



Fogorvosi anyagtan fizikai alapjai

3.

Általános anyagszerkezeti ismeretek

Fázisdiagram, fázisátalakulás
Határfelületi jelenségek

Kiemelt témák:

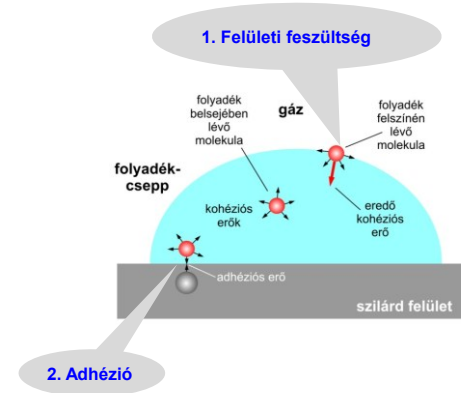
- ❖ felületi feszültség
- ❖ adhézio - nedvesítés
- ❖ fázisdiagramm
- ❖ fázisátalakulás (első/másodrendű, kinetika)

Tankönyv
fejezetei:
6, 7

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

1

Határfelületi jelenségek



2

1. Felületi feszültség

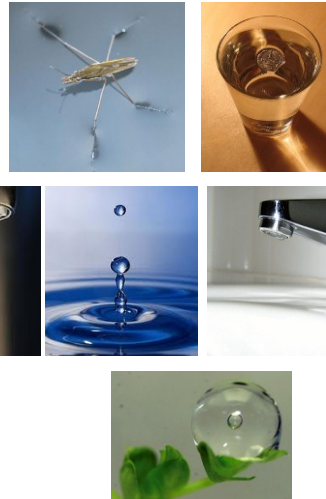
Felületi feszültség v. fajlagos
felületi energia (σ):

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

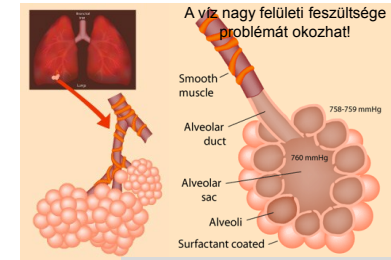
anyag	σ (J/m ²)
víz	0,073
vér	0,06
nyál	0,05
paraffin	0,025
alkohol	0,023
dentin	0,092
zománc	0,087
higany	0,484

* levegőben, 20°C

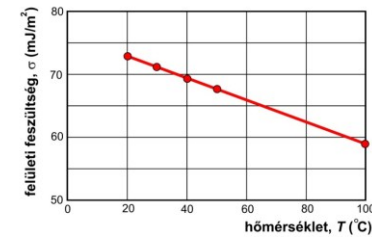
A „nároizmus” mértéke.



3



respirációs disztrész szindróma



4

2. Adhézió

- mechanikai

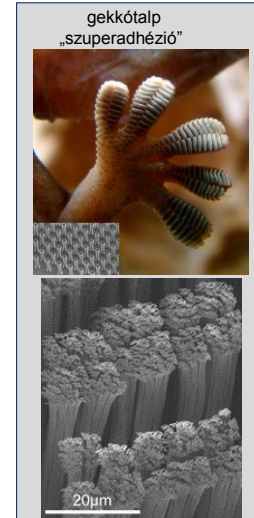


- kémiai (ionos, kovalens, H-kötés)
- diszperz (van der Waals-erők)
- elektrosztatikus (feltöltődött felületek)
- diffúziós (egymásba diffundálnak az anyagok)

a leggyakoribb és legáltalánosabb

adhéziós erő ~ érintkező felületek nagysága
~ közelség

5



Adhézió a fogorvosi gyakorlatban, tényezők:

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

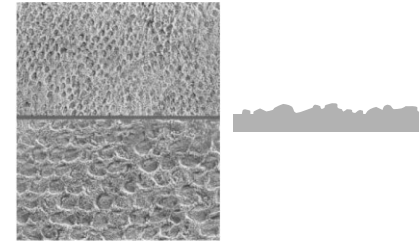
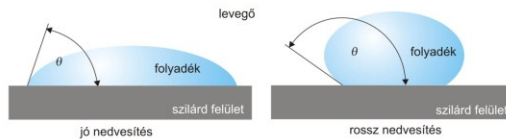
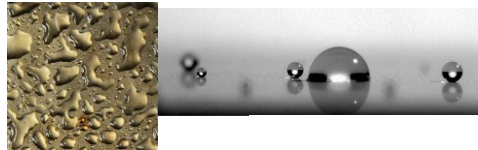


Figure 1. Morphological aspect of the surface of enamel conditioned with 36% phosphoric acid for 20 s. The formation of micropores with type I pattern of conditioning can be observed. (Original magnification: top, 750X; bottom, 1500X).

6

Nedvesítés (adhézió szilárd anyag és folyadék között)



θ : peremszög (illeszkedési szög)

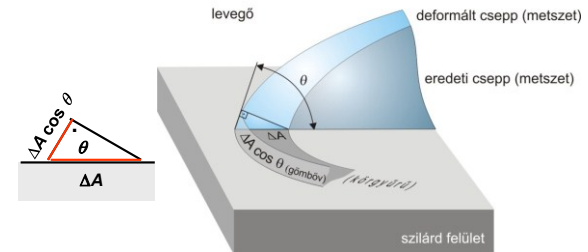
Young-egyenlet:

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

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

7

A Young-egyenlet levezetése:

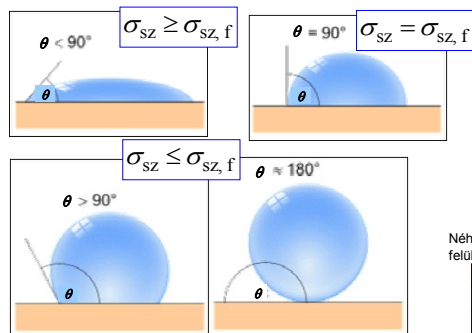


egyensúly = energiaminimum → kis változás az alakban (felületben) nem okoz változást az energiában

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

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

8



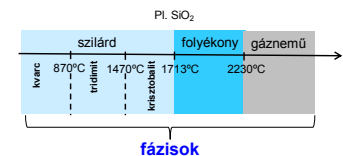
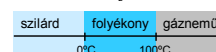
Néhány fogászati anyag fajlagos felületi energiája:

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

9

Fázis

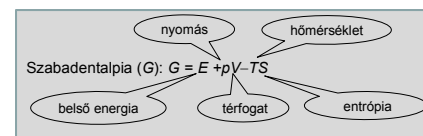
Halmazállapotok:
Pl. H₂O



fázisok

Fázis: fizikailag és kémiaiilag homogén anyagtartomány.

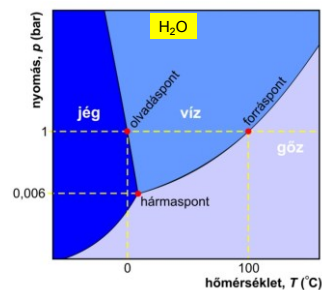
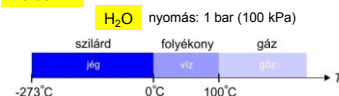
Stabil fázis: adott körülmények között a termodinamikailag legkedvezőbb – legkisebb energiájú, pontosabban legkisebb szabadentalpiájú fázis.



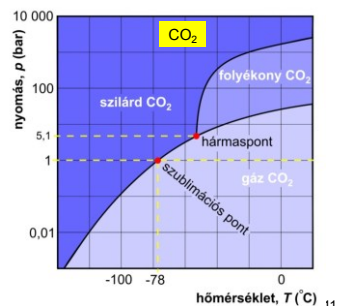
10

Fázisdiagram

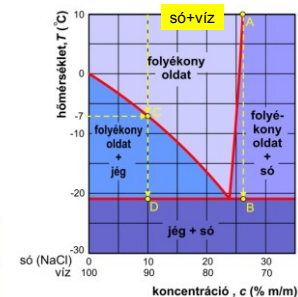
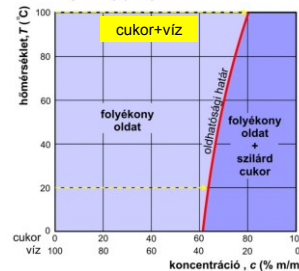
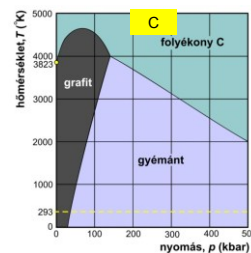
Példák:



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

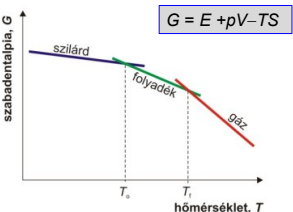


11

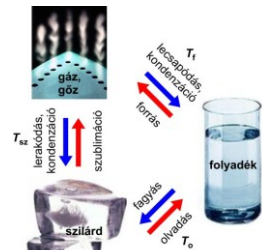
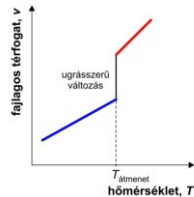


12

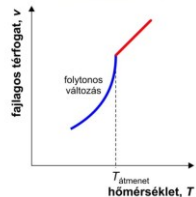
Fázisátalakulás



ELSŐRENDŰ FÁZISÁTALAKULÁS

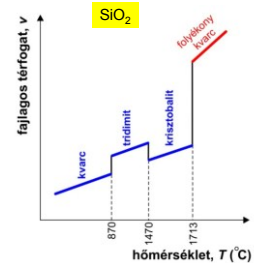
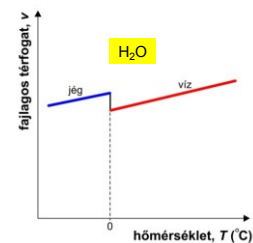
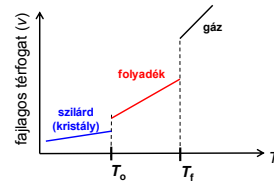


MÁSODRENDŰ FÁZISÁTALAKULÁS



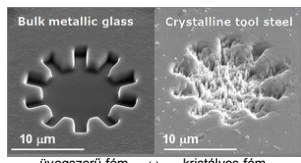
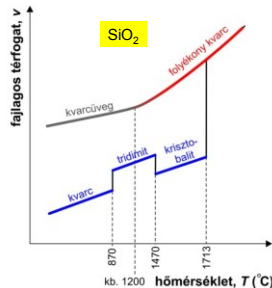
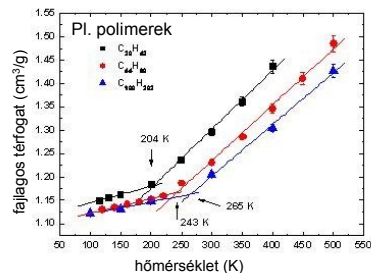
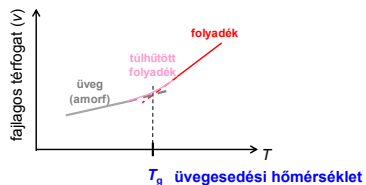
13

Példák: elsőrendű fázisátalakulás:



14

másodrendű fázisátalakulás:

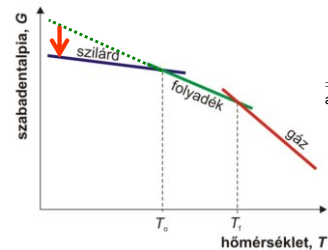


üvegszerű fém ↔ kristályos fém

15

Fázisátalakuláshoz (pl. kristályosodáshoz) szükséges:

➤ Hajtóerő: szabadentalpia különbség



⇒ minél kisebb T ($< T_0$), annál nagyobb a hajtóerő

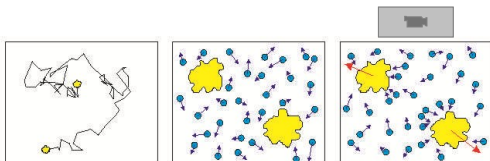
➤ Eszköz: atomok, molekulák mozgása (lásd diffúzió)

⇒ minél kisebb T ($< T_0$), annál gyengébbek a mozgások

16

Diffúzió

Brown mozgás:



Diffúzió: egyenletes eloszlásra való törekvés, koncentrációkiegyenlítés



a diffúzió „sebessége” ~ koncentráció különbség
diffúziós együttható

Fick-törvény:

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

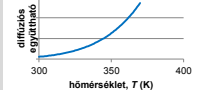
D : diffúziós együttható (m^2/s)

Diffundáló molekula	közeg	D (m^2/s)
O_2	levegő	$\approx 10^{-5}$
	víz	$\approx 10^{-9}$
	üveg	$\approx 10^{-20}$
He	üveg	$\approx 10^{-18}$

Einstein-Stokes összefüggés:
(gömb alakú részecskékre)

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

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



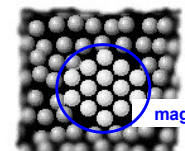
17

Fázisátalakulás (pl. kristályosodás) kinetikája

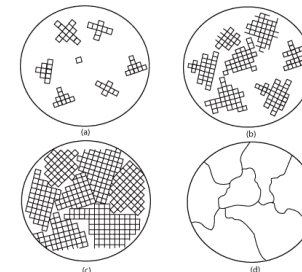
Túlhűtés! $T < T_0$



1. Magképződés (nukleáció)

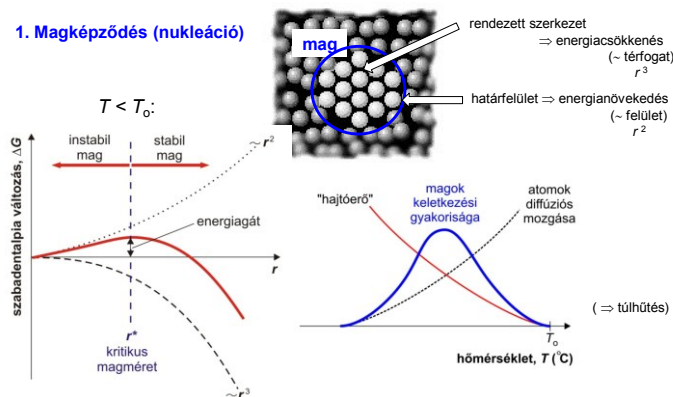


2. Növekedés



18

1. Magképződés (nukleáció)

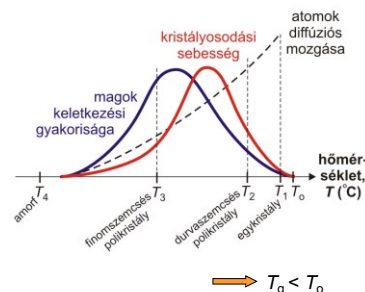


- **homogén nukleáció:** saját anyagában
- **heterogén nukleáció:** már meglévő szilárd felületeken (pl. edény falán, szennyező szemcséken)

gyorsabb!

19

2. Növekedés

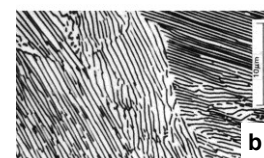


$T_g < T_0$

Következő előadáshoz:
8. tankönyvi fejezet

Szemcsealak és -méret \Rightarrow tulajdonságok!

Például:



$T = 690^\circ\text{C}$ ($T_0 = 727^\circ\text{C}$)

keményebb, erősebb, kevésbé alakítható

20