



## Fogorvosi anyagtan fizikai alapjai

3.

### Általános anyagszerkezeti ismeretek

Határfelületi jelenségek  
Fázisdiagram, fázisátalakulás

Kiemelt témák:

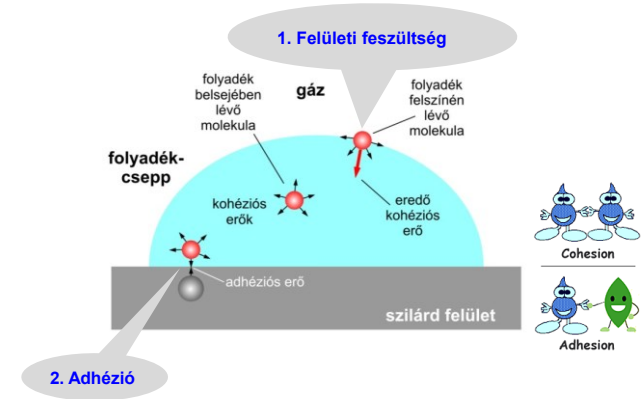
- ❖ felületi feszültség
- ❖ adhézió – nedvesítés
- ❖ fázis – fázisdiagram
- ❖ fázisátalakulás

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 ( $\sigma$ ):

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

a  $\Delta A$  felületnövekedéssel járó energiaváltozás

felületnövekedés



anyag	$\sigma$ (J/m <sup>2</sup> )
víz	0,073
vér	0,06
nyál	0,05
paraffin	0,025
alkohol	0,023
dentin	0,092
zománc	0,087
higany	0,484

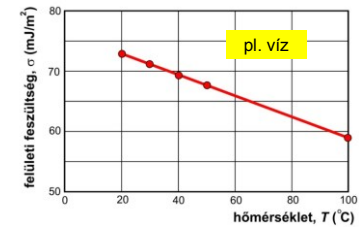
\* levegőben, 20°C

A. nárcizmus\* mértéke.

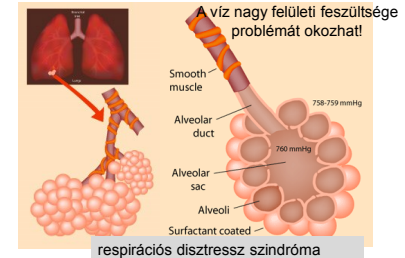


3

A felületi feszültség hőmérsékletfüggése:

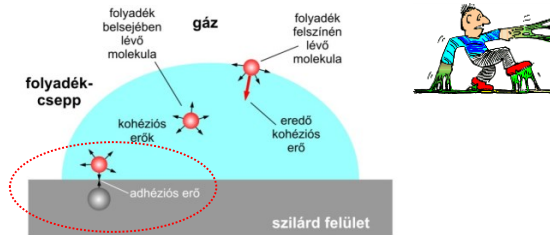


Következmények:



4

## 2. Adhézió



Típusai:

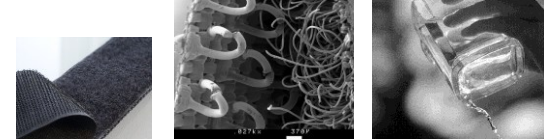
- kémiai (ionos, kovalens, H-kötés)
  - diszperz (van der Waals-erők)
  - diffúziós (egymásba diffundálnak az anyagok)
- } molekuláris szintű

a leggyakoribb és legáltalánosabb



5

- További típusok:
- mechanikai
  - elektrosztatikus (feltöltődött felületek)
- } makroszkopikus



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

Az adhézió kvantitatív jellemzése:

Határfelületi energia, pontosabban fajlagos határfelületi energia ( $\sigma$ ):

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

a  $\Delta A$  felületnövekedéssel járó energiaváltozás

a határfelület növekedése

6

## Adhézió a fogorvosi gyakorlatban

Meghatározó tényezők:

- Felület – savazás 35%-os foszforsav oldattal (etching)
- Viszkózitás
- Nedvesítés (adhézió szilárd és folyadék között)

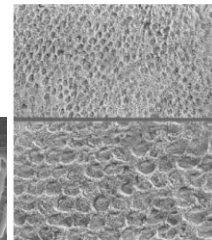
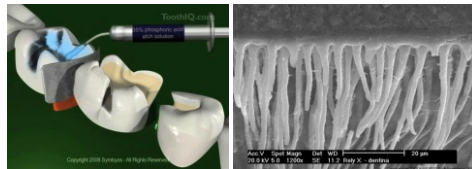
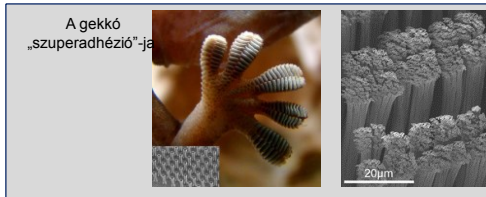
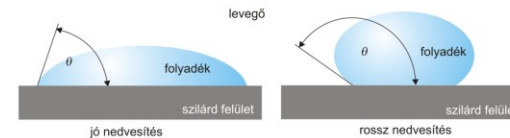
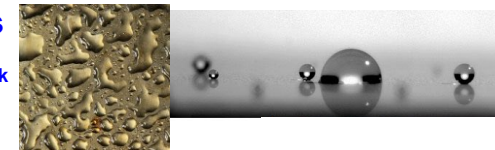


Figure 1. Morphological aspect of the surface of enamel conditioned with 36% phosphoric acid for 20s. The formation of micropores with type I pattern of conditioning can be observed. (Original magnification: top, 750X; bottom, 1500X).



7

## Nedvesítés (adhézió szilárd anyag és folyadék között)



$\theta$ : peremszög (illeszkedési szög)

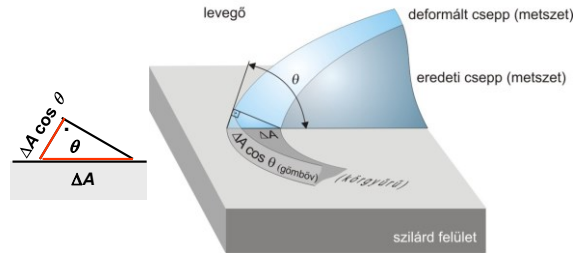
Young-egyenlet:

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

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

8

A Young-egyenlet levezetése:

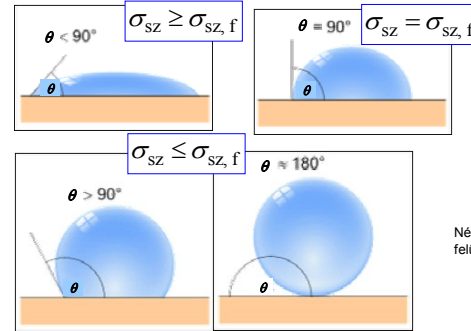


egyensúly = energiaminimum → kis változás az alakban (felületben) nem okoz változást az energiában

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

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

9



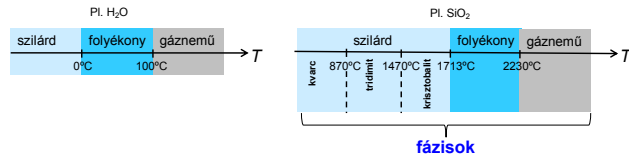
Néhány fogászati anyag fajlagos felületi energiája:

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

10

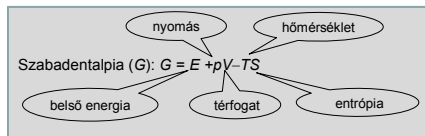
## Fázis

Halmazállapotok:



**Fázis:** fizikailag és kémiai homogén anyagtartomány.

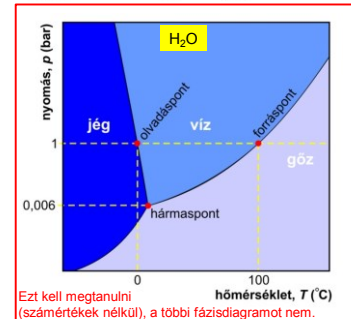
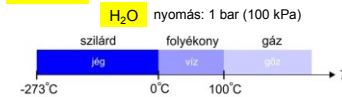
**Stabil fázis:** adott körülmények között a termodinamikailag legkedvezőbb — legkisebb energiájú, pontosabban legkisebb szabadentalpiájú fázis.



11

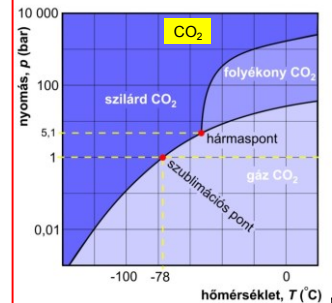
## Fázisdiagram

Példák:

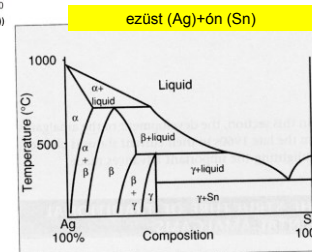
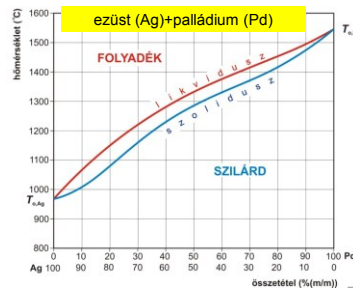
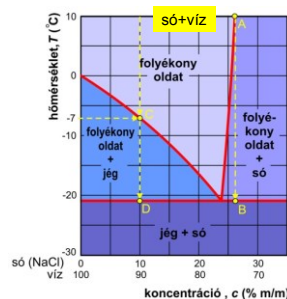
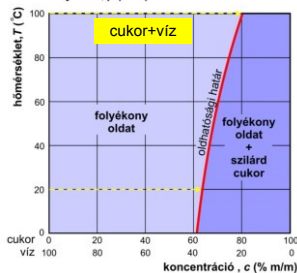
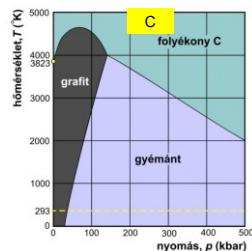


Ezt kell megtanulni (számértékek nélkül), a többi fázisdiagramot nem.

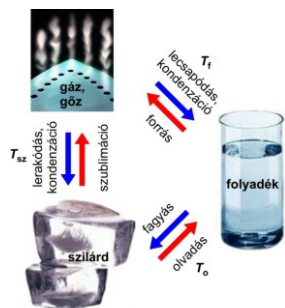
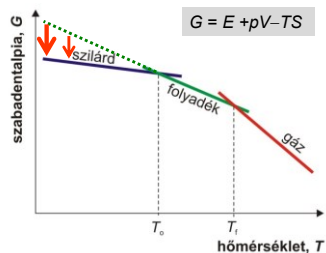
**Fázisdiagram:** stabil fázisok ábrázolása különböző paraméterek ( $p$ ,  $T$ ,  $c$ , ...) függvényében.



12



## Fázisátalakulás



> **Hajtóerő:** szabadentalpia különbség

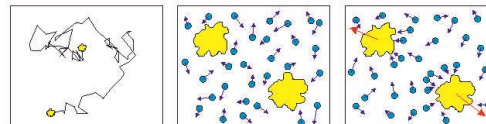
=> minél kisebb  $T < T_0$ , annál nagyobb a hajtóerő

> **Lehetőség, mód:** atomok, molekulák mozgása (lásd diffúzió)

=> minél kisebb  $T < T_0$ , annál gyengébbek a mozgások

## Diffúzió

Brown mozgás:



Diffúzió: egyenletes eloszlásra való törekvés, koncentrációkiegyenlítés



a diffúzió „sebessége” ~ koncentráció különbség  
diffúziós együttható

Fick-törvény:

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

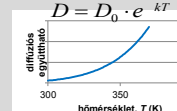
$D$ : diffúziós együttható ( $\text{m}^2/\text{s}$ )

Einstein-Stokes összefüggés:  
(gömb alakú részecskékre)

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

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

Diffundáló molekula	közeg	$D$ ( $\text{m}^2/\text{s}$ )
$\text{O}_2$	levegő	$\approx 10^{-5}$
	víz	$\approx 10^{-9}$
	üveg	$\approx 10^{-20}$
He	üveg	$\approx 10^{-18}$



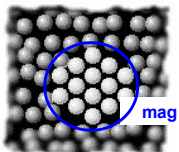
15

16

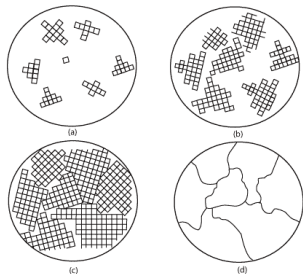
## Fázisátalakulás (pl. kristályosodás) kinetikája

Tűlhűtés!  $T < T_0$

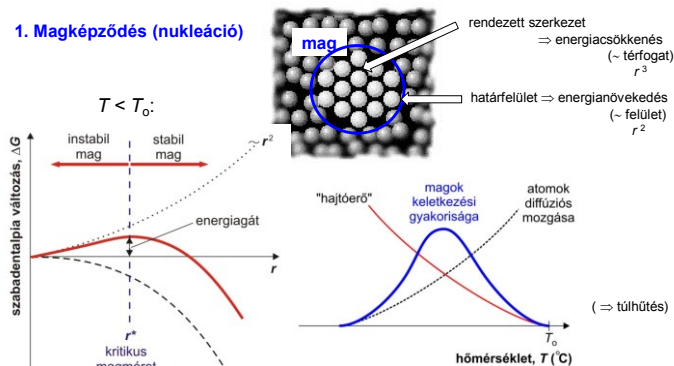
### 1. Magképződés (nukleáció)



### 2. Növekedés



### 1. Magképződés (nukleáció)



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

gyorsabb!

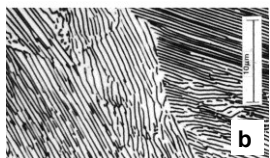
18

### 2. Növekedés

Szemcsealak és -méret  $\Rightarrow$  tulajdonságok!



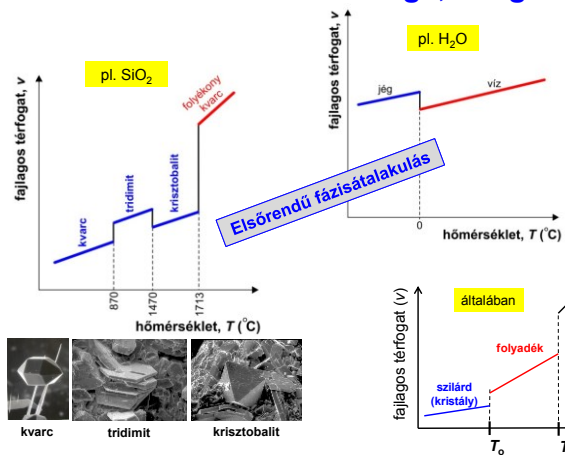
Például:



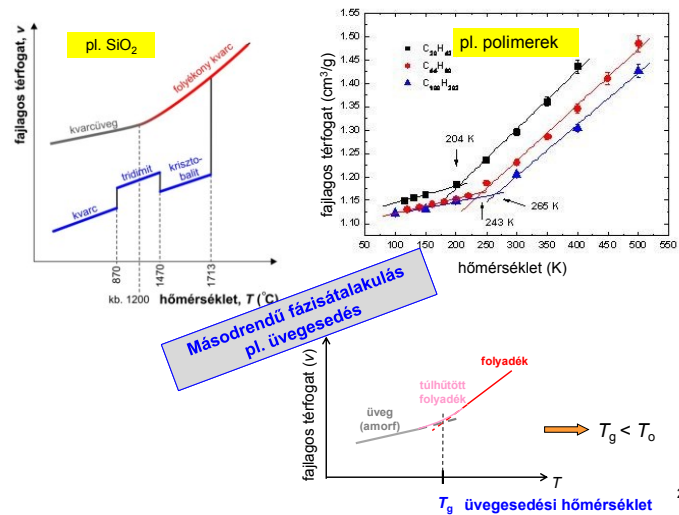
keményebb, erősebb, kevésbé alakítható

19

## Fázisátalakulás rendűsége, üvegesedés

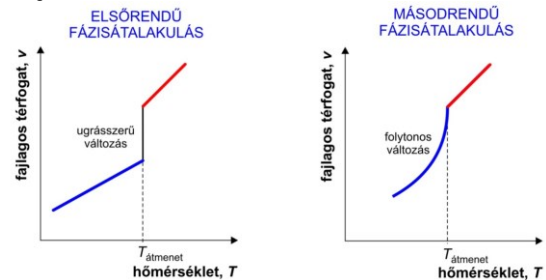


20

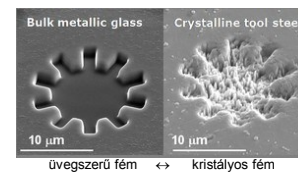


21

Összefoglalva:



Érdekesség:



Következő előadáshoz:  
8. tankönyvi fejezet

22