Fogorvosi anyagtan fizikai alapjai
3.

Általános anyagszerkezeti ismeretek

Határfelületi jelenségek

Fázisdiagram, fázisátalakulás

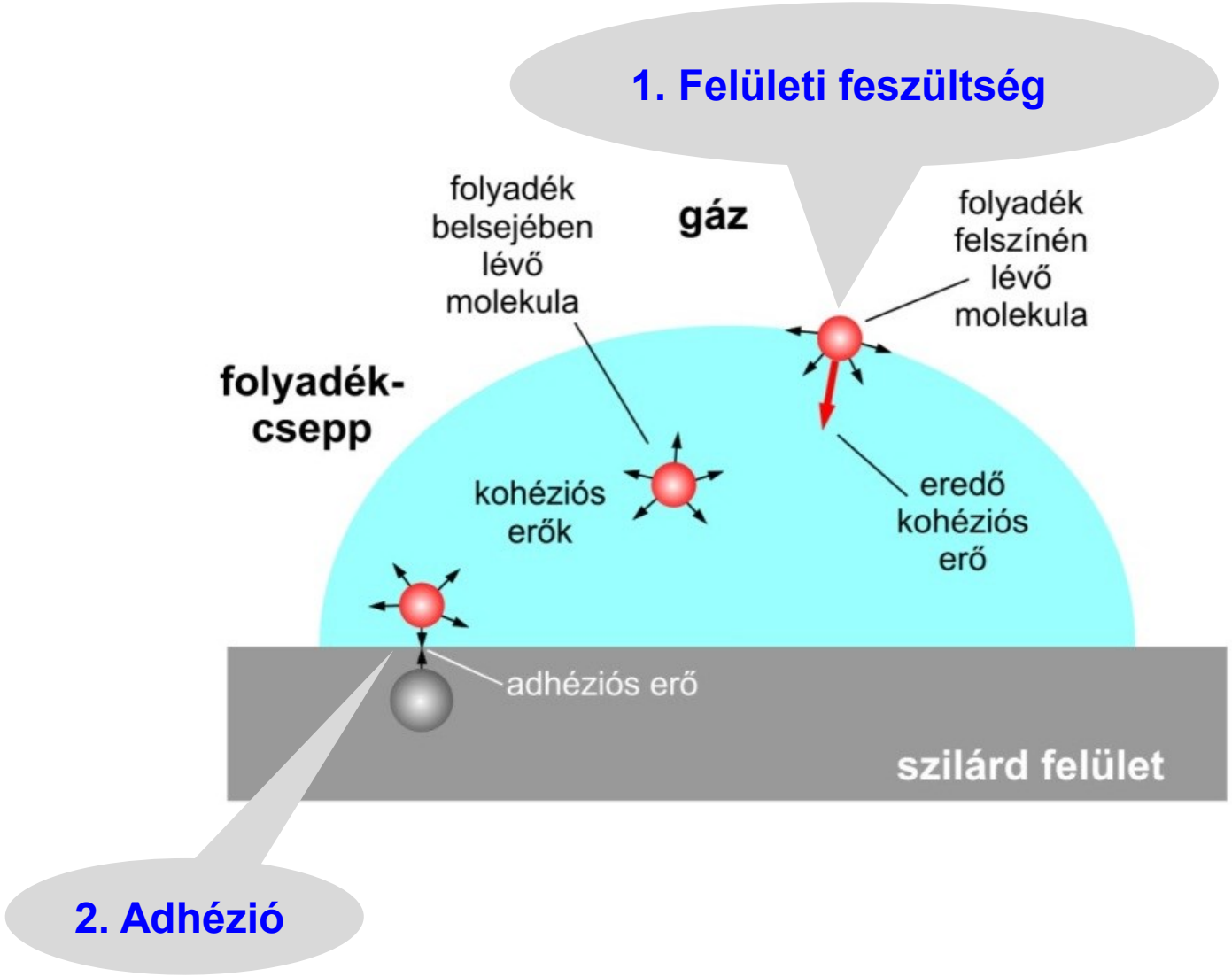
Kiemelt témák:

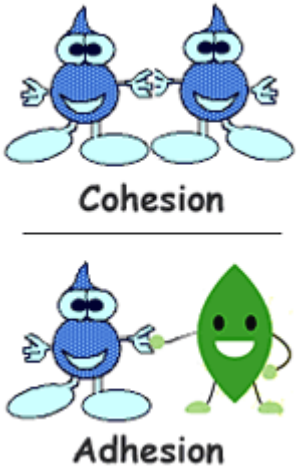
- felületi feszültség
- adhézió – nedvesítés
- fázis – fázisdiagramm
- fázisátalakulás

Tankönyv fejezetei: 6, 7

HF:
1. fej.:
24, 25, 27, 28, 31

Határfelületi jelenségek





1. Felületi feszültség

Felületi feszültség v. fajlagos felületi energia (σ):

a ΔA felületnövekedéssel járó energiaváltozás

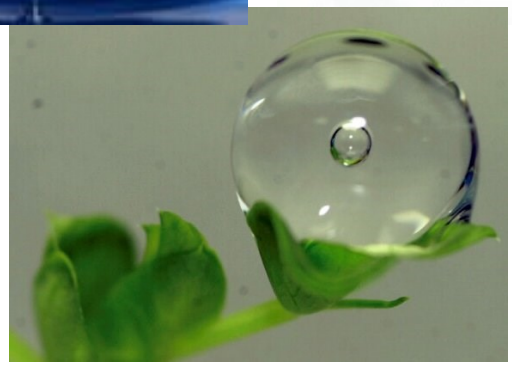
$$\sigma = \frac{\Delta E}{\Delta A} \qquad \left(\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{m}^2} = \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}\right)$$

felületnövekedés

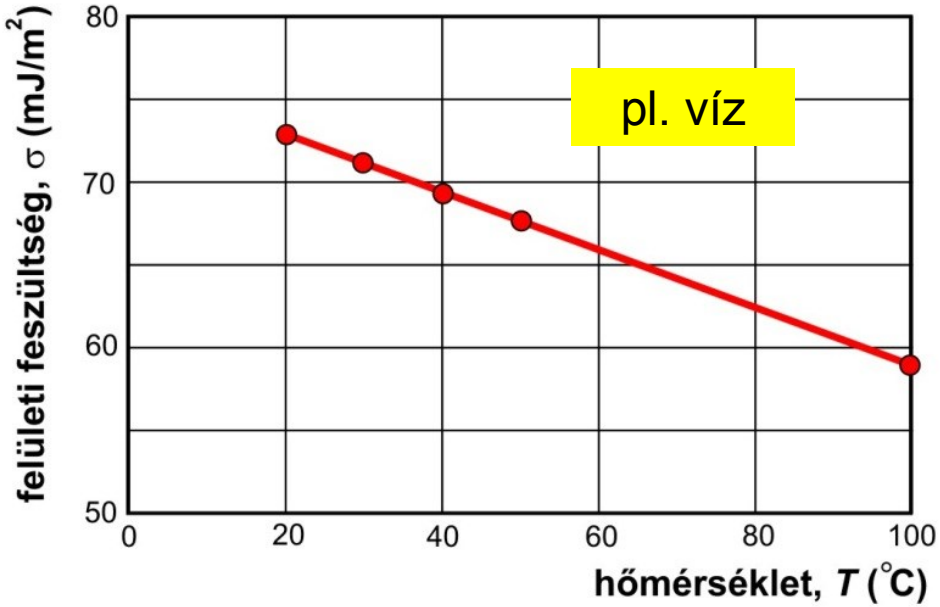
anyag	σ (J/m²)
víz	0,073
vér	0,06
nyál	0,05
paraffin	0,025
alkohol	0,023
dentin	0,092
zománc	0,087
higany	0,484

* levegőben, 20°C

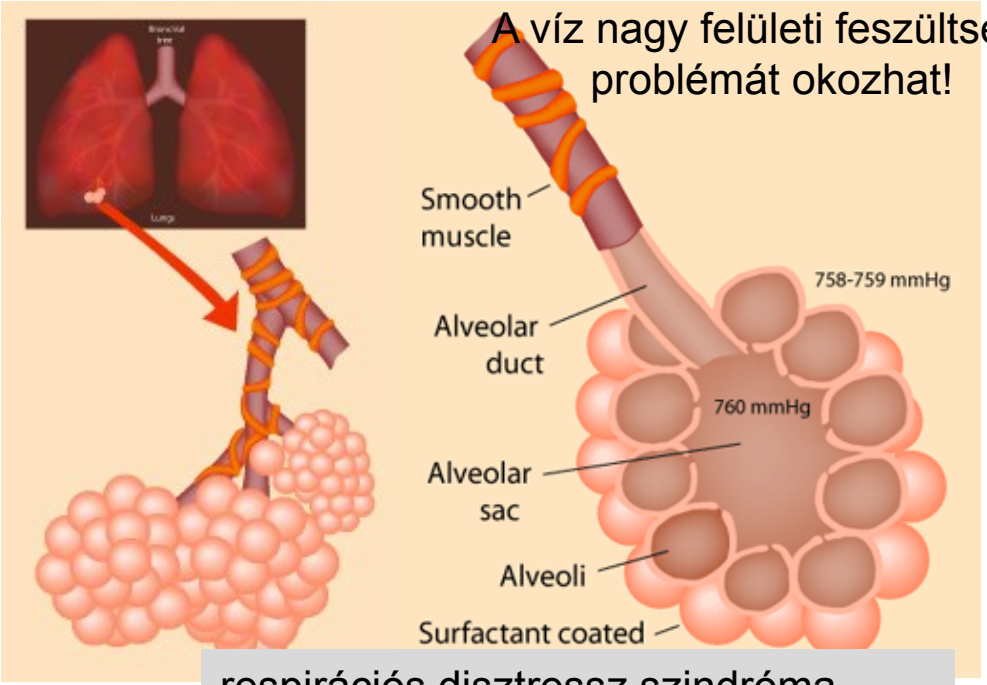
A „nárcizmus” mértéke.



A felületi feszültség hőmérsékletfüggése:



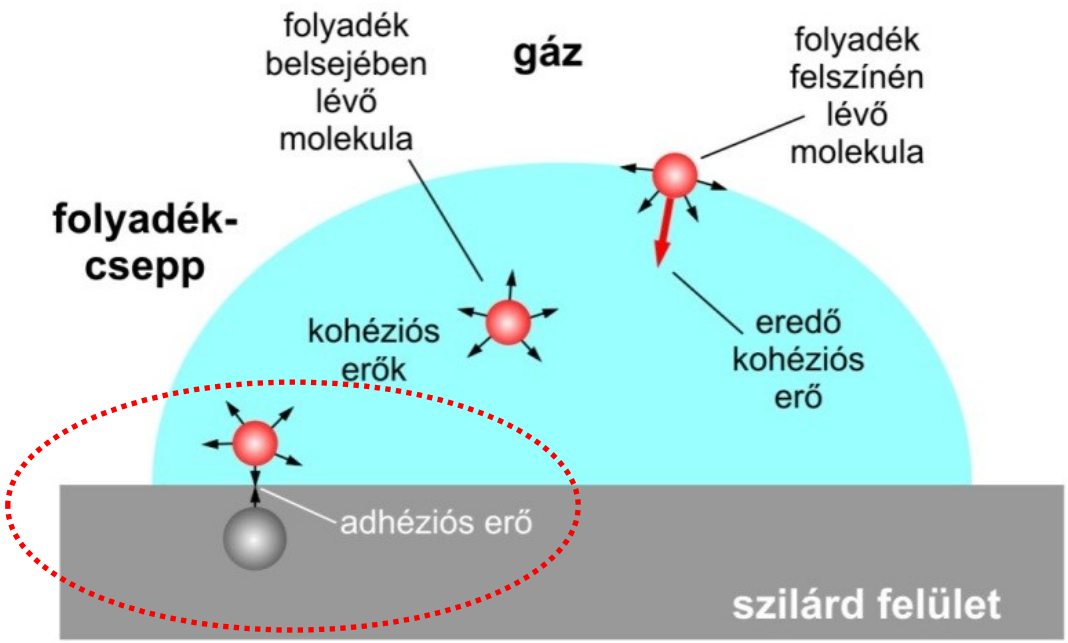
Következmények:



A víz nagy felületi feszültsége problémát okozhat!

respirációs disztressz szindróma

2. Adhézió



Típusai:

- kémiai (ionos, kovalens, H-kötés)
- diszperz (van der Waals-erők)
- diffúziós (egymásba diffundálnak az anyagok)

Tehát kémiai kötés alakul ki a két anyag között.

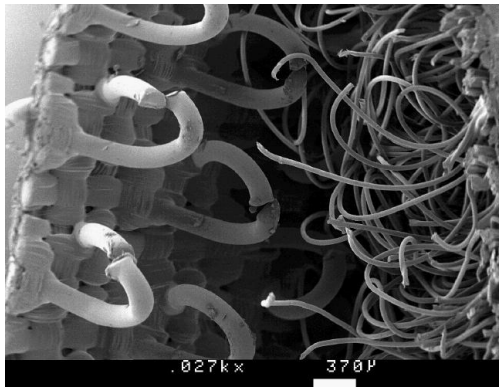
molekuláris szintű

a leggyakoribb és legáltalánosabb

További típusok:

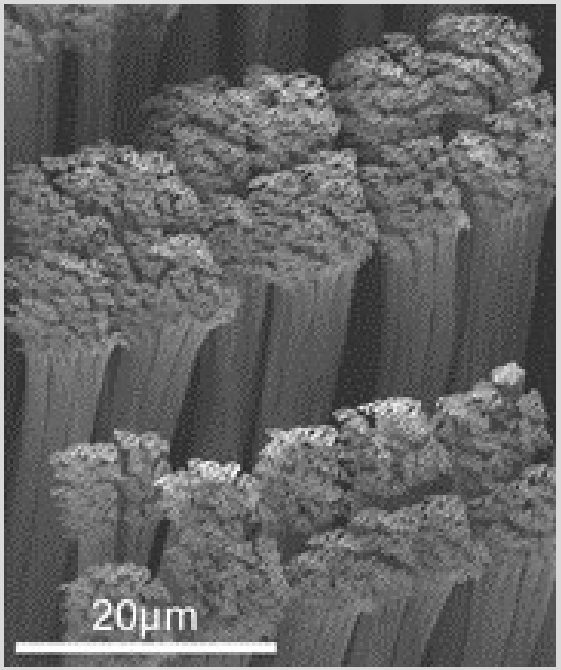
- mechanikai
- elektrosztatikus (feltöltődött felületek)

} makroszkopikus



Általában érvényes: **adhézió erőssége ~ érintkező felületek nagysága ~ közelség**

Lásd: gekkó „szuperadhézió”-ja



Az adhézió kvantitatív jellemzése:

Határfelületi energia,
pontosabban <u>fajlagos határfelületi energia</u> (σ):

$$\sigma = \frac{\Delta E}{\Delta A} \qquad \left(\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{m}^2} = \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}\right)$$

a ΔA felületnövekedéssel járó energiaváltozás

a határfelület növekedése

Adhézió a fogorvosi gyakorlatban, tényezők:

- Felület – savazás
- Viszkozitás
- Nedvesítés (adhézió szilárd és folyadék között)

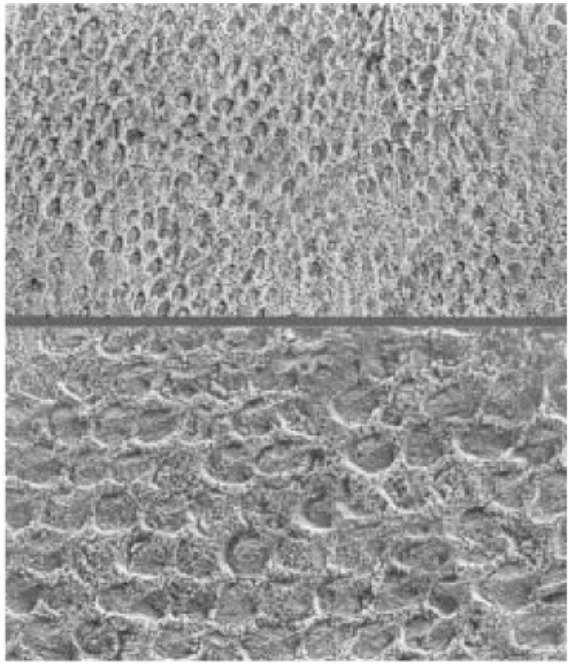
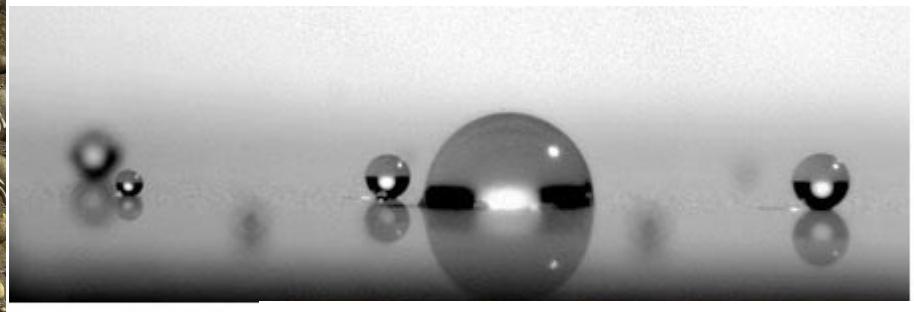
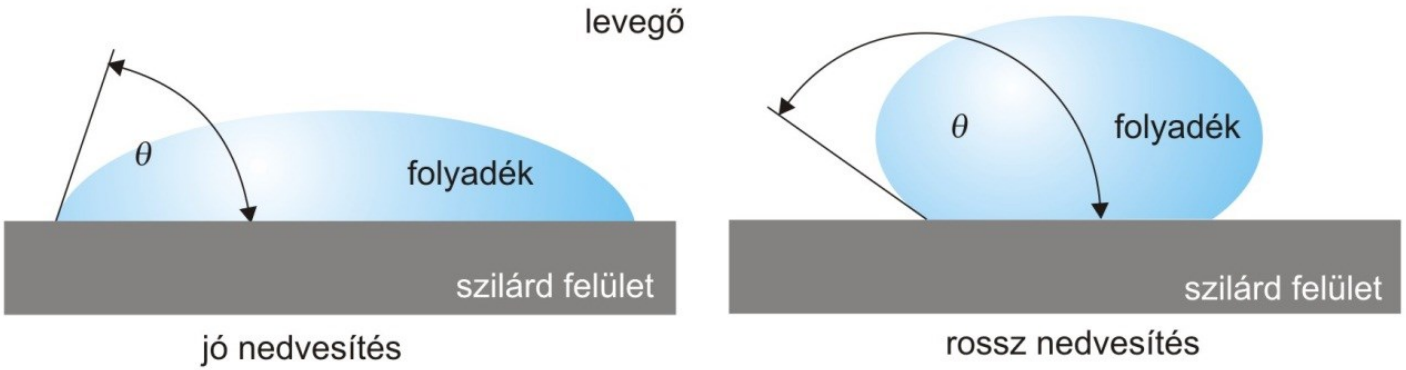


Figure 1. Morphological aspect of the surface of enamel conditioned with 36% phosphoric acid for 20 s. The formation of micropores with type I pattern of conditioning can be observed. (Original magnification: top, 750X; bottom, 1500X).

Nedvesítés

(adhézió szilárd anyag és folyadék között)





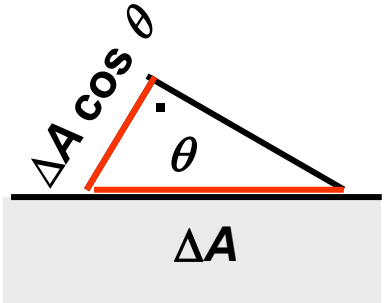
θ : peremszög (illeszkedési szög)

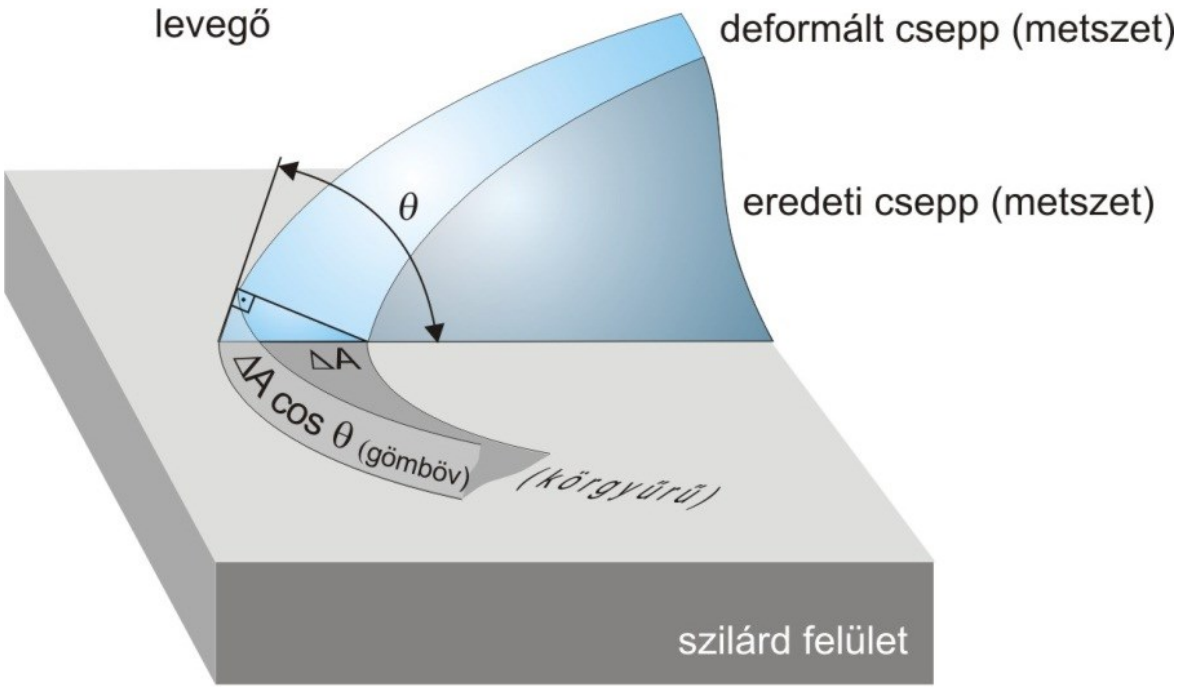
Young-egyenlet:

$$\cos\theta = \frac{\sigma_{\mathrm{sz}} - \sigma_{\mathrm{sz,\,f}}}{\sigma_{\mathrm{f}}}$$

- sz : szilárd test (–levegő)
- sz, f : szilárd test–folyadék
- f : folyadék (–levegő)

A Young-egyenlet levezetése:

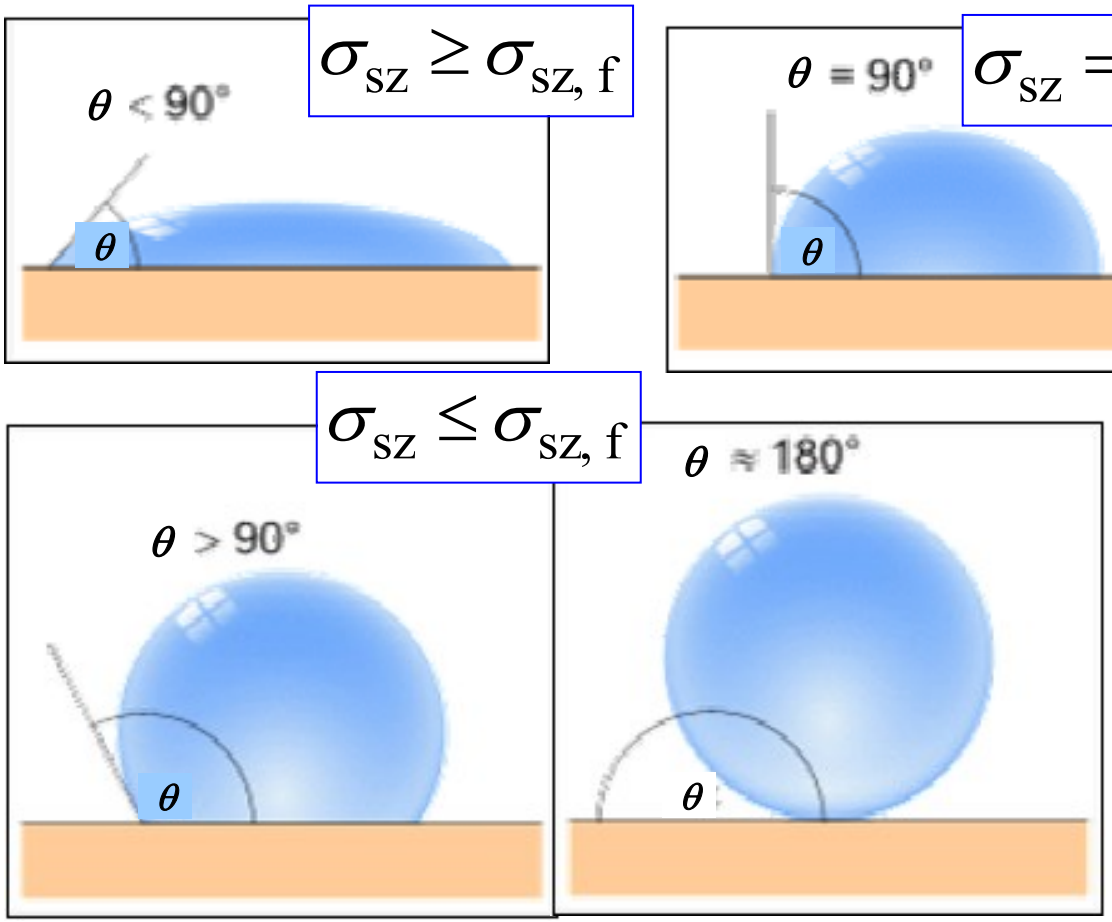




egyensúly = energiaminimum ➡ kis változás az alakban (felületben) nem okoz változást az energiában

$$\Delta E = \Delta A \cdot \sigma_{\mathrm{sz,\,f}} - \Delta A \cdot \sigma_{\mathrm{sz}} + \Delta A \cos\theta \cdot \sigma_{\mathrm{f}} = 0$$

$$\cos\theta = \frac{\sigma_{\mathrm{sz}} - \sigma_{\mathrm{sz,\,f}}}{\sigma_{\mathrm{f}}}$$



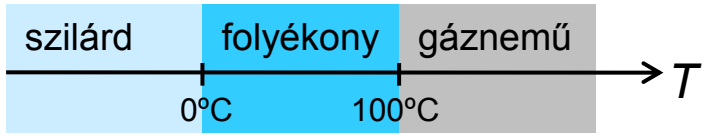
Néhány fogászati anyag fajlagos felületi energiája:

anyag	σ (mJ/m^2)
víz	73 (25° C)
nyál	53 (37° C)
dentin	92
zománc	87
PMMA	37
paraffin	25

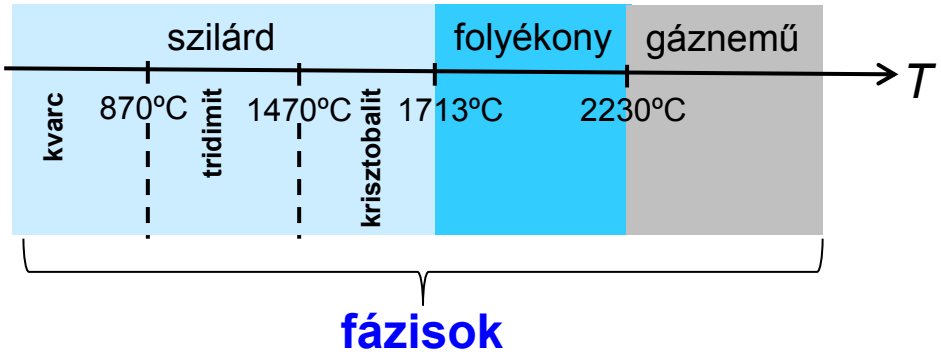
Fázis

Halmazállapotok:

Pl. H_2O

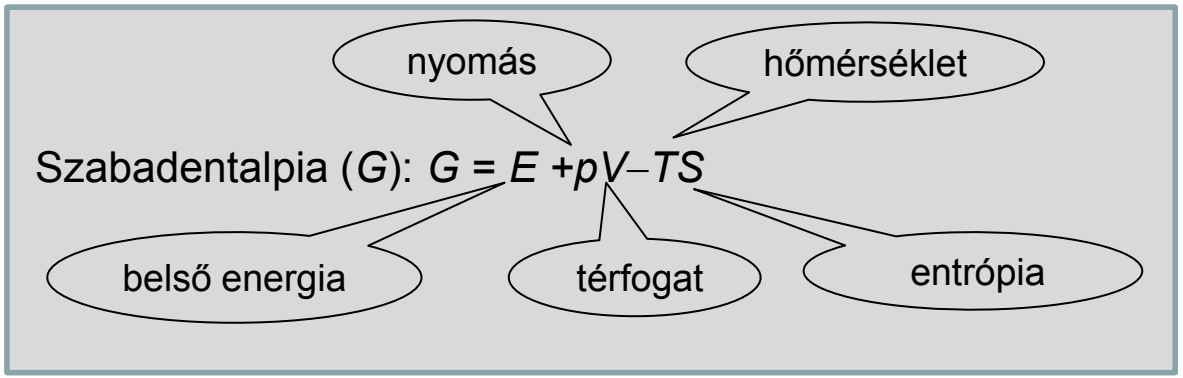


Pl. SiO_2



Fázis: fizikailag és kémiailag homogén anyagtartomány.

Stabil fázis: adott körülmények között a termodinamikailag legkedvezőbb – legkisebb energiájú, pontosabban legkisebb szabadentalpiájú fázis.

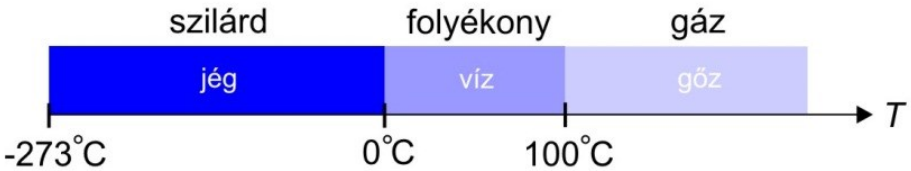


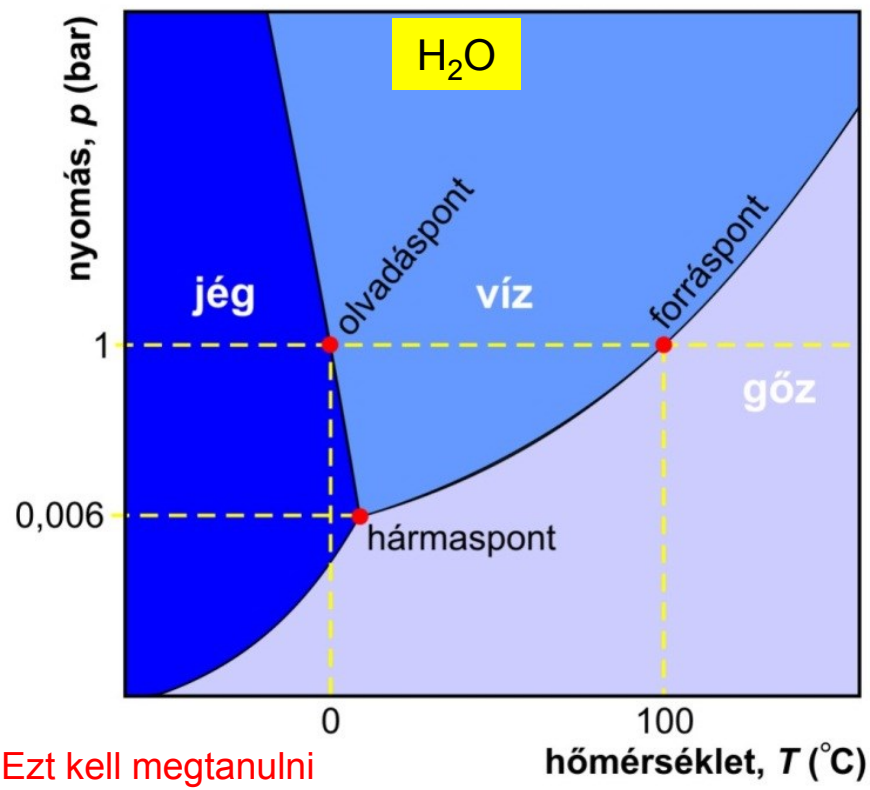
Fázisdiagram

Fázisdiagram: stabil fázisok ábrázolása különböző paraméterek (p, T, c, …) függvényében.

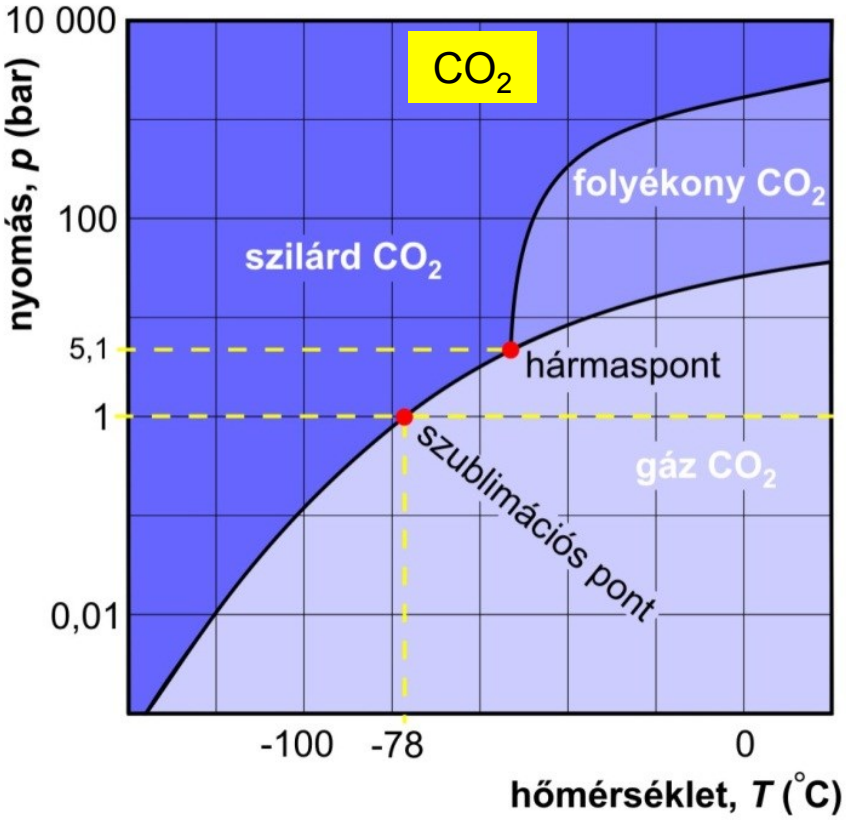
Példák:

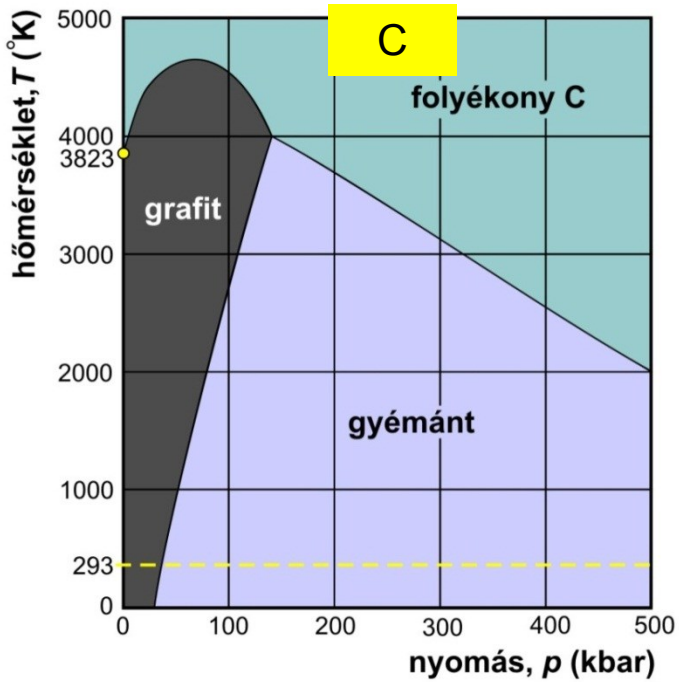
H_2O nyomás: 1 bar (100 kPa)

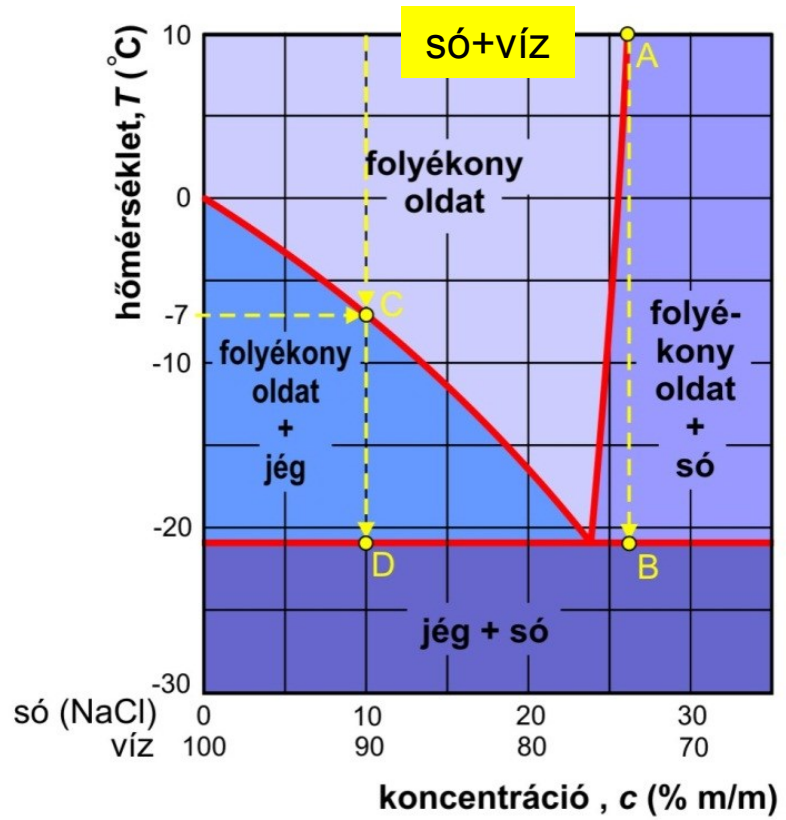


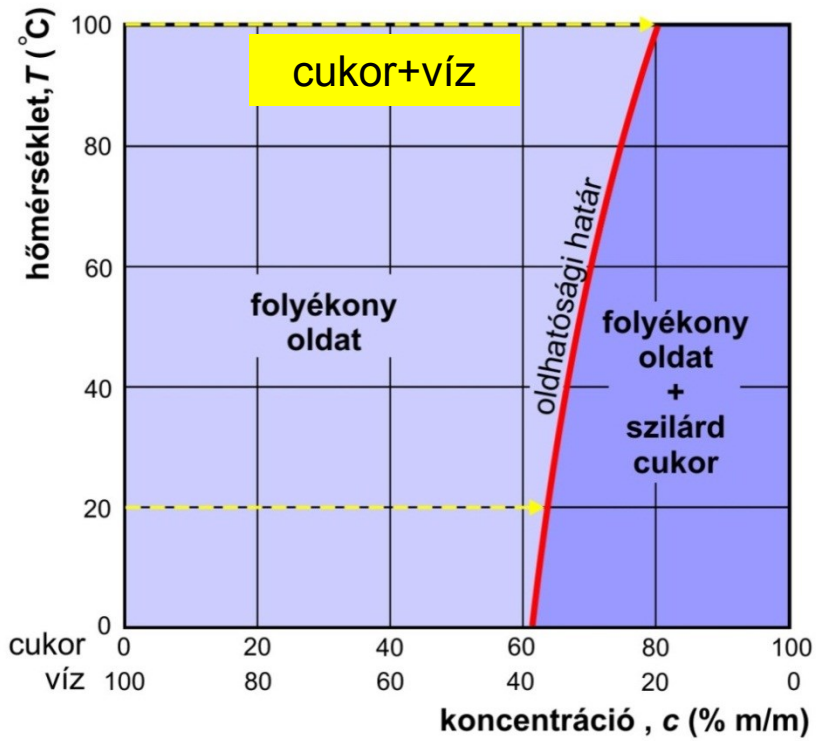


Ezt kell megtanulni (számértékek nélkül), a többi fázisdiagramot nem.

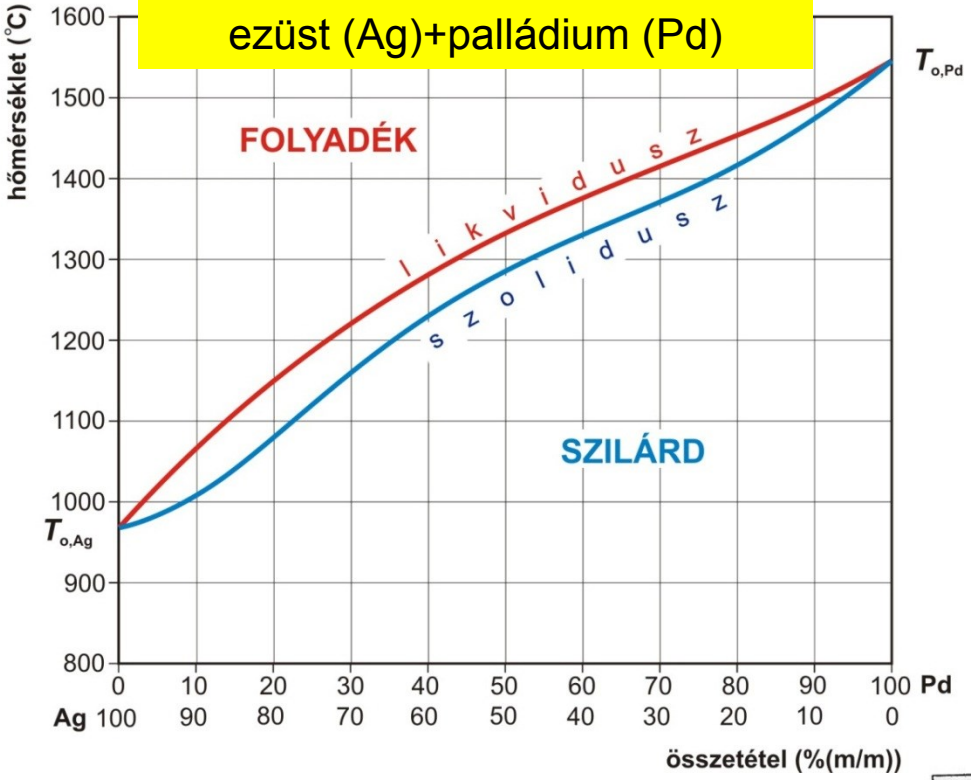



C
folyékony C
grafit
gyémánt
hőmérséklet, T (°K)
5000
4000
3823
3000
2000
1000
293
0
0
100
200
300
400
500
nyomás, p (kbar)

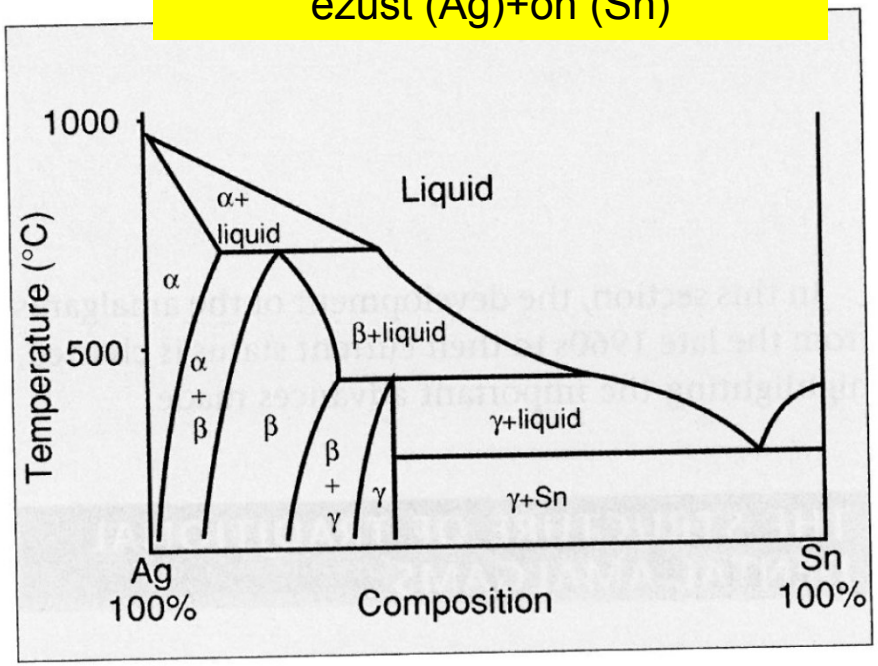

só+víz
A
folyékony
oldat
C
folyékony
oldat
+
jég
folyé-
kony
oldat
+
só
D
B
jég + só
hőmérséklet, T (°C)
10
0
-7
-10
-20
-30
só (NaCl)
víz
0
100
10
90
20
80
30
70
koncentráció , c (% m/m)


cukor+víz
folyékony
oldat
oldhatósági határ
folyékony
oldat
+
szilárd
cukor
hőmérséklet, T (°C)
100
80
60
40
20
0
cukor
víz
0
100
20
80
40
60
60
40
80
20
100
0
koncentráció , c (% m/m)

ezüst (Ag)+palládium (Pd)

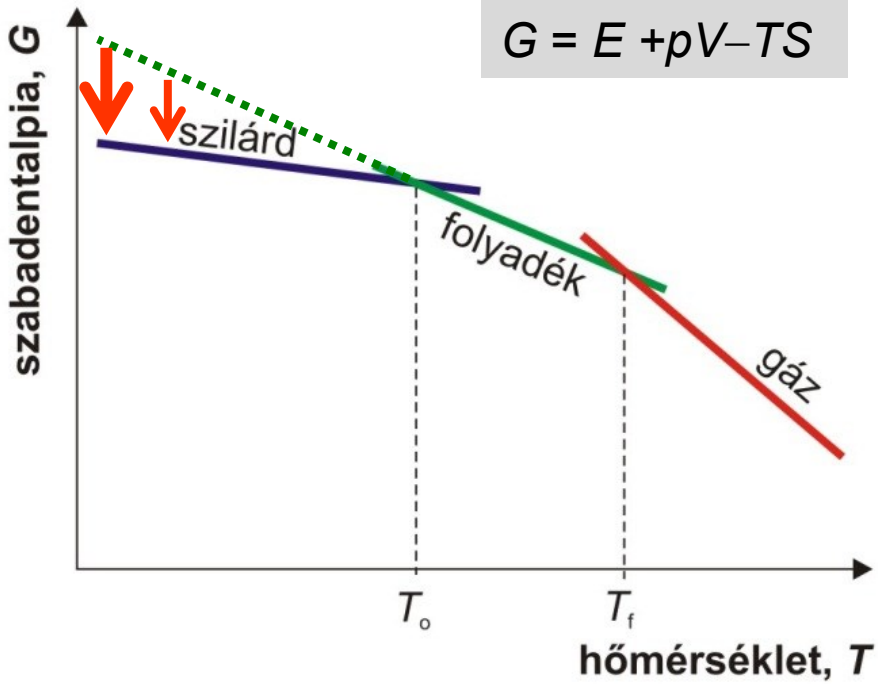


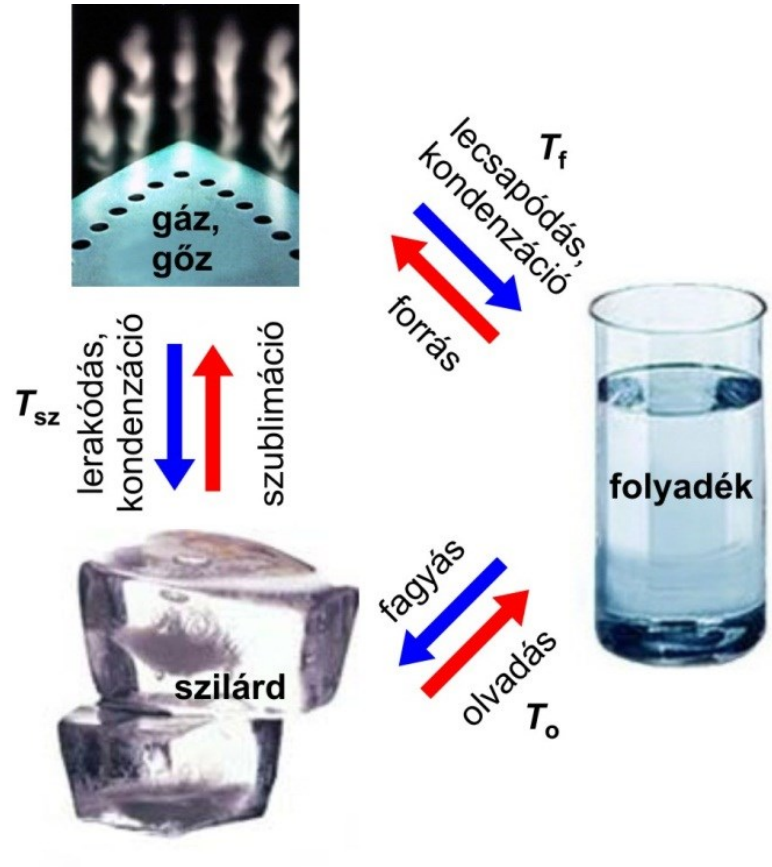
ezüst (Ag)+ón (Sn)



Fázisátalakulás

$G = E + pV - TS$





- Hajtóerő: szabadentalpia különbség

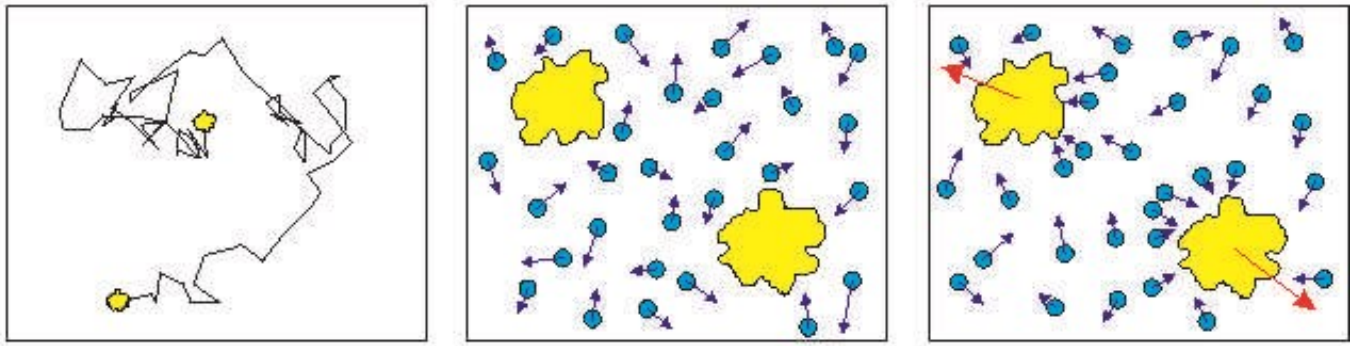
  $\Rightarrow$ minél kisebb T ($< T_o$), annál nagyobb a hajtóerő

- Lehetőség, mód: atomok, molekulák mozgása (lásd diffúzió)

  $\Rightarrow$ minél kisebb T ($< T_o$), annál gyengébbek a mozgások

Diffúzió

Brown mozgás:



Diffúzió: egyenletes eloszlásra való törekvés, koncentrációkiegyenlítődés

a diffúzió „sebessége” ~ koncentráció különbség
diffúziós együttható

Fick-törvény:

$$\frac{\Delta \nu}{\Delta t} = -D \cdot A \cdot \frac{\Delta c}{\Delta x}$$

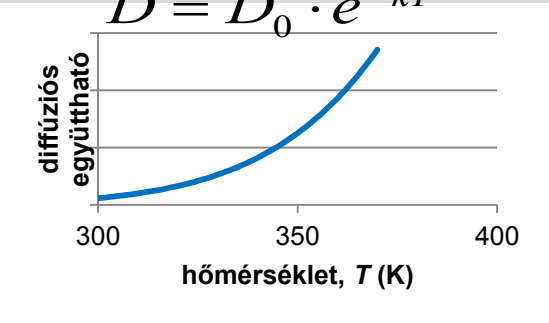
D: diffúziós együttható (m^2/s)

Diffundáló molekula	közeg	*D* (m^2/s)
O_2	levegő	$\approx 10^{-5}$
	víz	$\approx 10^{-9}$
	üveg	$\approx 10^{-50}$
He	üveg	$\approx 10^{-18}$

Einstein-Stokes összefüggés:
(gömb alakú részecskékre)

$$D = \frac{kT}{6\pi\eta r}$$

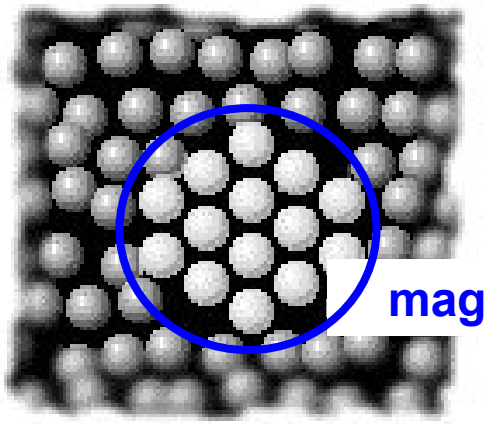
$$D = D_0 \cdot e^{-\frac{\Delta\varepsilon}{kT}}$$



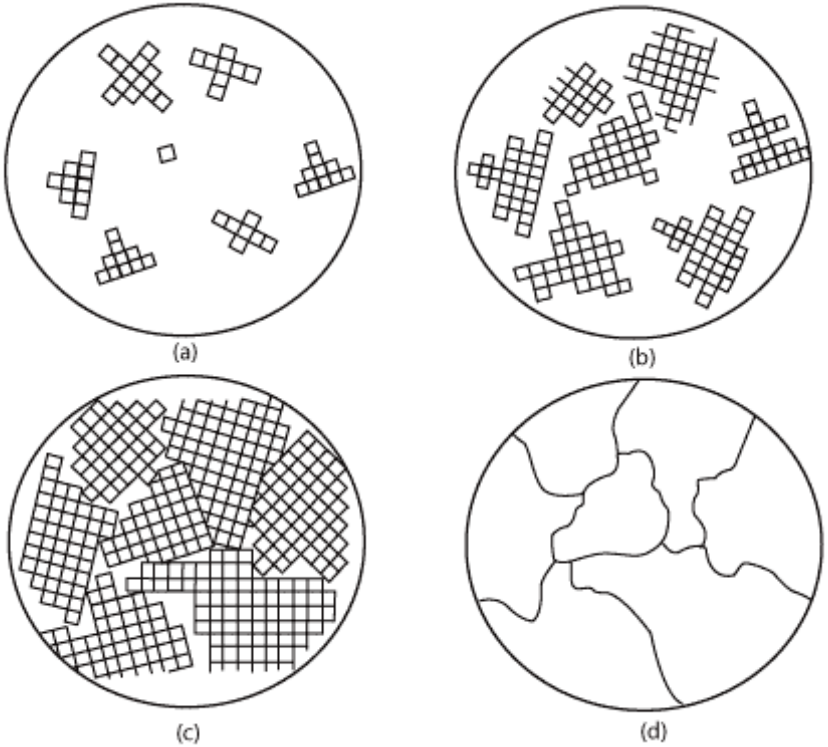
Fázisátalakulás (pl. kristályosodás) kinetikája

Túlhűtés! $T < T_o$

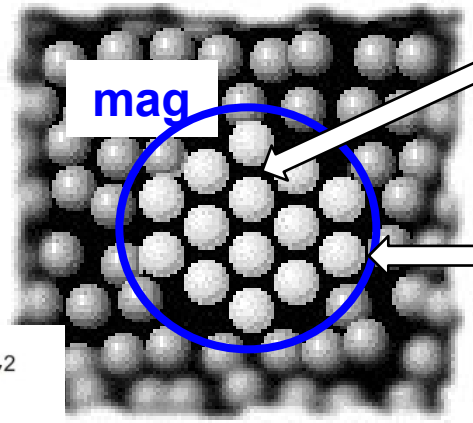
1. Magképződés (nukleáció)



2. Növekedés



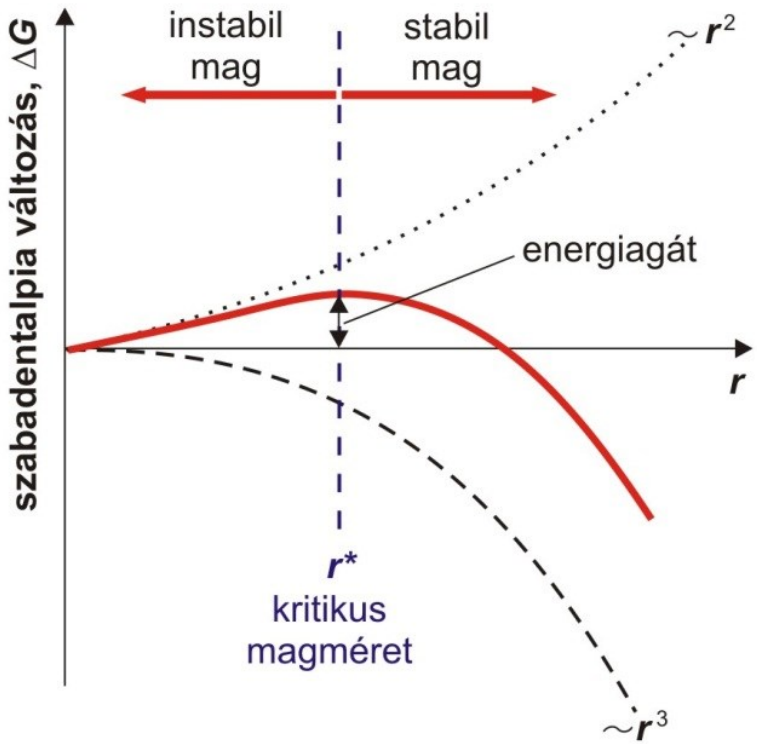
1. Magképződés (nukleáció)

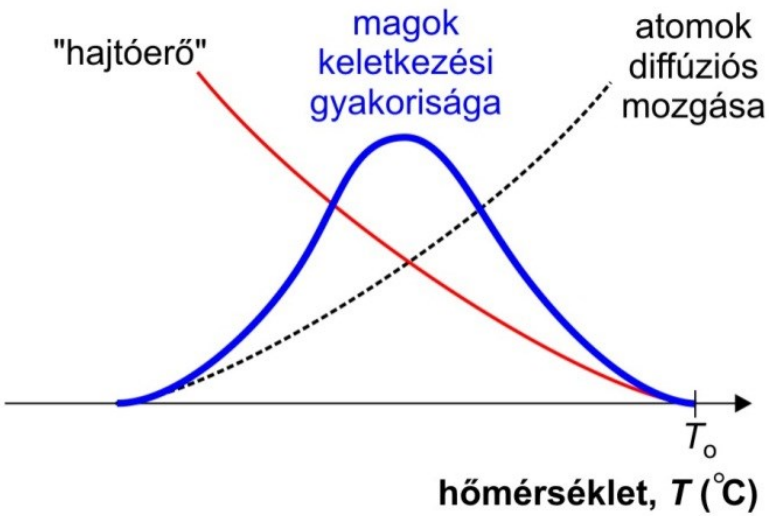


rendezett szerkezet
⇒ energiacsökkenés
(~ térfogat)
r^3

határfelület ⇒ energianövekedés
(~ felület)
r^2

$T < T_o$:





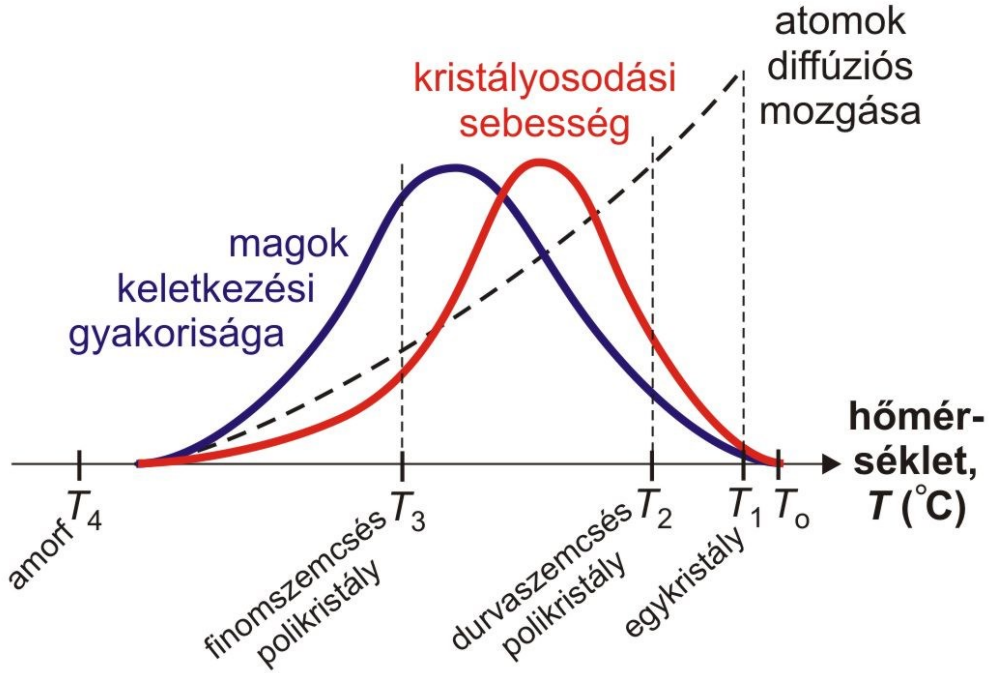
(⇒ túlhűtés)

- **homogén nukleáció:** saját anyagában
- **heterogén nukleáció:** már meglévő szilárd felületeken (pl. edény falán, szennyező szemcséken)

gyorsabb!

2. Növekedés

Szemcsealak és –méret ⇒ tulajdonságok!



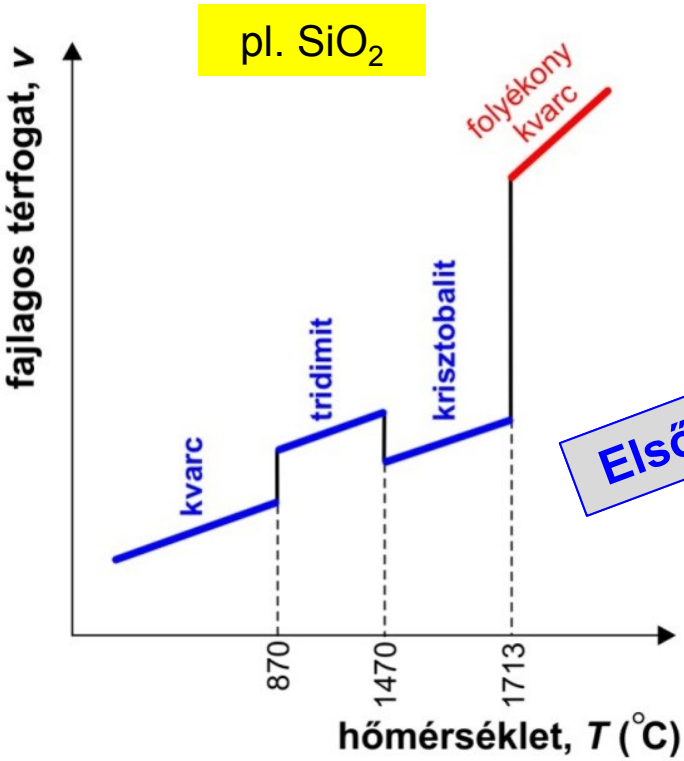
Például:

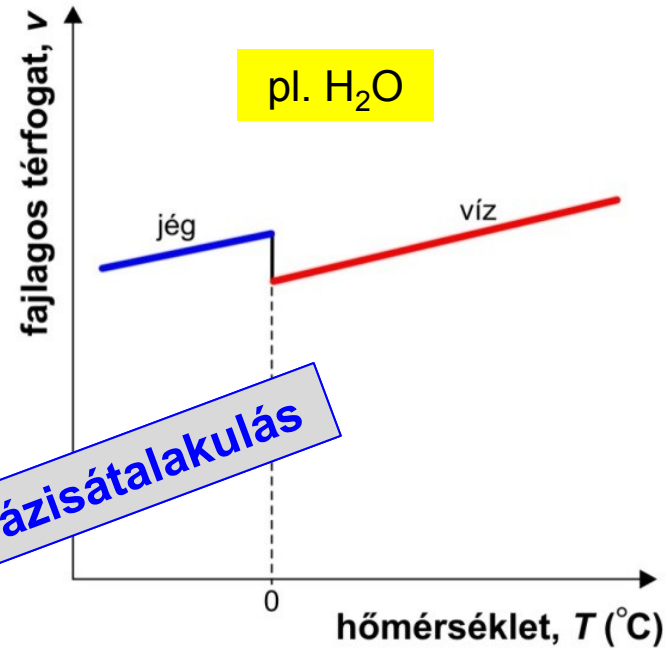
T = 540 °C

T = 690 °C (T_o = 727 °C)

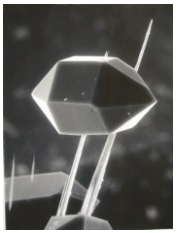
keményebb, erősebb, kevésbé alakítható

Fázisátalakulás rendűsége, üvegesedés

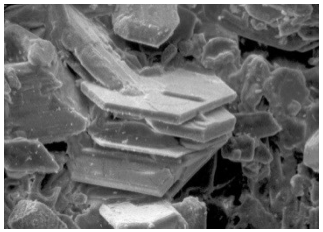




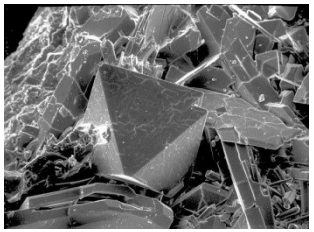
Elsőrendű fázisátalakulás



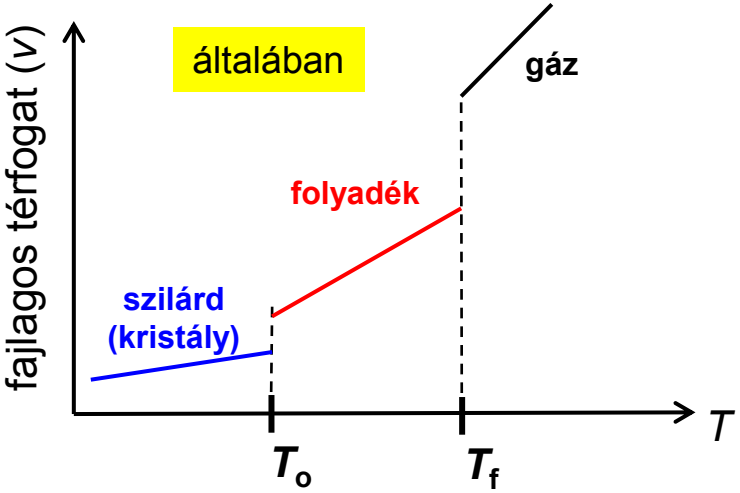
kvarc

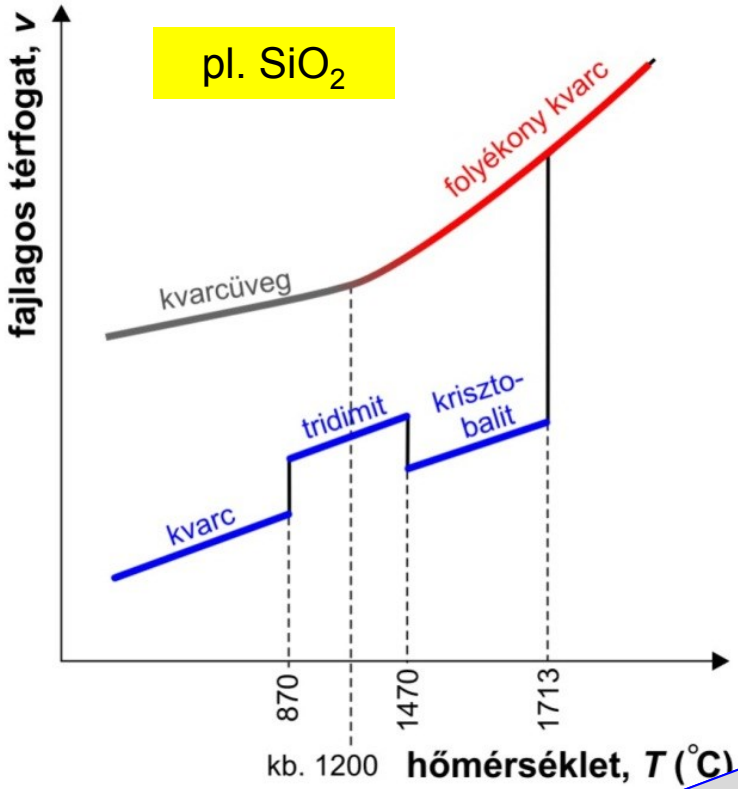


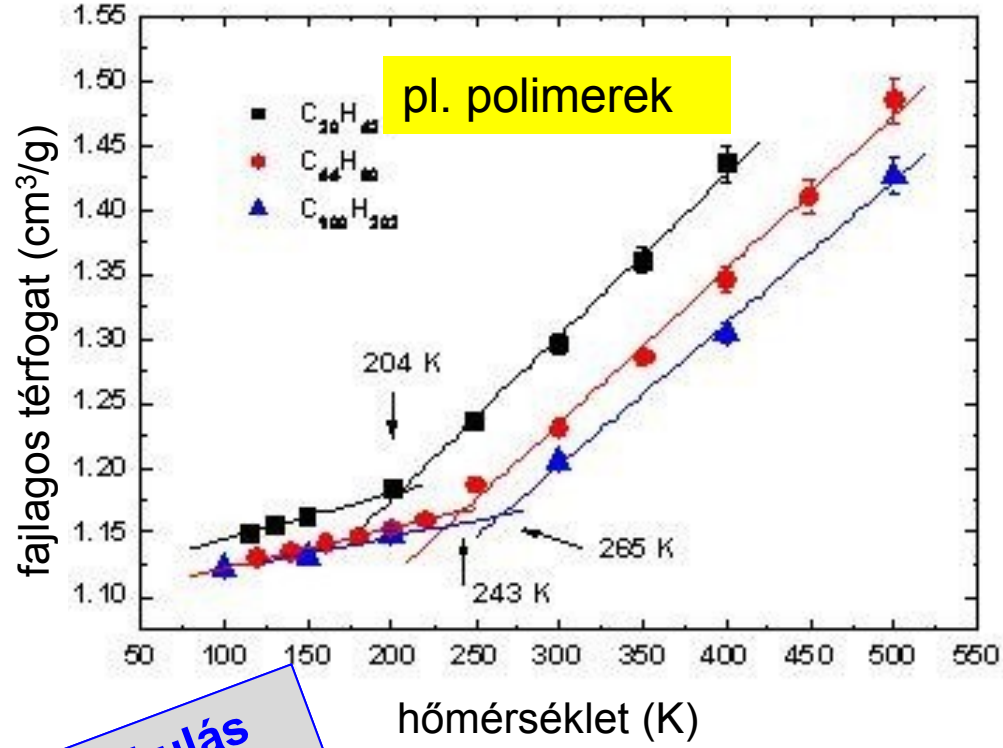
tridimit



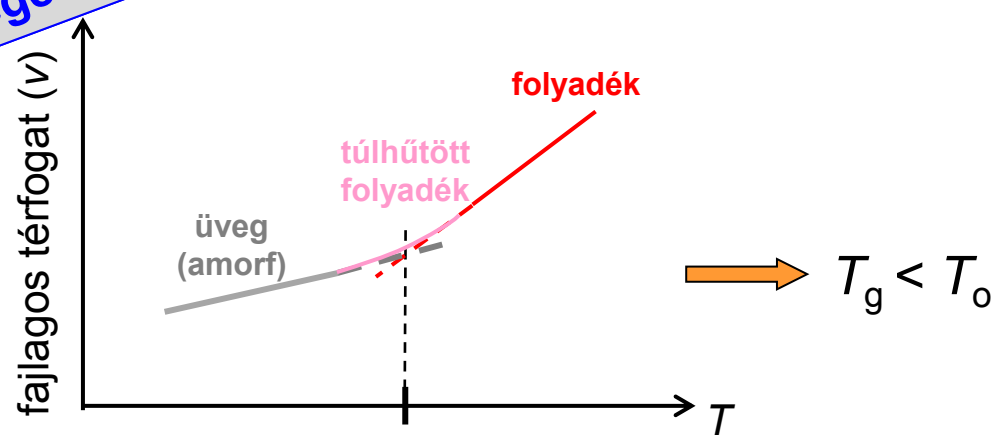
krisztobalit







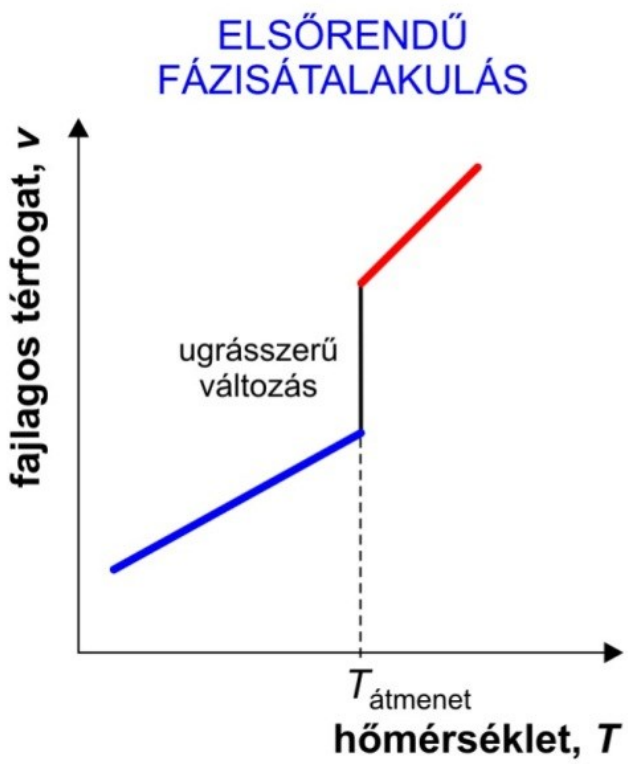
Másodrendű fázisátalakulás
pl. üvegesedés

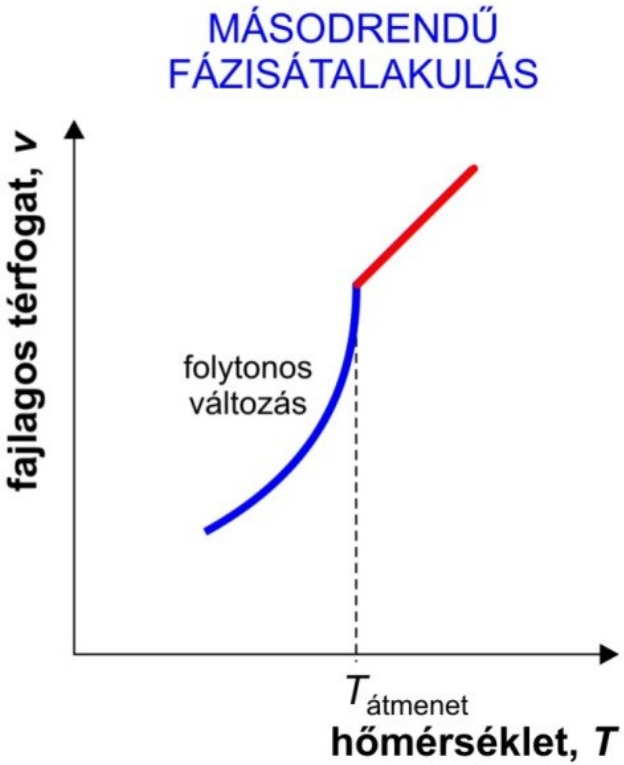


$T_g < T_o$

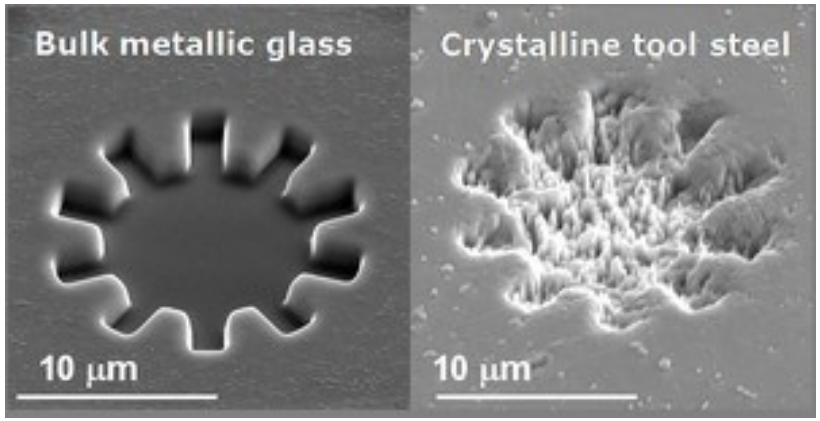
T_g üvegesedési hőmérséklet

Összefoglalva:





Érdekesség:



üvegszerű fém ↔ kristályos fém

Következő előadáshoz: 8. tankönyvi fejezet