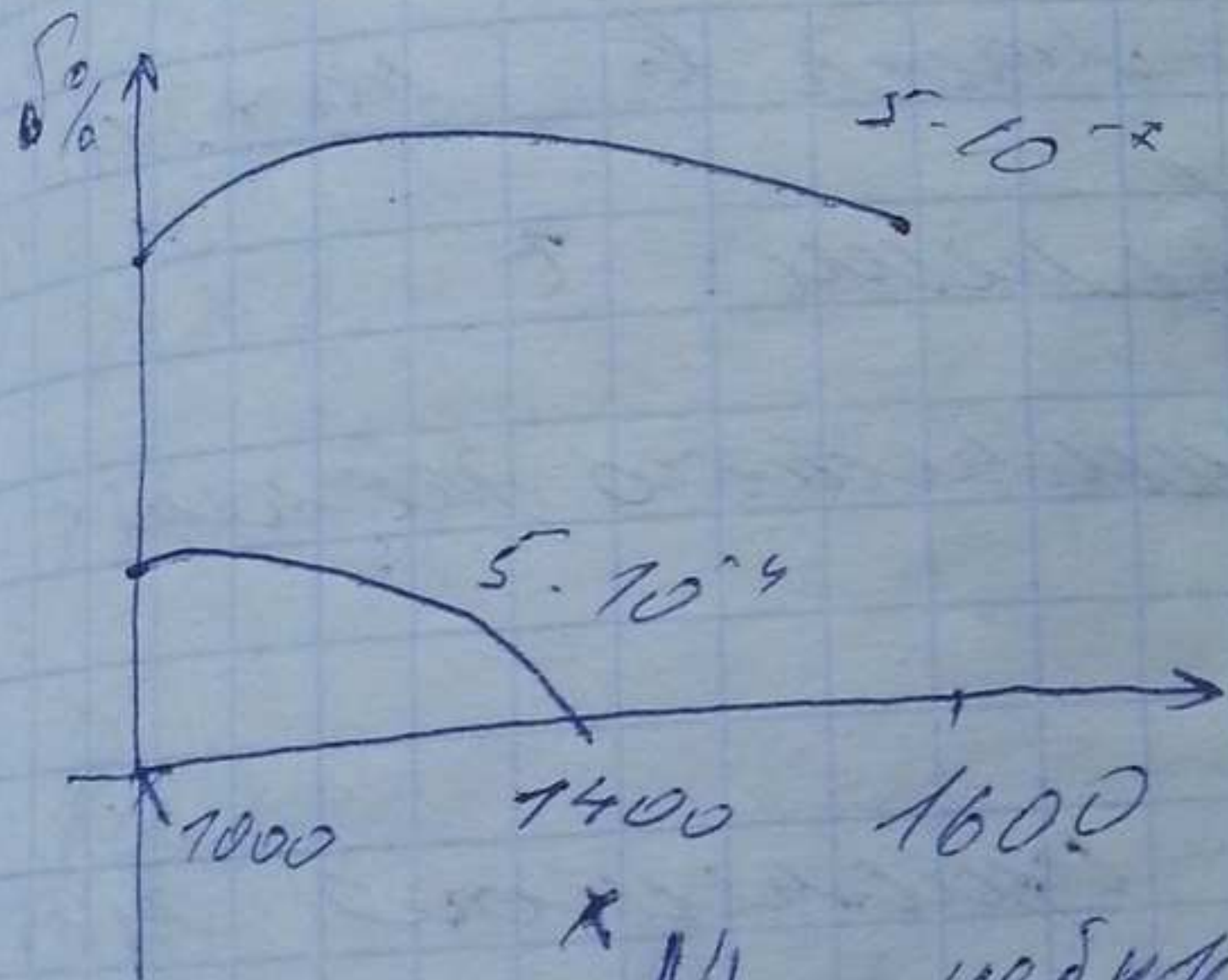
Рис. 11, 12, 13

$$\Sigma C = 10^{-2} \%$$

Т. температура $20 \div 300^\circ \text{C}$



прочность повышается
с ростом температуры



пластичность
падает
с ростом температуры

№ кабрирует мелкородом.

Анализ отжига резак ~~с~~
механические свойства
разбавленных марганца
и углерода углерод на порядок
более растворимости, а менее
увеличение к упрочнению.

25.03.15

Дистилляция №6 в вакууме

Дистилляция - су хидрат газу,
сублимация - из твердой.

Материал и метод. ~~Витализм~~ Конденсация.

Зр-е Ренне:

$$\ln \frac{G_0}{G_t} = \int_{y_t}^{y_0} \frac{dy}{x-y}$$

G_0, G_t - масса в нач. и
в момент времени t .

x - содержание сухого вещества
в residue

y - содержание сухого вещества
в паровом газе.

Материал:

Массовый режим и для разбавленных
растворов.

Массовый режим испарения.

β - коэффициент разделения флуид. и др. веществ.
 флуидности пара, жидк.

$$\beta_{\text{фл}} = \frac{P_A^0 \sqrt{M_B}}{P_B^0 \sqrt{M_A}}$$

или моляр. масс.

$P_A^0 \sim v_A$ - скорость испарения.

$$P_A^0 = K \sqrt{\frac{2\pi RT}{M}}$$

χ коэффициент диффузии в смеси.

$\rho > 1$ - диффузия в смеси.

$\rho < 1$ - не диффузия (иногда).

Равновесие веществ.

$$\sigma_{\text{фл}} = \frac{P_A^0 \gamma_A \sqrt{M_B}}{P_B^0 \gamma_B \sqrt{M_A}}$$

γ_A, γ_B - коэффициенты активности.

разб. раствор. Предположим: $\gamma_A = 1$

$$\beta = \frac{P_A^0 \sqrt{M_B}}{P_B^0 \gamma_B \sqrt{M_A}}$$

1) Расчеты Виз.

$$2) \quad a) \quad \frac{X_1}{X_0} = \left(\frac{G_1}{G_0} \right)^{\beta_{ug} - 1}$$

- хар-терные признаки
применено в зав-ти от характера
материала

После черновой отшлифовки

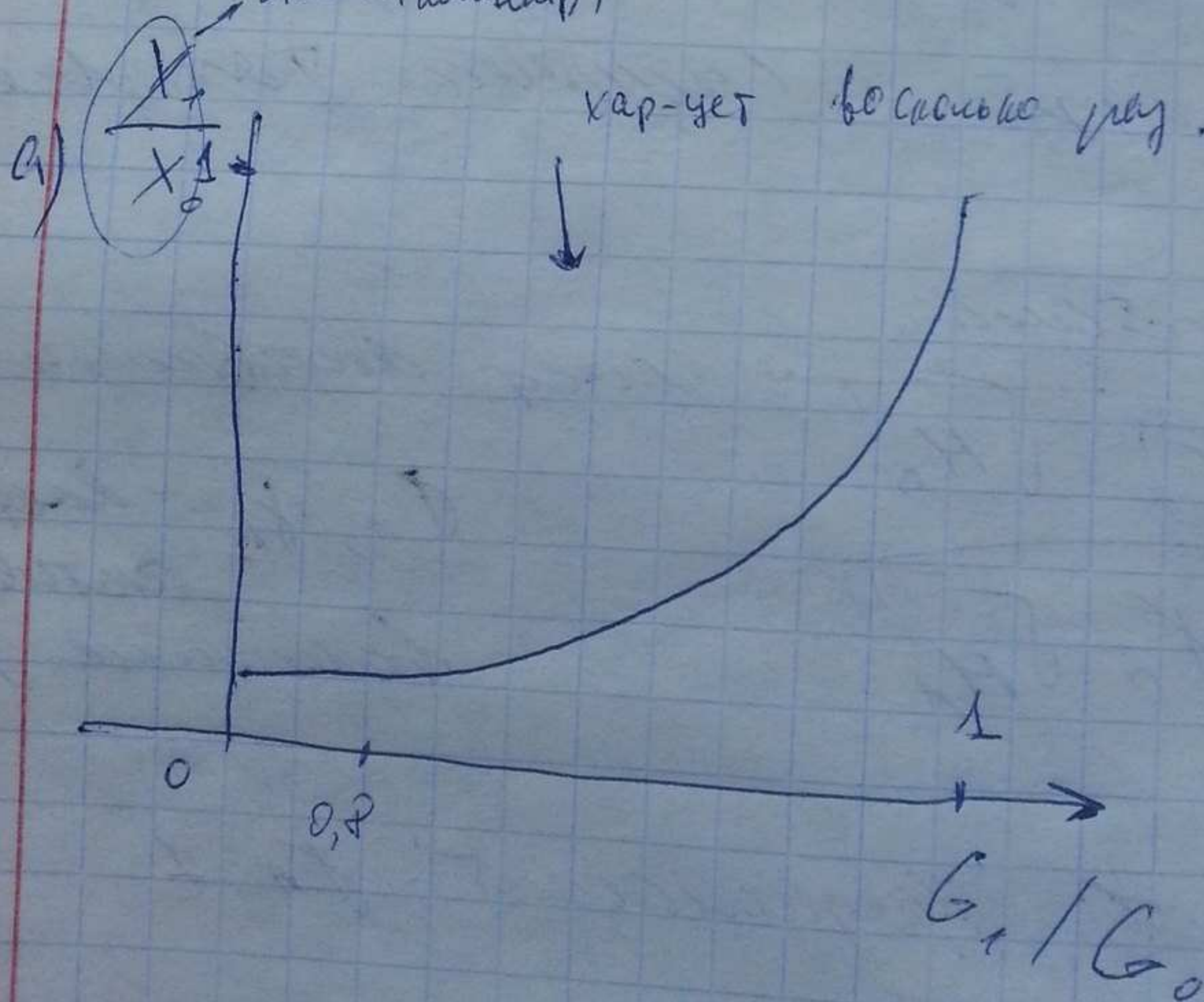
~~И~~ Иринеевых мам
считает.

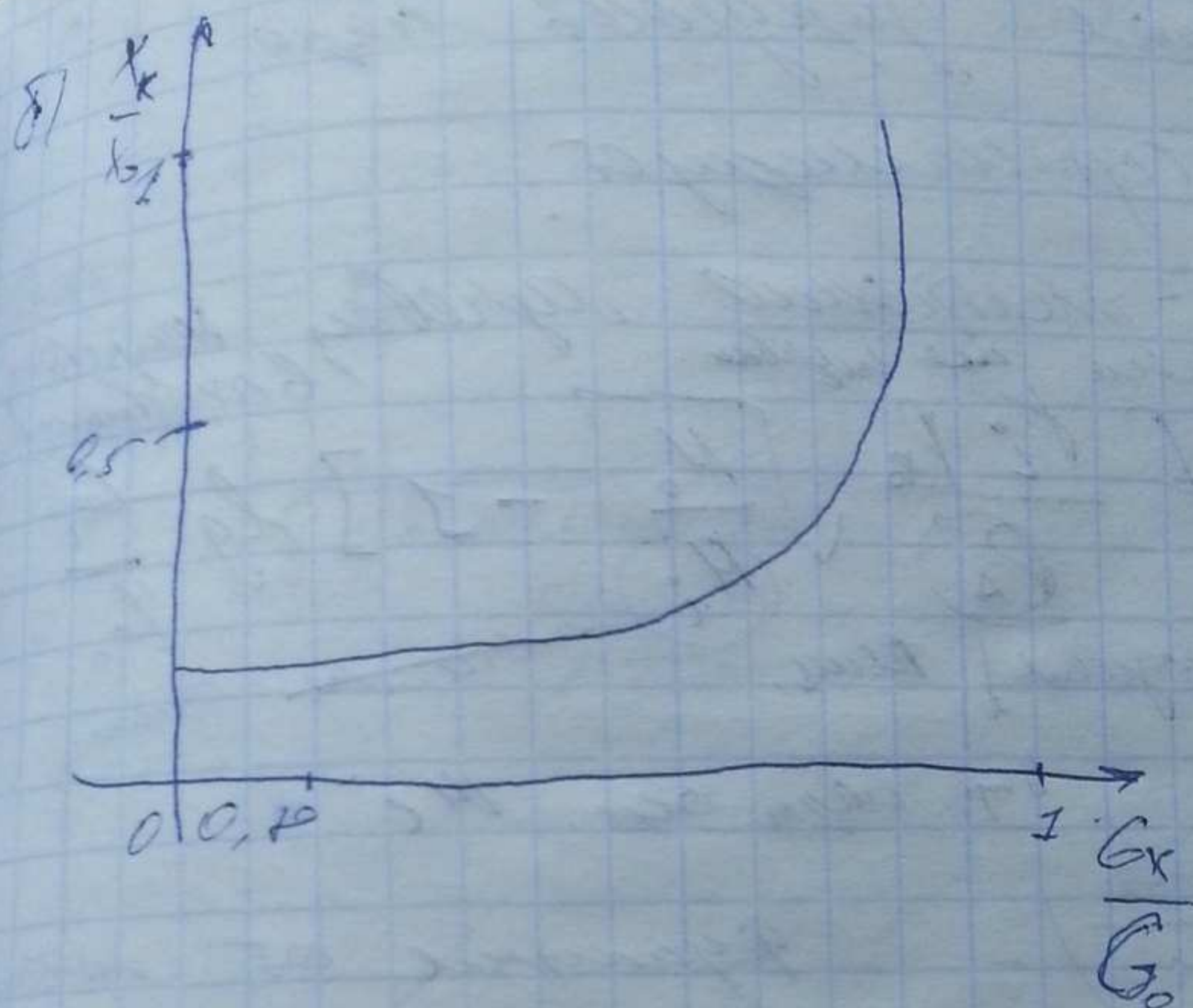
Aug

$$\delta \frac{X_K}{X_0} = \frac{1 - (1 - \frac{G_K}{G_0})}{G_K / G_0}$$

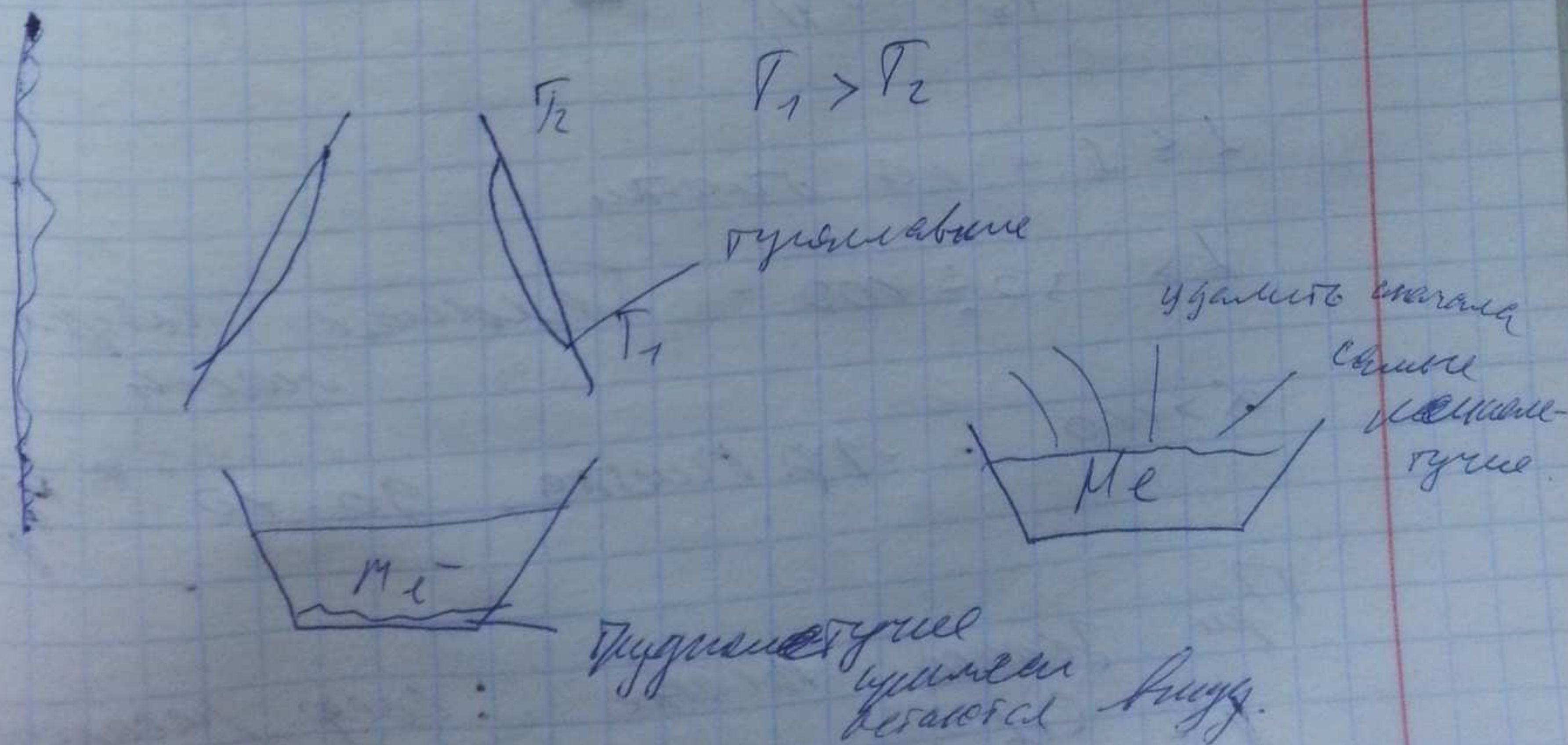
отцом, кем-то,

кар-чет во сколько раз меньше потерь





Конденсация в смеси с конденсатом
влагомера в смеси с конденсатом.



60

Система -
устройства -
излучения

Система -
устройства -
излучения

Система -
устройства -
излучения

Система -
устройства -
излучения

Система -
устройства -
излучения

Система -
устройства -
излучения

Система -
устройства -
излучения

Система -
устройства -
излучения

Система -
устройства -
излучения

Система -
устройства -
излучения

Система -
устройства -
излучения

Система -
устройства -
излучения

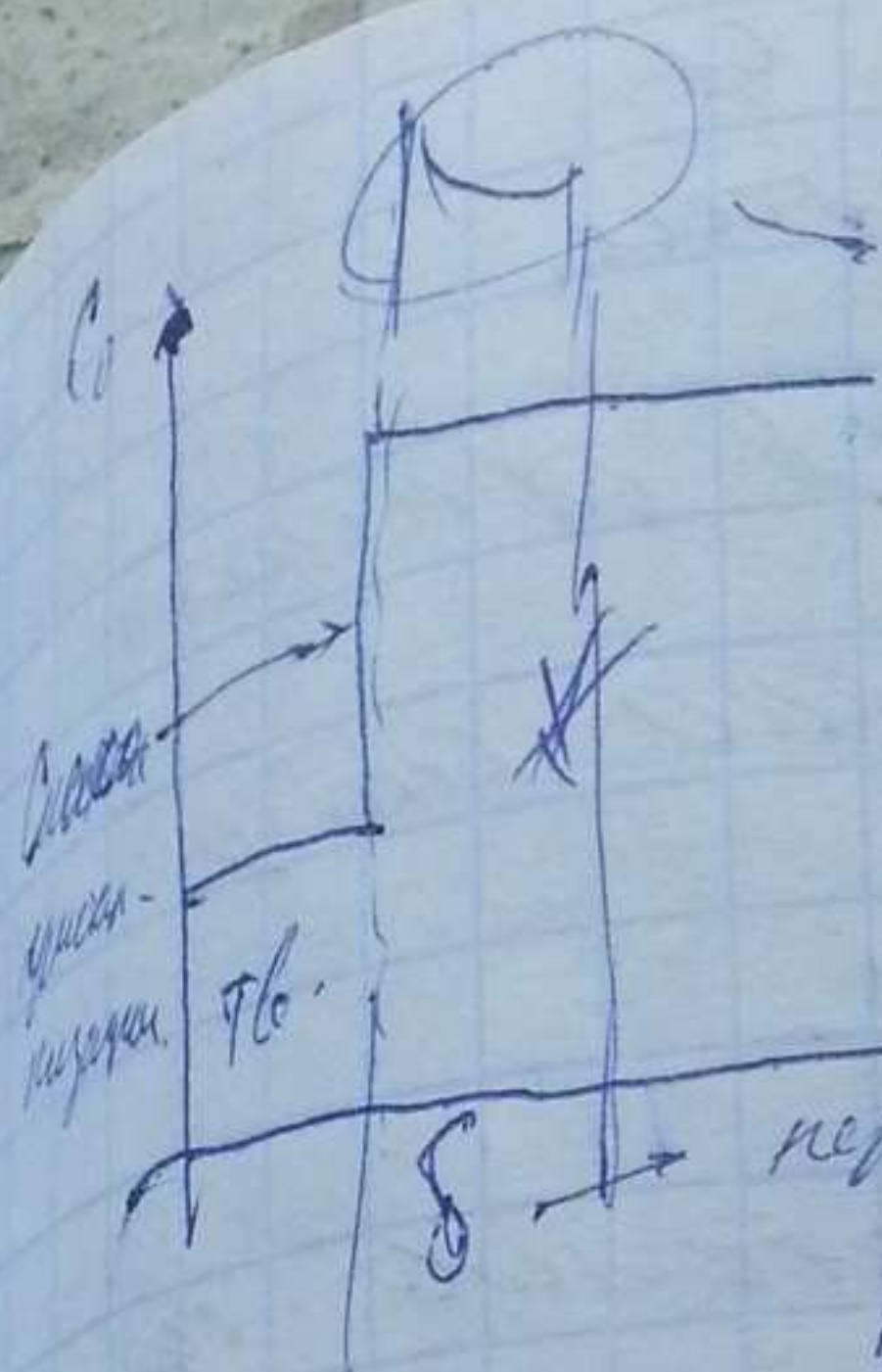
Система -
устройства -
излучения

Система -
устройства -
излучения

Система -
устройства -
излучения

Система -
устройства -
излучения

Система -
устройства -
излучения



линия равновесия
в равновесном состоянии.

$K < 1$

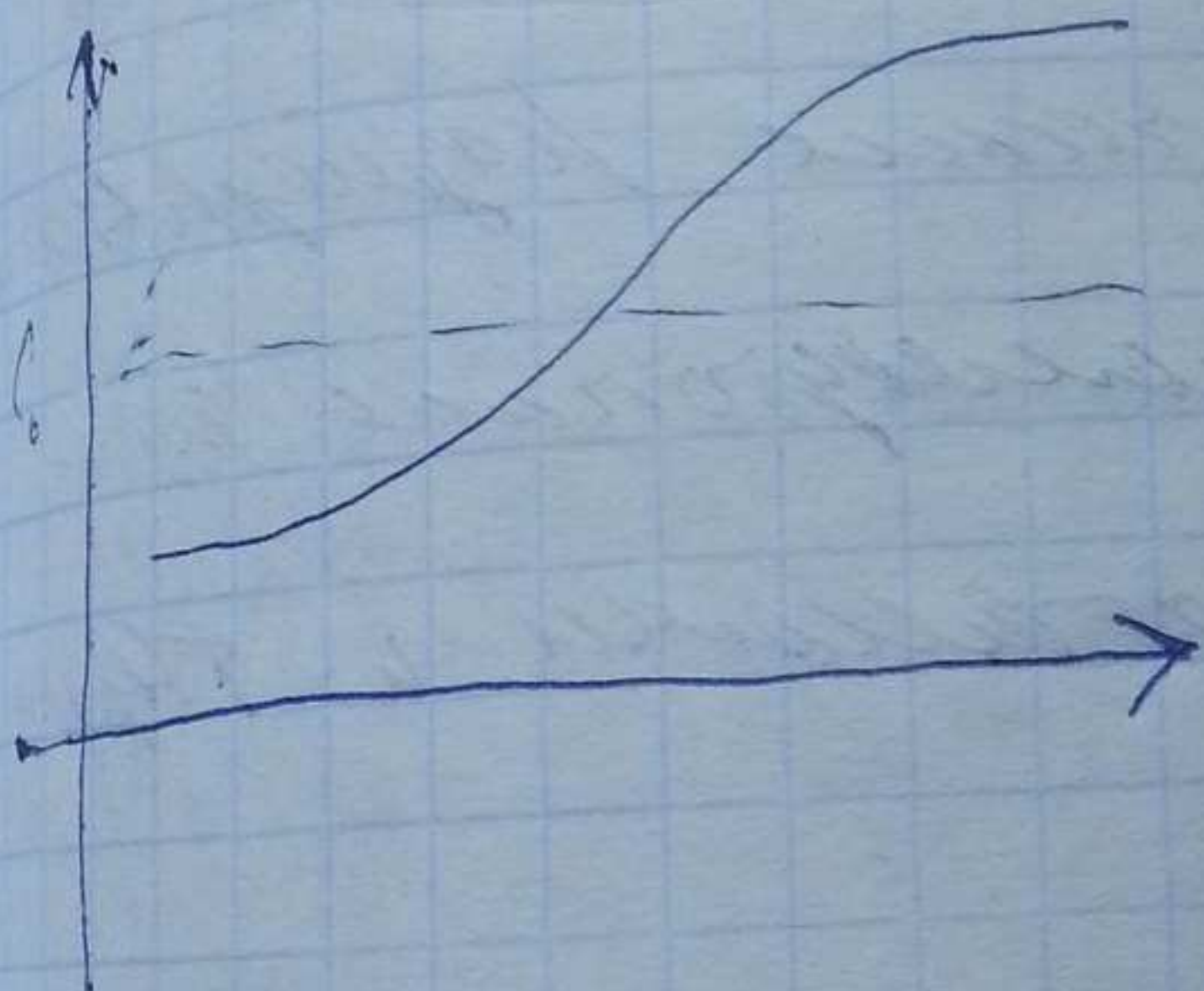


Фронт
увлажнения

в ст. фазе. перх. < 1

Приним ϵ ~~меньше~~ меньшей воды
уходит в жидк.
фазу.

$K < 1$



Скорость перх. x
Зонн.

$\frac{\partial \epsilon}{\partial x} \rightarrow$ безгранич
или вода -
целая зона.
 $\frac{\partial}{\partial x} \rightarrow$ уходит в жидк.
фазу.

$$l_{\text{фаз}} = 1 + \sqrt{\frac{1}{K_0} - \epsilon} / \epsilon$$

Наноматериалы и нанотехнологии

Специальное определение в нанотех-
нологиях и свойства nano материалов.

Как единого определения.

Наночастицы имеют размеры от одного
и нескольких нанометров и имеют
характеристические размеры 100 нм.

Наночастицы промежуточные обра-
зованные между атомом и твердым
соединением.

Наносферы имеют свойства отлича-
ющиеся от тв. образцов. (или состав
один и тот же).

Это определение т.е. состав и
поведение атомов различных
структур по сравнению с ~~та~~ массивными
соединениями.

Размер наночастицы - активная вели-
чина, которая фиксируется в расчетах.

2D - сур. в 1-й в 1-й изм. изм.

1D - в 2-х

0D - в 3-х

Изменение σ в 6 от измения
размера структурного элемента.

Потенциал при гравитации, гравитации,
вращении,

Вспомогательное измения σ измения

$\frac{\Delta \sigma}{\sigma}$ в σ зависимости от диаметра.

Потенциал σ измения σ измения.

Изменение температуры σ измения.

Для σ измения. при σ измения σ измения.

$\sigma_T = \sigma_0 + k \sigma^{-\frac{1}{2}}$ - ур-е Холла-Пайса,
 σ диаметр зерна.

Зерна в σ измения σ измения.

Безразмерный σ измения.

Многочисленные σ измения σ измения.

Механизм деформации σ измения σ измения.

Спонтанно-генетический метод

Для цитологических

Анализов - микроскопия

→ на анализе клеток и тканей.

Спонтанно-генетический метод можно применять

клетки.

1) Метод ~~анализа~~ анализа.

Применение → анализ

поверхностной энергии.

мик св-ва

Каждый материал структурного
и функционального анализа.

↑
свойства

Структура - анализ водородных
структур, образующихся в
2-х водородных парах по
химическому и физическому составу.

Микроэлементы - 1 x черное зрение
 иль - 10
 точка - 0 D - иногда из.
 ислучь вентили атомов.

Нанотехнологии и
 наноматериалы.

29.04.13

Функционалы. - Включает катетерную
 амниотическую формулу с общей
 формулой C_n

(линей, графит и карбин)

C_{60} - самая симметричная форма.

Масштабы функционала могут обрешивать

Аморфные структуры с РУА и микромасштабной

$\lambda = 1,42 \text{ нм}$

$$\rho = \left\{ 1,65 \pm 0,03 \text{ г/см}^3 \right.$$

Функционалы из.

Функционалы - функционалы наноматериалов

Функционалы - функционалы наноматериалов.

Углеродные нанотрубки.

Предельная структура в виде конического
цилиндра, состоящего из одного или нескольких
сплошных свернутых в трубку графитовых
слоев

$$d = 1 \div 10 \text{ нм}$$

$$L = 10 \text{ нм} \div 1 \text{ см}$$

Рекламные слоганы в виде оси нанотрубки.
Характеристики (и их описания)

Заполняются полусферой ферромагнетика.

Средняя плотность - чистая структура
мат } вес трубки 2600 г/см³ / P⁻¹

Высокая прочность - на порядок выше
средней самой прочной стали

Всех. показатели не в 70