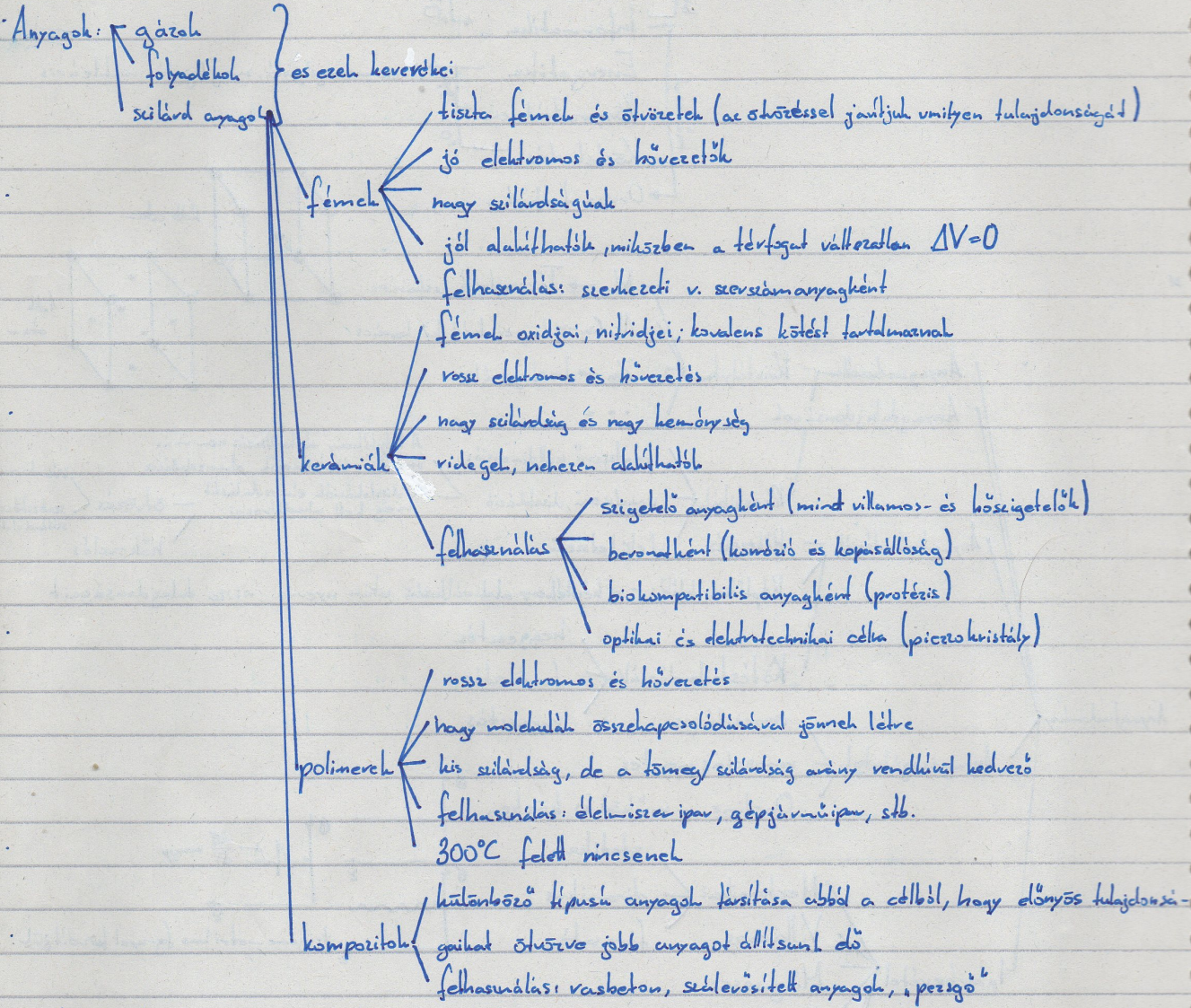


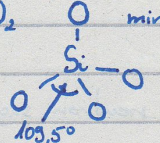
2012.09.07.

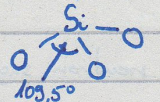
Szabó Péter Sándor

Elmélet

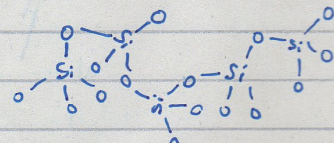
Bevetelő, ideális rács



Az atomok elrendeződése rövid távú rend: SiO_2  mindegyik rész szabályos, de egymáshoz képest nem

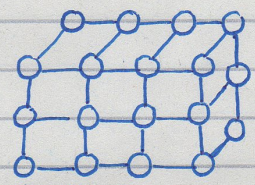


szabályos



amorf anyagok

hosszú távú rend: az atomok elhelyezkedését jól definiált transzlációval ismertetjük le

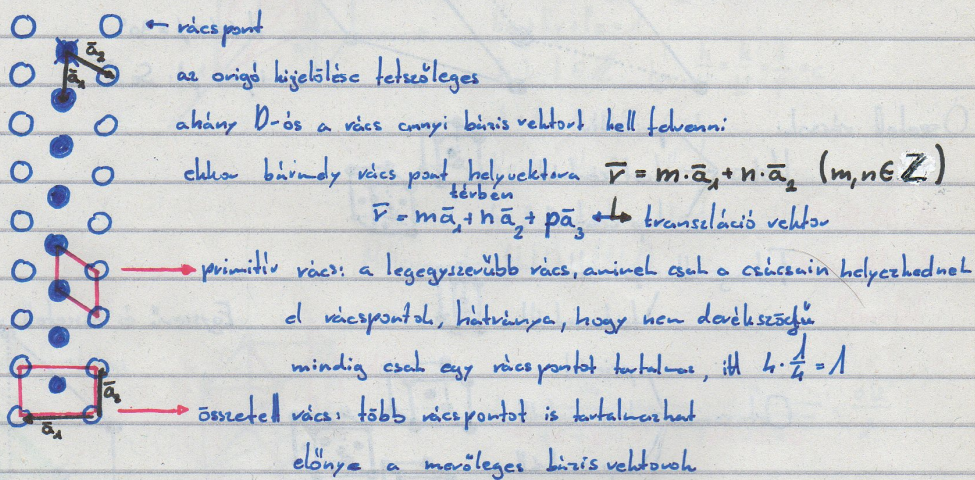


kristályok

Kristályok

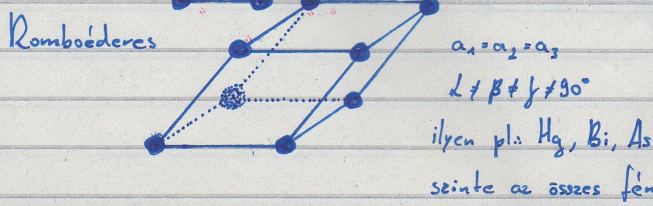
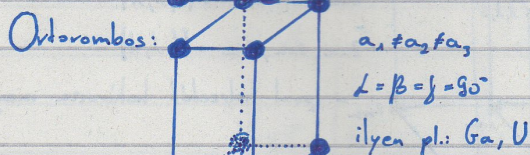
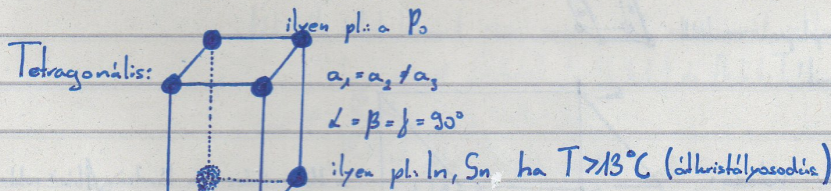
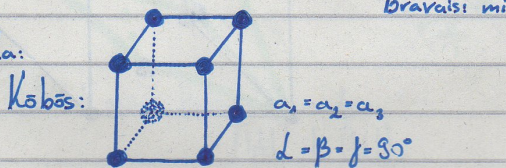
- egykristály:
 - végig a kristály mentén ugyanaz a rendszer
 - Si: integrált áramkörsík, tranzisztor
 - ↳ félvezető, sok van belőle a Földön
- polikristály, sokkristály:
 - szemcsékből áll az anyag
 - ↳ mindegyik szemcse egykristály
 - a szemcsédios egykristályok térben el vannak fordulva
 - a legtöbb anyag
- folyadék kristályok: hosszú irányú kristályok, melyek elektronos térben rendeződnek

Transzláció: az ideális rácsban a transzláció hibátlan és a tér minden irányában végtelen

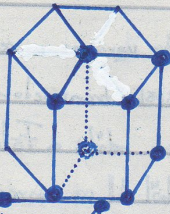


Bravais: minden rendezett ponttalmas besorolható két primitív rács típusba

Primitív cella:



Hexagonális:



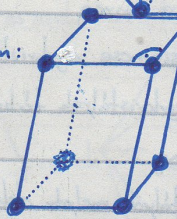
$$a_1 = a_2 \neq a_3$$

$$\alpha = 60^\circ \quad \beta = 90^\circ \quad \gamma = 120^\circ$$

ilyen pl.: Cd, Mg, Zn, grafít

anisotrop, bizonyos irányokban más-más tulajdonságok mutat

Monoklin:

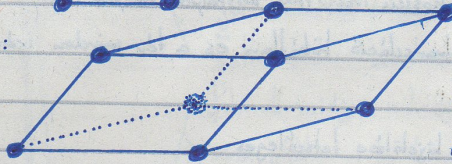


$$a_1 \neq a_2 \neq a_3$$

$$\alpha \neq 90^\circ \quad \beta \neq 90^\circ \quad \gamma \neq 90^\circ$$

ilyen a kén

Triklin:



$$a_1 \neq a_2 \neq a_3$$

$$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$$

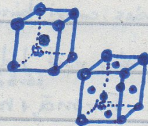
ilyen pl.: Se, Te

Összetett rácsok:

(Wigner)

Köbös

← primitív
test centrált
lap centrált



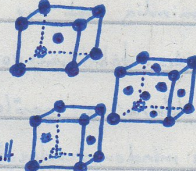
Tetragonális-primitív

test centrált



Ortorombos

← primitív
test centrált
lap centrált
alaplapon centrált



Rombóéderes - primitív

Hexagonális - primitív

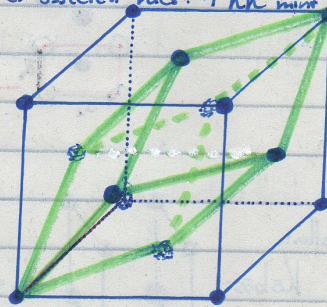
Monoklin - primitív

alaplapon centrált



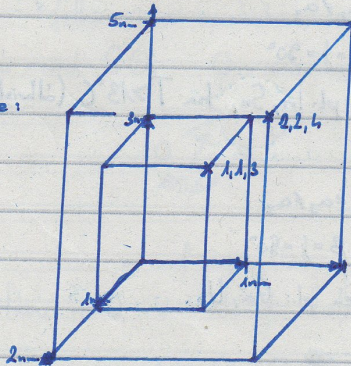
Triklin - primitív

Egyszerű és összetett rács: FKK mint romboéderes



Miller-indexek:

Pontok Miller-indexe:



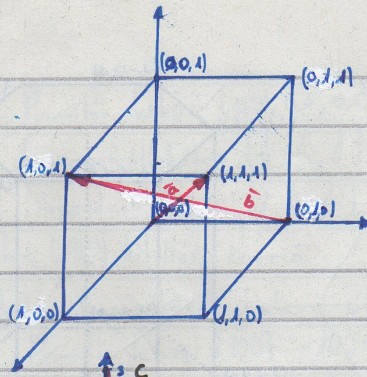
a Miller-index = a távolság / létsz. vektor

$$1m, 1n, 1p \rightarrow (1, 1, 1)$$

$$2m, 2n, 2p \rightarrow (1, 1, 1)$$

a pont helyzetét határozza meg

Írányok Miller-indexe:



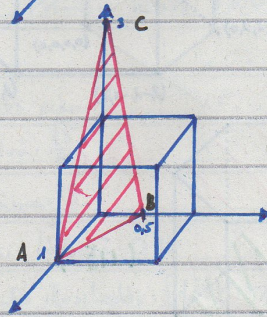
$$\vec{a} = (1,1,1) - (0,0,0) = [1\ 1\ 1]$$

$$\vec{b} = (1,0,1) - (0,1,0) = [1\ -1\ 1]$$

kristallográfiai szempontból ez a két irány megegyezik:

$$\langle 111 \rangle = \{ [111], [\bar{1}\bar{1}\bar{1}], [1\bar{1}1], [\bar{1}1\bar{1}] \dots \}$$

Síkok Miller-indexe:



$$\frac{x}{A} + \frac{y}{B} + \frac{z}{C} = 1$$

$$h' = \frac{1}{A}, k' = \frac{1}{B}, l' = \frac{1}{C}$$

$$h'x + k'y + l'z = 1$$

$$h, k, l \in \mathbb{Z} \text{ így } \frac{h}{h'} = \frac{k}{k'} = \frac{l}{l'} = c$$

$$A=1 \quad B=0,5 \quad C=3$$

$$h=1 \quad k=2 \quad l=\frac{1}{3} \quad c=3$$

$$h=3 \quad k=6 \quad l=1$$

2012.09.14.

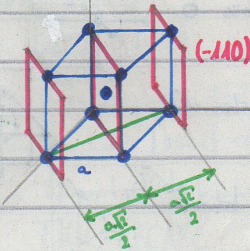
Seabó Péter János

Elmélet

Miller-index $(hkl) = (361)$

Köbös rendszerek:

Rácsok közötti távolság:



$$d_{100} = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}} = \frac{a}{\sqrt{(-1)^2 + 0^2 + 0^2}} = \frac{a}{2}$$

Síkok szöge köbös rendszerben

$$[h_1k_1l_1] \perp (h_1k_1l_1)$$

két sík által bezárt szög megegyezik a normál vektorok által bezárt szöggel

így mivel $[h_1k_1l_1] \perp (h_1k_1l_1)$ és $[h_2k_2l_2] \perp (h_2k_2l_2)$ és $\vec{v}_1 \cdot \vec{v}_2 = |\vec{v}_1| |\vec{v}_2| \cos \varphi$

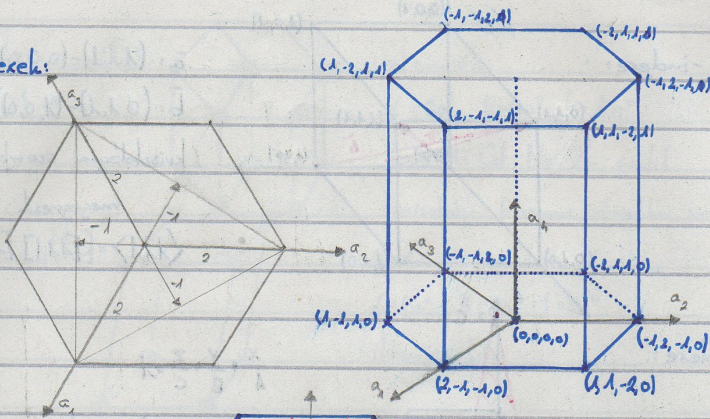
$$\cos \varphi = \frac{\vec{v}_1 \cdot \vec{v}_2}{|\vec{v}_1| |\vec{v}_2|} = \frac{h_1 h_2 + k_1 k_2 + l_1 l_2}{\sqrt{h_1^2 + k_1^2 + l_1^2} \sqrt{h_2^2 + k_2^2 + l_2^2}}$$

Síkok metszésvonala (vonalaszerű diszlokáció)

két sík metszésvonala a síkok normálisainak vektoriális szorzata

$$\vec{v}_1 \times \vec{v}_2 = \begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ h_1 & k_1 & l_1 \\ h_2 & k_2 & l_2 \end{vmatrix} = \mathbf{i}(k_1 l_2 - l_1 k_2) - \mathbf{j}(h_1 l_2 - l_1 h_2) + \mathbf{k}(h_1 k_2 - k_1 h_2) = [(k_1 l_2 - l_1 k_2) \mathbf{i} - (h_1 l_2 - l_1 h_2) \mathbf{j} + (h_1 k_2 - k_1 h_2) \mathbf{k}]$$

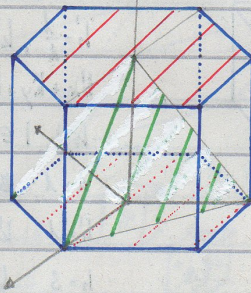
Hexagonális indexek:



$$(h, k, i, l)$$

$$h = \frac{2h_0 - h_2}{3} \quad i = -\frac{h_0 + h_2}{3}$$

$$k = \frac{2h_2 - h_0}{3} \quad l = l_0$$



(0001)

(112)

miért 1

$$A=2 \quad C=-1 \quad h^* = 0,5 \quad i^* = -1 \Rightarrow h=1 \quad i=-2$$

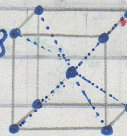
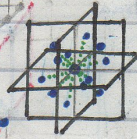
$$B=2 \quad D=1 \quad k^* = 0,5 \quad l^* = 1 \Rightarrow k=1 \quad l=2$$

Kristályfajai adatai:

Koordinációs szám: Primitív köbös 6

Lapcentrál köbös 12

Téscentrál köbös 8



Az (111) síkbal veled meglehetősen szimmetrikus

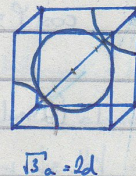
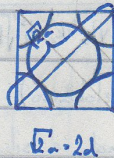
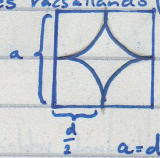


Atomok száma az elemi cellában: Primitív köbös 1

Lapcentrál köbös 4

Téscentrál köbös 2

Atomát mérvő (d) és rácsállandó (a):



Térfülfoglalási tényező:

$$T.T. = \frac{\text{atomok összehajtogatott térfogata}}{\text{cella térfogata}}$$

Primitív köbös: $T.T. = \frac{1 \cdot \frac{a^3}{6} \cdot \sqrt{3}}{a^3} = \frac{\sqrt{3}}{6} \approx 0,52$

Lapcentrál köbös: $T.T. = \frac{4 \cdot \frac{a^3}{6} \cdot \sqrt{3}}{a^3} = \frac{4 \cdot \frac{\sqrt{3} a^3}{6}}{a^3} = \frac{2\sqrt{3}}{3} \approx 0,74$

Téscentrál köbös: $T.T. = \frac{2 \cdot \frac{a^3}{6} \cdot \sqrt{3}}{a^3} = \frac{2 \cdot \frac{\sqrt{3} a^3}{6}}{a^3} = \frac{\sqrt{3}}{3} \approx 0,68$

Legnagyobb rácshézag: Primitív köbös $(0,5, 0,5, 0,5) = 0,43 a$
 Lapcentrált köbös $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}), (0, \frac{1}{2}, 1), (\frac{1}{2}, \frac{3}{4}, \frac{1}{4})$
 Tércentrált köbös $(1, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}), (\frac{1}{2}, 1, \frac{1}{2})$ $0,252 a$

Vonalmenti (LD) és síkbeli (PD) kitöltési tényező

ebből számítható a legszűrebb illeszkedő sík és irány

Primitív köbös $\{100\} \langle 100 \rangle$

Egyéb rácslak

Gyémántrács: koordinációs szám: 4

atomátmérvő: $\frac{\sqrt{3}}{4} a$

atomok száma: 8

térkitöltési tényező: 0,34

legszorosabb illeszkedés: $\{111\} \langle 110 \rangle$

pl.: C, Si, Ge, α -Sn,

Szorosan pakolt hexagonális rács:

koordinációs szám: 12

atomátmérvő $\frac{c}{a} = 1,63$

térkitöltési tényező: 0,74

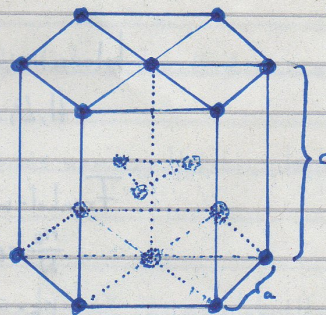
legnagyobb üres rácshely: $0,235 a$

legszorosabb illeszkedés $\{0001\} \langle 11\bar{2} \rangle$

hasonló a tércentrált köböshez

TKK: ABCABC

szorosan pakolt hexagonális: ABABAB



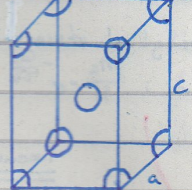
Allotrop átalakulás:

A vas 912°C -on allotróp átalakulást szenved: TKK-ből FKK-rá változik hevítéskor

a felfűvő térfogat változás $-8,1\%$

Az ún 13°C alatt tetragonálisból gyémánt rácshévré rendeződik, és síkparall (önpestis-önsípol)

térkitöltési tényező térközepes tetragonális rácstra:



$$\frac{\sqrt{2a^2+c^2}}{2} > a \Rightarrow d=a, \text{ tehát ha } c > \sqrt{2}a \Rightarrow d=a$$

$$\text{ha } a < c < \sqrt{2}a \Rightarrow d = \frac{\sqrt{2a^2+c^2}}{2}$$

$c > a$ hátomban elforgatjuk $a' = \frac{c}{2}, c' = a$

$$APF = \frac{2 \cdot \frac{d^3 \sqrt{2}}{6}}{a^2 \cdot c}, \text{ ha } a < c < \sqrt{2}a \Rightarrow 0,68 < APF < 0,74$$

$$c > \sqrt{2}a \text{ APF} < 0,74$$

$$\frac{V \cdot APF}{0,34} = V$$

$$\cdot 100 = \text{térfogat változás} < 11\%, 65\% \leftarrow c = \sqrt{2}a$$

$$-100\% \leftarrow c = \infty \text{ ha } c = \frac{\sqrt{2} \cdot a}{2 \cdot 0,34} \Rightarrow \Delta V = 0\%$$

Reális kristályok

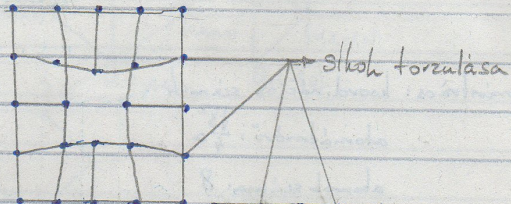
A gyakorlati fémek szilárdsága kevesebb, mint 1%-a az ideális modell alapján számítható szilárdságnak.

A szilícium Si villamos vezetőképességét 10^8 fémhez képesti bázisra való csökkentése a létszám növelésével:

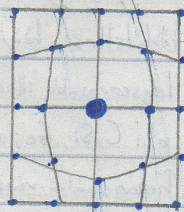
Minden récs tartalmaz kristályhibát.

Kristályhibák:

Ponthibák: Vakancia

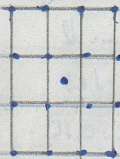


Substitúciós atom:



Intersticiós atom

H, Li, B, C



Frenkel-mechanizmus

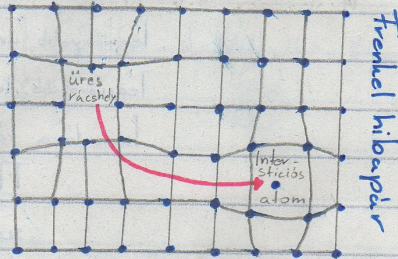
$$\frac{n_i}{N} = e^{-\frac{Q_i}{kT}}$$

n_i = üres rácshely száma

N = összes atom száma

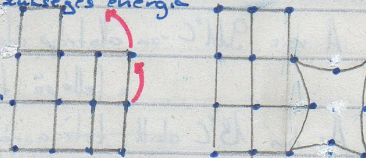
Q_i = aktivációs energia

↳ egy üres rácshely, helyettesítés szükséges energia



Wagner-Schottky mechanizmus:

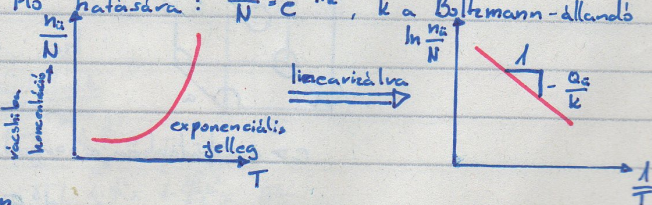
vakancia vándorlása a rácson



Létrejöttük: Besugárzás hatására

besugárzó részecskétől kiütik a rácstartományt a helyéről

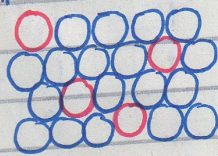
Hő hatására: $\frac{n_i}{N} = e^{-\frac{Q_i}{kT}}$, k a Boltzmann-állandó



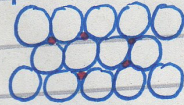
Ötvözetekben

alappém + oldott fém

Szubsztitúciós szilárd oldat
(pl.: Ni-Fe bármilyen arányban)



Intersticiós szilárd oldat
(pl.: Fe-C)



második fázis alakulhat ki

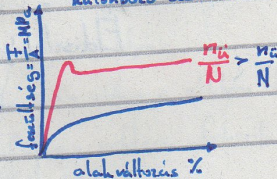
↳ olyan térrész, az oldat és az
alappém fizikai és kémiai tulajdonságai
homogének



második fázisú részecské
különböző összetétel
különböző szerkezet

Ponthibák hatása:

Szilárd görbék



Vonalserű rács hibák:

Témék elméleti és mért folyáshatára közötti divízi eltérés, nem
magyarizható mérési hibával

Diszlokációelmélet: az alakváltozás nem egy lépésben történik
→ diszlokáció mozgása

Mechanikai feszültség

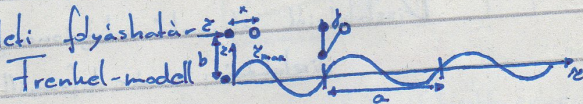
$\nu = \frac{\epsilon_{moldos}}{\epsilon_{nyirvas}}$, ν a Poisson-tényező, ϵ az alakváltozás

$\sigma = E \cdot \epsilon$, σ a húzófeszültség, E a rugalmassági modulus

$\tau = G \cdot \gamma$, τ a nyírófeszültség, G nyírási modulus, γ hajlás szög

$$E = 2G(1 + \nu)$$

Elméleti folyáshatár τ



$$\tau = \tau_{max} \cdot \sin \frac{2\pi x}{a}, \text{ his elmozdulásra } \tilde{\epsilon} = \tilde{\epsilon}_{max} \frac{2\pi x}{a}$$

$$\tau = G \cdot \gamma = G \cdot \frac{x}{b} = \tilde{\epsilon}_{max} \frac{2\pi x}{a} \Rightarrow \tau_{max} = \frac{a}{b} \cdot \frac{G}{2\pi} \approx \frac{G}{2\pi}$$

$$f = \frac{1}{2} \frac{\tau}{b} = \frac{\tau}{2b}$$

Hibás az alapfeltevés, az csak egy kristályokban működik, ha
nincs rácshiba (pl.: Tükristály, kondenzátor lemezei közt)

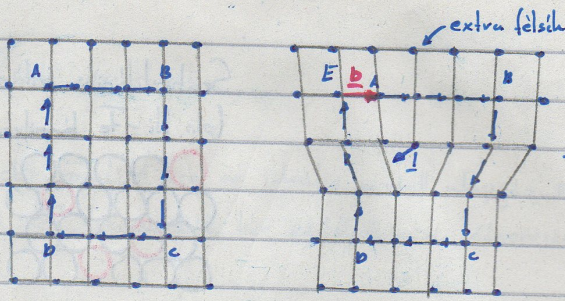
Diszlokációk mozgása

Diszlokáció: az elcsúszott és nem elcsúszott tartományok határvonalak

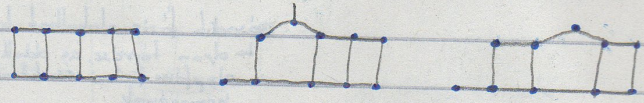
vonalvektor \perp : a diszlokáció vonala

Burgers-vektor: egy adott diszlokáció által okozott elmozdulás

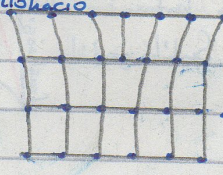
iránya és nagysága, meghatározható a Burgers-körrel



a lapból ki-
mutat, a lapra
merőleges



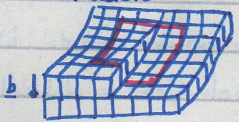
Eldiszlókáció



b és l meghatározza a
csúsztási síkot, tartalmazza
őket

diszlókáció vonala merőleges a lapra
csúsztási sík adott → nem mozgékony
b ⊥ l
extra sík (fel sík)

Csavardiszlókáció



b || l
mozgékony csúsztási
nincs extra sík

Vegyes diszlókáció, összetett diszlókáció

részleges elcsúszás
tér görbe hálózat

a diszlókáció minden pontján

$$\frac{\langle b, l \rangle}{|b| |l|} = \cos \alpha, \text{ ahol } 0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$$

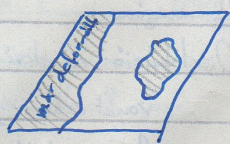
Diszlókációk alapvető tulajdonságai:

diszlókáció: a már deformált és a még nem deformált részek
határa

lineáris, lehet görbe

mindig felületen kezdődik és végződik, vagy kristályban
zárdó görbe

az elmozdulás mértéke a diszlókáció egésze mentén állandó
a Burgers vektor a leggyűlöttebb irányban felcsúsz és |b| = d



Diszlokációk energiája

$$W_{csavar} = G \cdot b^2 \cdot l$$

$$W_{él} = \frac{G \cdot b^2 \cdot l}{1 - \nu}$$

Diszlokációsűrűség

$$\rho_D = \frac{l}{m^2} = \frac{m}{m^3}$$

↑
 ↑
 adott térfogatra jutó diszlokáció hossza
 adott keresztmetszetre jutó diszlokáció száma

Lágyított: $10^6 - 10^8 \frac{1}{cm^2}$

Alakított: $10^{12} - 10^{14} \frac{1}{cm^2}$

Diszlokációk mozgásának szabályai

a diszlokáció csak abban a síkban tud csúszni amelyben a vonala és a Burgers vektora fekszik

Él diszlokáció: 1 sík

Csavar diszlokáció: ∞ sík (elméletileg, de valójában legkönnyebb sík és irány)

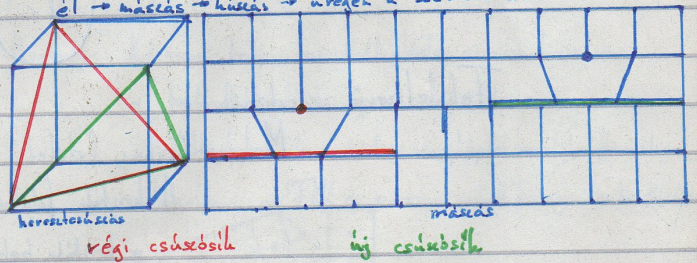
a diszlokáció mozgása mindig a legkönnyebb síkban és irányban történik

↳ csúszási rendszerek

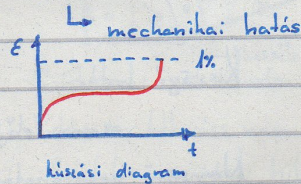
csúszási sík váltás

csavar → keresztcsúszás, hirtelen váltás

él → mászás → kúszás → üreges a szemcséhatáron



kúszás: folyáshatárnál kisebb erőre is változik a szerkezet

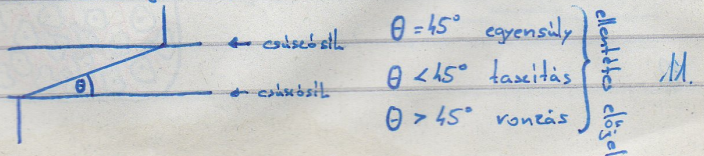


csúszási rendszerek: hőmérséklettel változhatnak

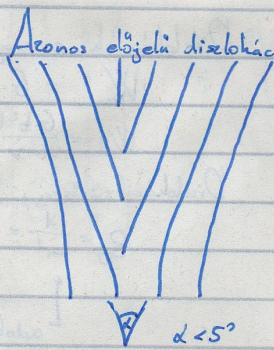
pl.: TKK $\{110\} \rightarrow \{112\}$ v. $\{123\}$

Diszlokációk kölcsönhatása

ellentétes előjelű él-, sodrású csavardiszlokációk kioltják egymást



azonos előjeli diszlokációk sorba rendeződnek \rightarrow kisszerű szemcsék



diszlokációk egyesülhetnek és felbonthatóak

$$\bar{b}_1 + \bar{b}_2 = \bar{b}_{eredo}$$

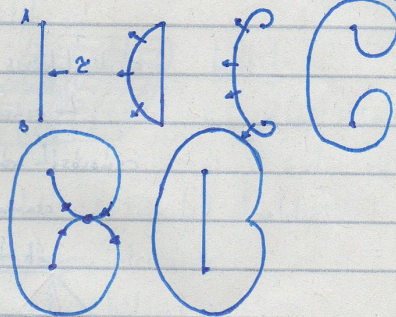
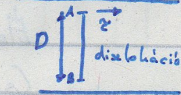
$$\bar{b}_1 \cdot \bar{b}_2 < 0 \text{ egyesülnek}$$

$$\bar{b}_{eredo}^2 = \bar{b}_1^2 + \bar{b}_2^2 + 2\bar{b}_1 \cdot \bar{b}_2$$

$$\bar{b}_1 \cdot \bar{b}_2 > 0 \text{ felbontható}$$

Diszlokáció keletkezése:

Frank-Read mechanizmus / forrás



$$\tau = \frac{2 \cdot G \cdot b}{D} \cdot \cos \alpha$$

$$\tau_{max} = \frac{2G \cdot b}{D} \text{ ha } \alpha = 0$$

Felületesevű rács hibák

Macroscopikus felület

A kristály felületén az atomok magasabb energiaállapotban vannak, mint a kristály belsejében, mivel nem jön létre minden irányban atomi kötés.

A felület energiaszintje csökken, ha a felülethez újabb atomok kapcsolódnak oxidréteg kialakulása, kémiai reakciók a felületen zajlanak.

Kisszerű határ

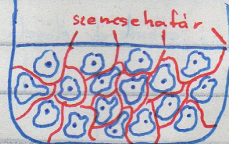
azonos előjeli diszlokációk egymás alá rendeződése $\theta < 5^\circ$

Nagy-szerű szemcsék határ

szemcsék határ-felület, aminél a kétoldalon eltérő szerkezet helyezkedik el

fázishatár: két különböző fázist választ el

a dezorientáció során véletlen orientációjú kristálycsírák összecsoportosulnak



Az egyes szemcsék csak orientációjukban

kristálycsírák

különböznek

Fázis határok

Koherens fázis határ

a határ két oldalán azonos atomok vannak

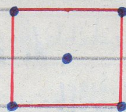
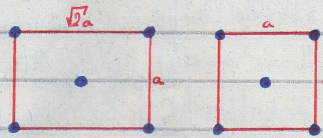
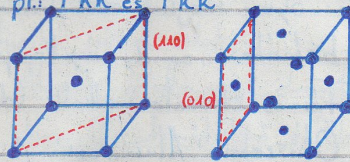
mindkét fázisban lehet találni olyan síkot, ahol az

atomos elrendezés megegyezik

a fázishatáron a két fázis kristálytani elrendeződéséből

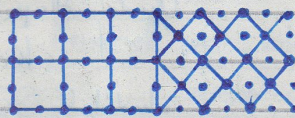
következik (tehát adott) az orientációs-hülyébség

pl.: FKK és TKK



FKK

TKK

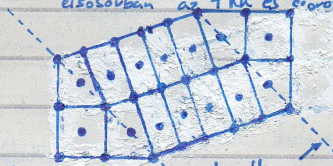


Ikerhatár: Koherens határ, mindkét oldalon azonos fázis van

a határ két oldala egymás tükörképe

helyezkedhet kristályosodáshoz és hálótípus átváltozáshoz

első sorban az FKK és sorosan valahol hexagonális kristályrendszerben



Szemikoherens fázishatár: csak minden n. atomnál felel meg a két fázis

Inkoherens fázishatár: a két rács nem felel meg egymásnak

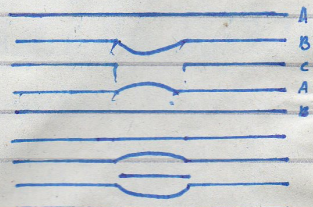
nagy felületi energiájú hiba.

Rétegződési hiba

Atomok hiánya miatt jön létre

belső rétegződési hiba

Beehódított atomok miatt jön létre



Térfogati hibák

- Üreg
- Zárva
- Kiválás
- Gázbeboréklás

Ötvözetek:

Ötvözés célja: olyan meghatározott fizikai, kémiai, mechanikai vagy egyéb tulajdonságok biztosítása, amely egy komponensű anyagokkal nem érhető el

Fémek ötvözetek alkotói (de legalább az egyik fém)

Ötvözetek: Alumínium: jó vezető, de lágy

Aranygyűrű: ezüsttel ötvözik, rézzel ötvözik

Negatív - pozitív TK (Cu-Ni)

Szilícium: elektromos tulajdonságai fém határhoz közel változnak más minimális ötvözés hatására is

Az ötvözeteket alkotó alapanyagok a komponensek

Előállítás: Olvadék állapotban

Olvadék állapotban a legtöbb fém korlátlanul oldja egymást

kivétel: pl: Al-Pb (dyan mint az ólaj és a víz)

ahadály ha az alkotók olvadáspontja jelentősen eltér pl: Fe-W

magasabb olvadáspontú ötvözet ötvözésével javítható

Paraháziaszt: Magas olvadáspontú alkotók esetén (pl: WC, TiC, NbC, stb.)

porok keverékéből sajtolással állítják elő az alkatrészt, majd

nagy, de az alkotók olvadáspontjánál alacsonyabb

hőmérsékleten izéltják → szinterézis

porrészecskék közötti diffúziós folyamatok

zsugorodás, porozitás

Felületi ötvözés:

Reaktív gázok között történő izéltás

felületi karbon tartalom növelése → cementálás

felületi nitrogén tartalom növelése → nitridálás

kopásállóbb, keményebb felületek

Lézersugár felület ötvözés

lézersugárral lokálisan megolvasztjuk a felületet

felülettel az ötvözőt por alakban belefújjuk a megolvasztott porba

fontos a fúvási sebesség, és a por összetétele

a gyors hűvezetés adja a végsőt

Az alkotóelemek kapcsolata az ötvözetekben

Az alkotók oldják egymást \rightarrow szilárd oldat

Az alkotók egymással kémiai kapcsolatba lépnek \rightarrow intermetalikus vegyületek

Az alkotók apró kristályok elegyére dermednek \rightarrow eutektikum, eutektoid
Szilárd oldat.

α, β, γ , görög kis betűkkel jelölik

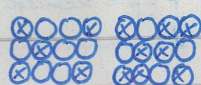
mindig az oldó atom kristályszerkezetét örökli

Substitúciós szilárd oldat

Atomok véletlenszerű elrendeződése

hasonló atomtér mére és elektronszerkezet

korlátlan szilárd oldódás feltételei (Hume-Rothery)



azonos rács típus

atomméret eltérése $< 15\%$

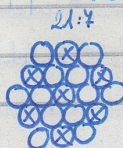
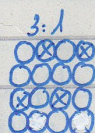
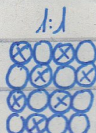
kis elektronegativitás különbség

korlátozott oldódás:

csak bizonyos mértékben oldják egymást

Cu-Zn max 35% Zn

Rendezett rácsú szilárd oldat



- meghatározott geometriai törvényszerűségek szerinti elrendeződés.

- az alkotók fix sztoichiometriai arányt mutatnak tulajdonság-változás

AuCu (fkk), Cu₃Au (fkk), FeAl (bkk), CuNi₃ (fkk)

Fe-75Ni: ugrás szerű tulajdonság változás

Ni₃Al: fkk szuperötvezet

max. szilárdság $\approx 500^\circ\text{C}$

Vegard-sebály

$$a_{AB} = a_A C_A + a_B C_B = a_A(1 - C_B) + a_B C_B$$

Intersticiós oldatok

Szállós méretkülönbség az atomok között

oldott atomok általában: H, B, C, N, O (pl.: FeC)

Fémes vegyületek:

sztoichiometriai arány kötött $A_x B_{(1-x)}$

közös rács típus (független az alkotók rácsától)

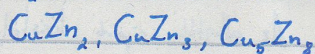
vannak átadáspontjuk

Ion-vegyület

ionos kötés, pl. NaCl

Elektron-vegyület

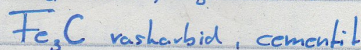
vegyérték elektronok számaránya kötött



Intersticiós fémes vegyület

-fém, kis atomsugárú metalleid intersticiós helyen rácsa
eltér az alapfém eredeti rácsától \leftrightarrow szilárd oldat

-nagy keménységű szemcsék



Eutektikum, eutektoid

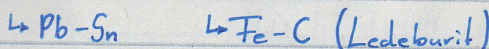
nem szilárd oldat } apró szemcsék elegye
nem vegyület

heterogén kétfázisú szerkezet

allotrópi: szilárd, szilárd oldat, vegyület

van olvadáspontjuk ("legalacsonyabb, jól olvadnak")

szemcsés v. lemezes szerkezeti



olvadék \rightarrow eutektikum

szilárd \rightarrow eutektoid

Szárdelem: mikroszkópi képen megkülönböztethető olyan mikroszerkezeti
elemek, amelyek (át)kristályosodás során keletkeztek és
önálló határfelülettel rendelkeznek

Tulajdonságai erősen eltérnek a komponens fázisok
tulajdonságaitól

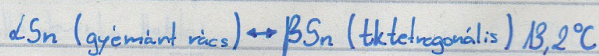
A makroszkópius tulajdonságokat nem a fázisok,
hanem a szárdelemek tulajdonsági határozatát meg

Allotrópia: Egyensúlyi rács típus

allotróp átalakulás, allotróp módosulat

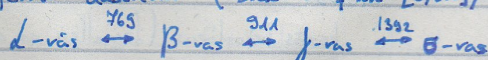
szilárd-szilárd fázisátalakulás

Sn (önpestis)



Fe allotróp átalakulásai

ferrit - auztenit (tktk \leftrightarrow fktk [8,8%])



ferrimágnes paramágnes fktk tktk

tktk
 $a_2 > a_1$

Állapotváltozók:

Összetétel (koncentráció, C), Hőmérséklet (T), Nyomás (P)

Gibbs-féle fázis szabály

Ha egy zárt termodinamikai rendszerre érvényes állapotváltozók számából levonjuk a rendszerre felírható egyenletek számát, akkor a szabadsági fokok számát kapjuk meg

$$S_z = K - F + 2 \text{ általában}$$

$$S_z = K - F + 1 \text{ féntanban (a nyomás állandóvá tekinthető)}$$

változók száma: $K \cdot F + 2 \rightarrow$ nyomás + hőmérséklet

koncentrációk minden fázisban

egyenletek száma: $C_A^{\alpha} + C_B^{\alpha} + C_C^{\alpha} + \dots + C_K^{\alpha} = 1$
 $C_A^{\beta} + C_B^{\beta} + C_C^{\beta} + \dots + C_K^{\beta} = 1$
 \vdots

$$C_A^{\psi} + C_B^{\psi} + C_C^{\psi} + \dots + C_K^{\psi} = 1$$

$\mu = \frac{\partial F}{\partial C}$ kémiai potenciál, F a szabadenergia

adott minden komponensre

$$\frac{\partial F_{\alpha}}{\partial C_A} = \frac{\partial F_{\beta}}{\partial C_A} = \frac{\partial F_{\gamma}}{\partial C_A} = \dots = \frac{\partial F_{\psi}}{\partial C_A}$$

$$\frac{\partial F_{\alpha}}{\partial C_B} = \frac{\partial F_{\beta}}{\partial C_B} = \frac{\partial F_{\gamma}}{\partial C_B} = \dots = \frac{\partial F_{\psi}}{\partial C_B}$$

\vdots

$$\frac{\partial F_{\alpha}}{\partial C_K} = \frac{\partial F_{\beta}}{\partial C_K} = \frac{\partial F_{\gamma}}{\partial C_K} = \dots = \frac{\partial F_{\psi}}{\partial C_K}$$

$F-1$ db

$$S_z = K \cdot F + 2 - [K(F-1) + F]$$

Kémiai potenciál: egy adott fázis szabad energiája hogyan változik meg, ha egy adott komponens koncentrációja egységnyiit változik

Egyensúly feltétele: két fázis akkor tart egymással egyensúlyt, ha a kémiai potenciáljuk megegyeznek

Állapotdiagramok

Egyensúlyi diagramok (termodinamikai egyensúly)

Nem egyensúlyi állapotdiagramok (meghatározott nem egyensúlyi feltételek mellett)

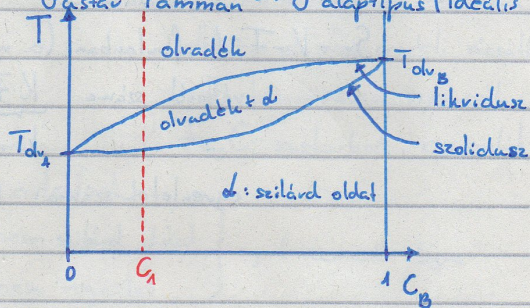
Két illetve többalkotós rendszerek

Kétalkotós. (bináris) ötvözetek egyensúlyi diagramjai

olyan síkbeli diagram amely az ötvözet sor tetszőleges összetételű ötvözetére, bármely kiválasztott hőmérsékleten megadja az egyensúlyban lévő fázisok minőségét és mennyiségét

Lehetséges kétalkotós rendszerek száma $(n-2) > 4000$

Gustav Tammann \rightarrow β alaptípus (ideális egyensúlyi diagramok)



Newton-féle lehűlési törvény

$$dQ_{\text{felvett}} = dQ_{\text{leadott}} = m \cdot c \cdot dT = -d \cdot A_0 \cdot (T - T_0) \cdot dt$$

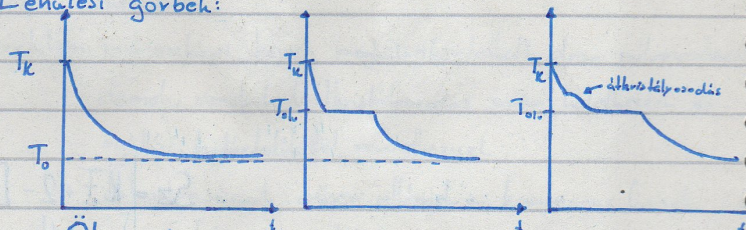
$$T = T_0 + (T_k - T_0) \cdot e^{-\frac{d \cdot A_0}{m \cdot c} \cdot t}$$

T_0 : a környezet hőmérséklete T_k : a kezdeti hőmérséklet

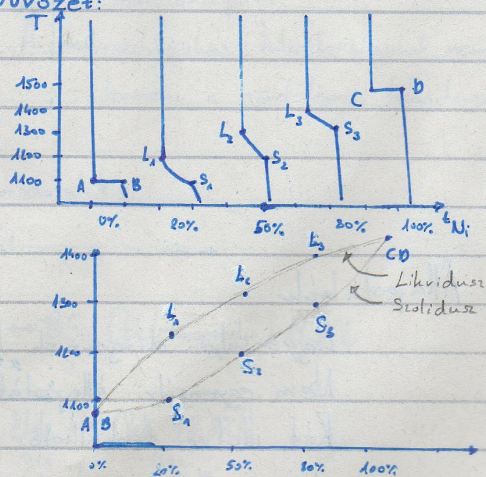
d : felületi hőátadási tényező A_0 : a minta keresztmetszete

m : a minta tömege c : a minta fajhője

Lehűlési görbék:



Ötvözet:

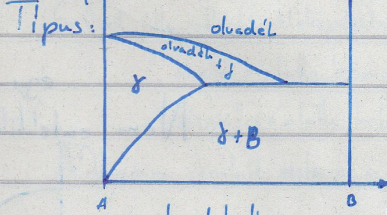


Állapstábrákról leolvasható információk

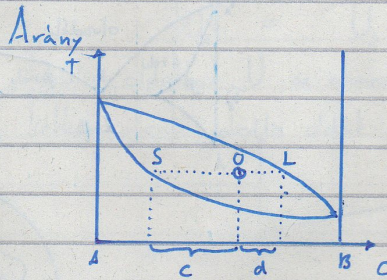
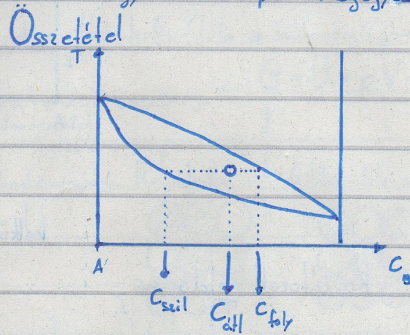
egyensúlyt tartó fázisok típusa

egyensúlyt tartó fázisok összetétele

egyensúlyt tartó fázisok aránya (mérlegszabály)



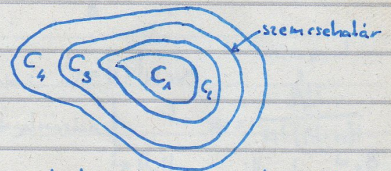
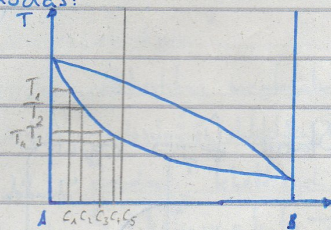
egy terület típusa megegyezik a szomszédai „összegével”



$$(0-S) m_{szil} = (L-0) m_{foly}$$

$$\frac{m_{szil}}{m_{foly}} = \frac{d}{c}$$

Korlátlan oldódás:



a hővel változik a koncentráció,
de nem ilyen szerkesztet alakul ki,
mivel a diffúzió kiegyenlíti a koncentrációt

Egyszerű eutektikus rendszer

