

## Fogorvosi anyagtudomány fizikai alapja

– 3 –

### Anyagszerkezet. Határfelületi jelenségek. Fázis és fázisátmenet

készítette: Agócs Gergely, Tölgyesi Ferenc  
2021. szeptember 20.

**Feladatok:**  
1. fejezet:  
24–31

**Tankönyv fejezetei:**  
6, 7

FAFA\_HU

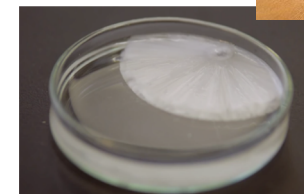
3 | Határfelületi jelenségek. Fázis

1

## Súlypontok

- ❖ Felületi feszültség
- ❖ Adhézió, nedvesítés
- ❖ Fázis, fázisdiagram
- ❖ Fázisátmenetek (1. és 2. rendű, ill. kinetika)

aluminium egypengős vízfelszínen



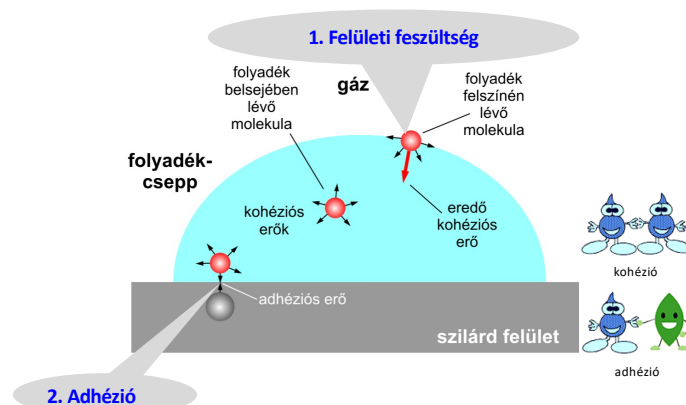
nátrium-acetát kristályosodása túltelített oldatból

FAFA\_HU

3 | Határfelületi jelenségek. Fázis

2

## Határfelületi jelenségek



FAFA\_HU

3 | Határfelületi jelenségek. Fázis

3

## Felületi feszültség I.

### 1. Felületi feszültség

Felületi feszültség v. fajlagos felületi energia ( $\sigma$ ):

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

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 „necrozmus” mérése.



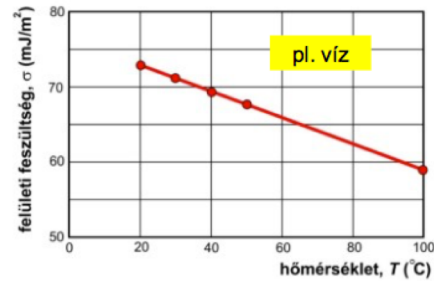
FAFA\_HU

3 | Határfelületi jelenségek. Fázis

4

## Felületi feszültség II.

A felületi feszültség hőmérsékletfüggése:



Miért?

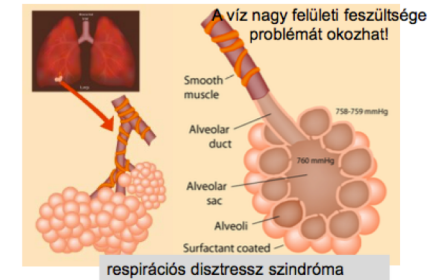
FAFA\_HU

3 | Határfelületi jelenségek. Fázis

5

## Felületi feszültség III.

Következmények:



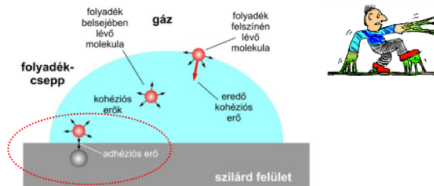
FAFA\_HU

3 | Határfelületi jelenségek. Fázis

6

## Adhézió I.

### 2. Adhézió



Típusai:

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

molekuláris szintű

a leggyakoribb és legáltalánosabb



FAFA\_HU

3 | Határfelületi jelenségek. Fázis

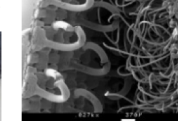
7

## Adhézió II.

További típusok:  
közönséges bojtortján termése

- mechanikai
- elektrosztatikus (feltöltődött felületek)

makroszkopikus



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

Az adhézió kvantitatív jellemzése:

Határfelületi energia, pontosabban **fajlagos határfelületi energia (σ)**:

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

a  $\Delta A$  felületnövekedéssel járó energiaváltozás

a határfelület növekedése

FAFA\_HU

3 | Határfelületi jelenségek. Fázis

8

## Adhézió III.

### Adhézió a fogorvosi gyakorlatban

Meghatározó tényezők:

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

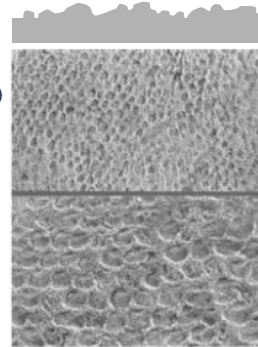
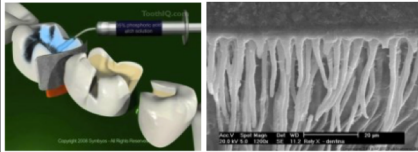


Figure 1. Morphological aspect of the surface of enamel conditioned with 36% phosphoric acid for 20 s. The formation of micropores with type I pattern of conditioning can be observed. (Original magnification: top, 750X; bottom, 1500X).

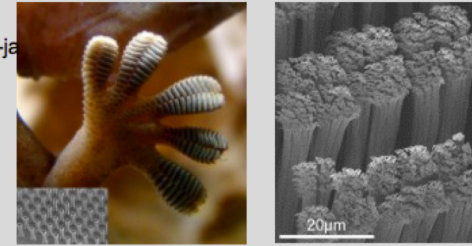
FAFA\_HU

3 | Határfelületi jelenségek. Fázis

9

## Adhézió IV.

A gekkó „szuperadhézió”-ja



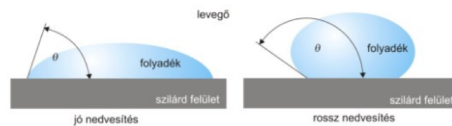
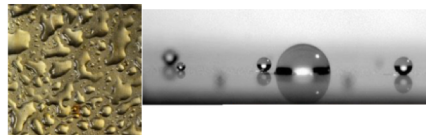
FAFA\_HU

3 | Határfelületi jelenségek. Fázis

10

## Nedvesítés I.

**Nedvesítés**  
(adhézió szilárd anyag és folyadék között)



$\theta$  : peremszög (illeszkedési szög)

Young-egyenlet:

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

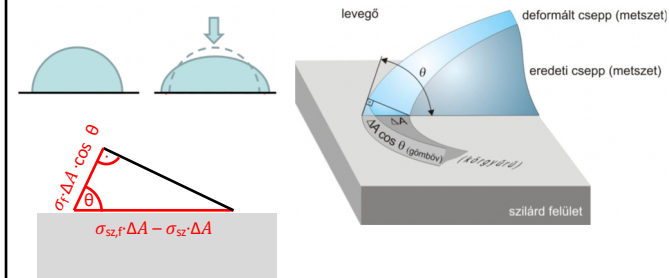
- sz : szilárd test (–levegő)
- sz, f : szilárd test–folyadék
- f : folyadék (–levegő)

FAFA\_HU

3 | Határfelületi jelenségek. Fázis

11

## Nedvesítés



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

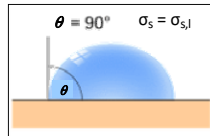
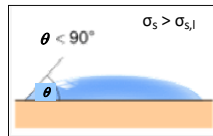
$$\cos \theta = \frac{\sigma_s - \sigma_{s,l}}{\sigma_l}$$

FAFA\_DE

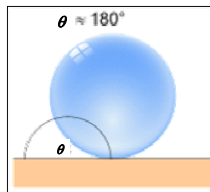
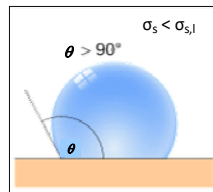
3 | Grenzflächenphänomene. Phase

12

## Nedvesítés



$$\cos \theta = \frac{\sigma_s - \sigma_{s,l}}{\sigma_l}$$



	anyag	$\sigma$ (mJ/m <sup>2</sup> )
folyadékok	nyál*	≈ 50
	vér	≈ 60
	alkohol	23
	paraffin	25
	olajsav	32
	víz	73
szilárd anyagok	higany	484
	zománc	≈ 87
	dentin	≈ 92
	PTFE (teflon)	24
	paraffin	25
	PMMA (plexi)	37

FAFA\_DE

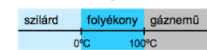
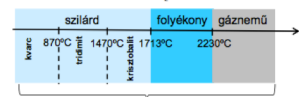
3 | Grenzflächenphänomene. Phase

13

## Fázis

### Fázis

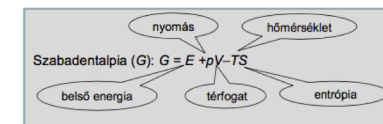
Halmazállapotok:

Pl. H<sub>2</sub>OPl. SiO<sub>2</sub>

fázisok

Fázis: fizikailag és kémiai homogén anyagtartomány.

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



FAFA\_HU

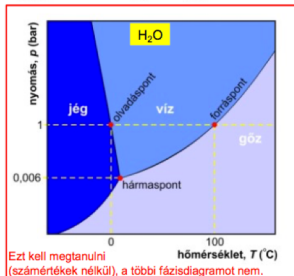
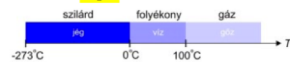
3 | Határfelületi jelenségek. Fázis

14

## Fázisdiagram I: vegyületek

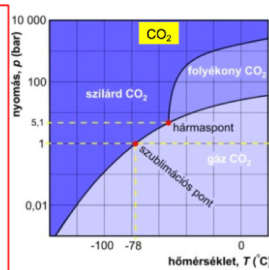
### Fázisdiagram

Példák:

H<sub>2</sub>O nyomás: 1 bar (100 kPa)

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

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

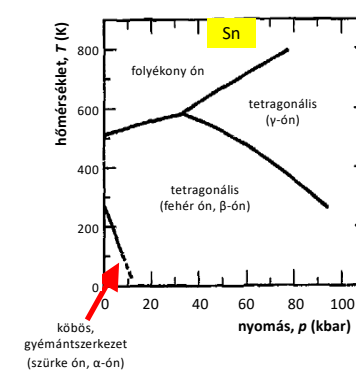
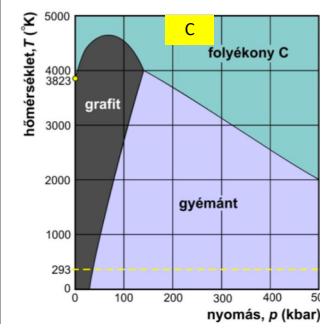


FAFA\_HU

3 | Határfelületi jelenségek. Fázis

15

## Fázisdiagram II: elemek



FAFA\_DE

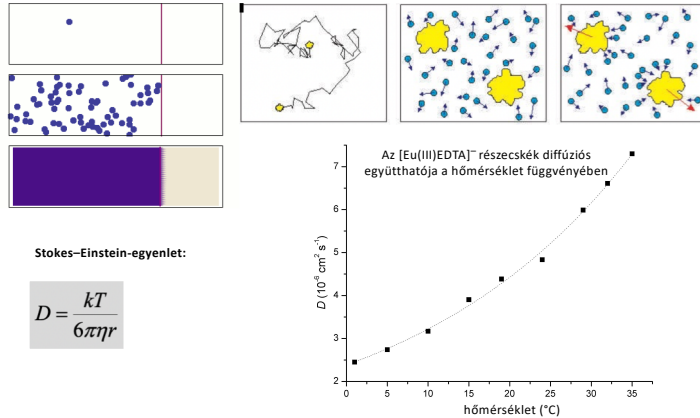
3 | Grenzflächenphänomene. Phase

16





## Diffúzió



FAFA\_HU

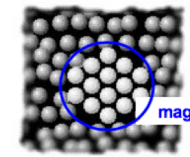
3 | Határfelületi jelenségek. Fázis

21

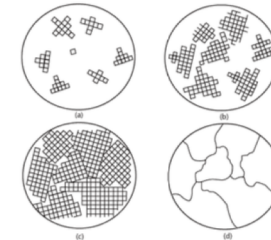
## Fázisátalakulás IV: kinetika

Túlhűtés!  $T < T_{olv}$ 

### 1. Magképződés (nukleáció)



### 2. Növekedés



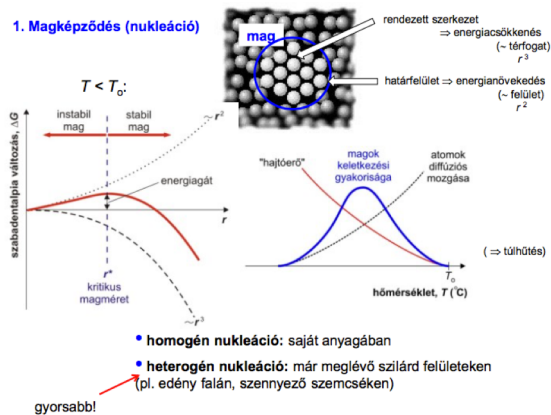
FAFA\_HU

3 | Határfelületi jelenségek. Fázis

22

## Fázisátalakulás V: kinetika

### 1. Magképződés (nukleáció)



FAFA\_HU

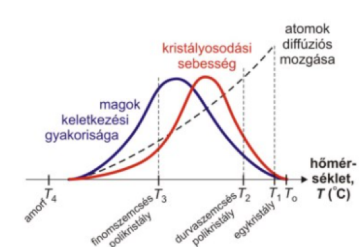
3 | Határfelületi jelenségek. Fázis

23

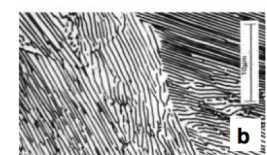
## Fázisátalakulás VI: kinetika

### 2. Növekedés

Szemcsealak és -méret =&gt; tulajdonságok!



Például:

 $T = 540^\circ\text{C}$  $T = 690^\circ\text{C}$  ( $T_0 = 727^\circ\text{C}$ )

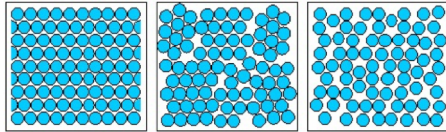
keményebb, erősebb, kevésbé alakítható

FAFA\_HU

3 | Határfelületi jelenségek. Fázis

24

## Fázisátalakulás VII.



**egykristály**  
a teljes térfogaton át  
periodikus

**polikristály**  
periodikus az egyes  
szemcséken belül

**amorf szilárd test**  
nem periodikus

