

Fogorvosi anyagtudomány fizikai alapjai

– 2 –

Anyagszerkezet. Folyadékok, szilárd anyagok, folyadékkristályok

összeállította: Agócs Gergely, Tölgyesi Ferenc
2020. szeptember 17.

Tankönyv-
fejezetek:
4, 5

FAFA_HU

2 | Folyadékok, szilárd anyagok, folyadékkristályok

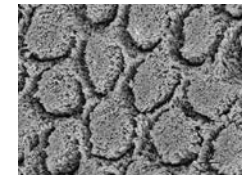
1

Főbb pontok

- ❖ Viskozitás
- ❖ Víz és nyál
- ❖ Kristályok – Apatit
- ❖ Kristályhibák és jelentőségük (lásd még: Damjanovich–Fidy–Szöllősi: Orvosi biofizika, I/3.3.5.)
- ❖ Amorf anyagok – Üvegek
- ❖ Folyadékkristályok (FAFA-jegyzetben nem szerepel, helyette lásd: Damjanovich–Fidy–Szöllősi: Orvosi biofizika, I/3.4.2.)



egy kis (b) és egy nagy (l) viszkozitású folyadék



hidroxilapatit-kristályok a fogzománc-prizmákban; méretarány: — = 2 µm

FAFA_HU

2 | Folyadékok, szilárd anyagok, folyadékkristályok

2

Folyadékok és szilárd testek

folyékony



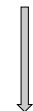
nem alaktartó:
deformáció után „úgy marad”,
nincsenek visszatérítő erők.



folyékony víz



dinamikus rövidtávú rendezettség



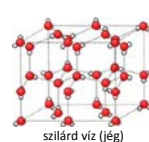
izotrópia



szilárd



alaktartó:
deformáció után visszaalakul, mert
visszatérítő erők ébrednek benne.

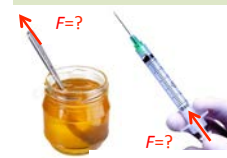


szilárd víz (jég)

FAFA_HU

2 | Folyadékok, szilárd anyagok, folyadékkristályok

3

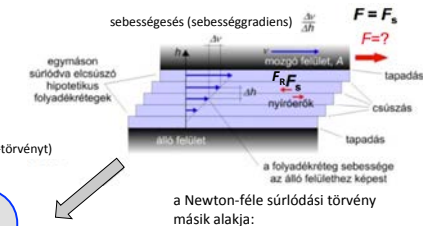
viszkozitás (η) és fluiditás („folyósság”, $1/\eta$)

(lásd később a Hagen–Poiseuille-törvényt)

Newton-féle sűrűségi törvény:

$$F_s = \eta \cdot A \cdot \frac{\Delta v}{\Delta h}$$

viszkozitás (belső
sűrűségi együttható)
 $[\eta] = \text{Pa} \cdot \text{s}$



a Newton-féle sűrűségi törvény
másik alakja:

$$\sigma_{nyíró} = \eta \cdot g_v$$

FAFA_HU

2 | Folyadékok, szilárd anyagok, folyadékkristályok

4

Viszkozimetria

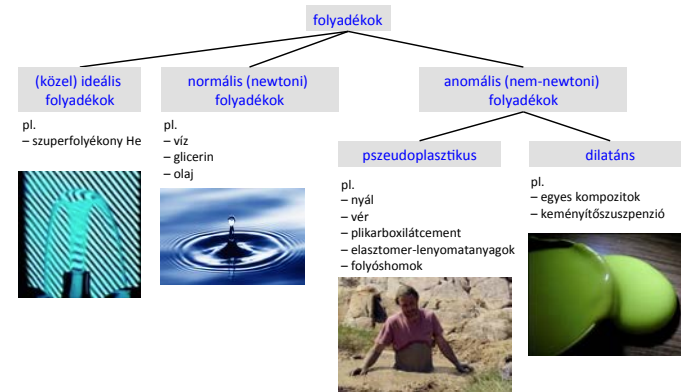


FAFA_HU

2 | Folyadékok, szilárd anyagok, folyadékkristályok

5

Folyadéktípusok

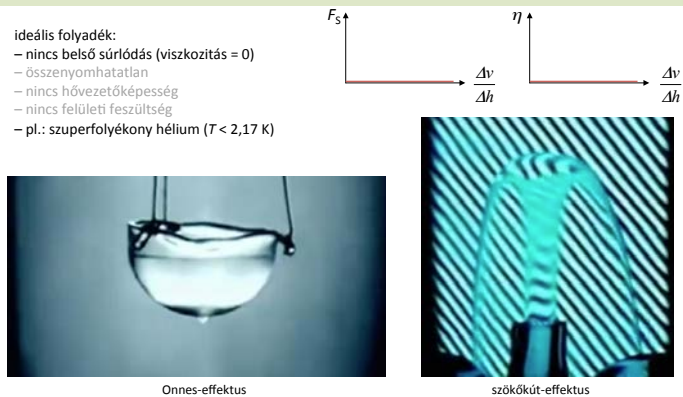


FAFA_HU

2 | Folyadékok, szilárd anyagok, folyadékkristályok

6

Ideális folyadékok

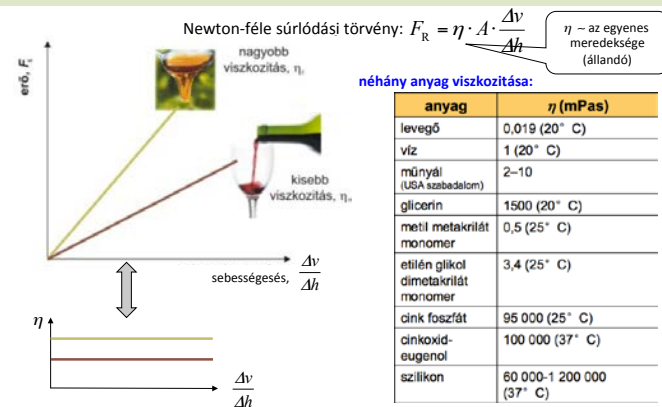


FAFA_HU

2 | Folyadékok, szilárd anyagok, folyadékkristályok

7

Newtoni folyadékok I.



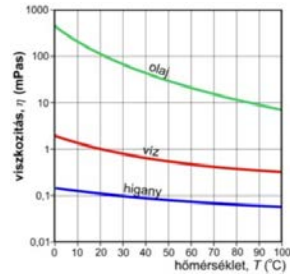
FAFA_HU

2 | Folyadékok, szilárd anyagok, folyadékkristályok

8

Newtoni folyadékok II.

- η függ:
- az anyagi minőségtől
 - a hőmérséklettől



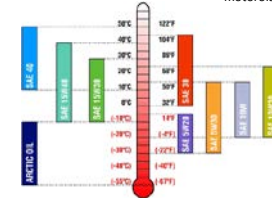
(A gázok viszkozitása a hőmérséklettel nő. Miért?)



méz



motorolaj



különféle viszkozitású motorolajok üzemi hőmérsékleti tartományai

FAFA_HU

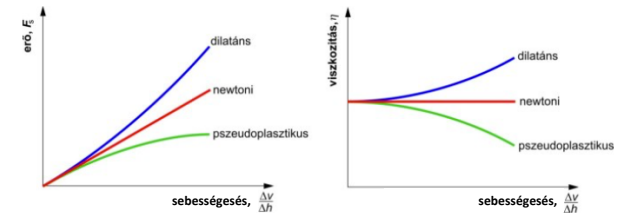
2 | Folyadékok, szilárd anyagok, folyadékkristályok

9

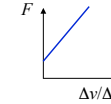
Nem-newtoni folyadékok

η függ:

- a nyíróerőtől (vagy: a sebességéstől, utóbbit olykor sebességgradiensnek nevezik)



Bingham-folyadékok:



fogpaszta



ketchup

FAFA_HU

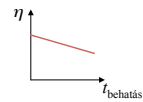
2 | Folyadékok, szilárd anyagok, folyadékkristályok

10

Behatásiidő-függő viszkozitás

- η függ:
- a mechanikai behatás (pl. keverés) időtartamától (magára hagyva idővel az eredeti viszkozitás visszaáll)

tixotróp folyadékok:

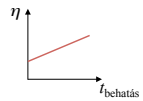


tejfél



egyes lenyomatanyagok

reopex folyadékok:



szinoviális folyadék

Ezeket ne keverjük a pszeudoplasztikus és dilatáns anyagokkal!

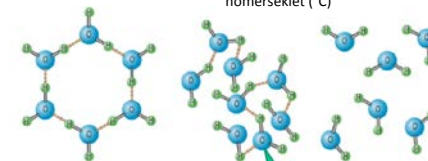
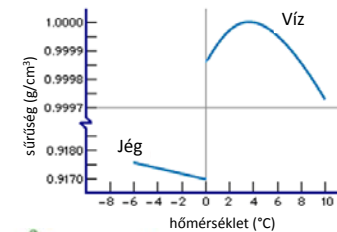
FAFA_HU

2 | Folyadékok, szilárd anyagok, folyadékkristályok

11

Víz I.

- széles hőmérséklet-tartományban folyékony
- viszonylag kis sűrűség (1 g/cm³)
- newtoni folyadék, viszonylag kis viszkozitással



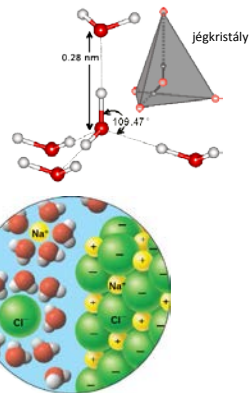
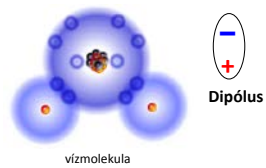
FAFA_HU

2 | Folyadékok, szilárd anyagok, folyadékkristályok

12

Víz II.

- nagy fajlagos hőkapacitás, olvadás- és párolgáshő
- nagy felületi feszültség
- jó oldószer

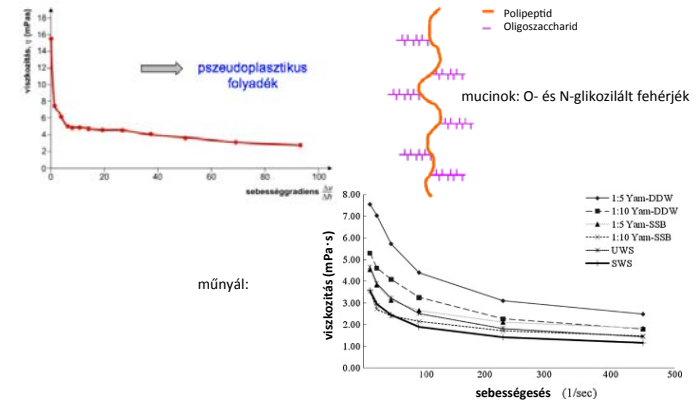


FAFA_HU

2 | Folyadékok, szilárd anyagok, folyadékkristályok

13

Nyál

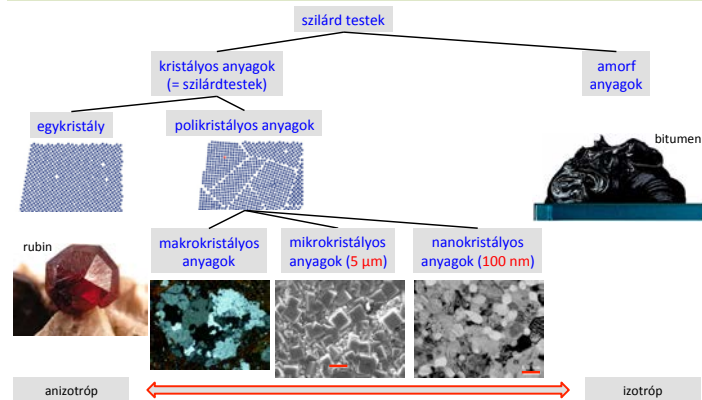


FAFA_HU

2 | Folyadékok, szilárd anyagok, folyadékkristályok

14

Szilárd testek és szilárdtestek



FAFA_HU

2 | Folyadékok, szilárd anyagok, folyadékkristályok

15

Természetes egykristályok



FAFA_HU

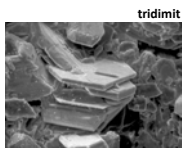
2 | Folyadékok, szilárd anyagok, folyadékkristályok

16

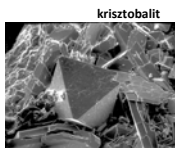
Polimorfizmus

polimorfizmus: azonos halmazállapot, eltérő szerkezet

SiO₂

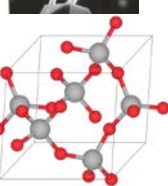
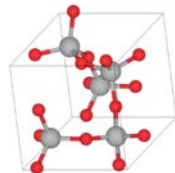
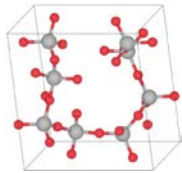


tridimit



kristobalit

kvarc



FAFA_HU

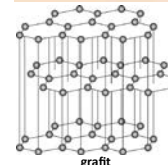
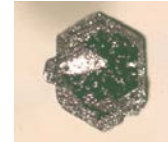
2 | Folyadékok, szilárd anyagok, folyadékkristályok

17

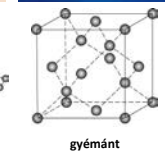
Allotrópia

allotrópia: elemek polimorfizmusa

szén (C)



FAFA_HU



gyémánt



ón (Sn) és ónpestis

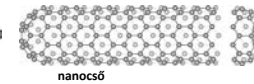
szürkeón
α-ón
(kúbos)

fehérón
β-ón
(oktaéderes)

13,2 °C



fullerén

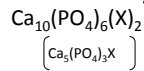


nanocső

2 | Folyadékok, szilárd anyagok, folyadékkristályok

18

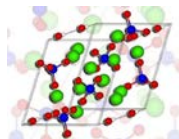
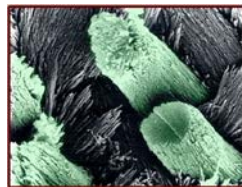
Apatit



OH : hidroxiapatit
F : fluorapatit

- Miért helyettesítheti fluoridion a hidroxidion az apatitkristályban?
- Mi ennek a fogorvosi jelentősége?

hexagonális ionkristály



dentin, csont: 20-60 nm x 6 nm nagyságú kristályok
fogzománc: 500-1000 nm x 30 nm nagyságú kristályok

FAFA_HU

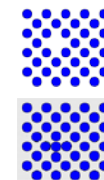
2 | Folyadékok, szilárd anyagok, folyadékkristályok

19

Rácshibák I.

ponthibák

- termikus
 - vakancia (Schottky-hiba)
 - interstícium



$$n_S = N \cdot e^{-\frac{\epsilon_s}{kT}}$$

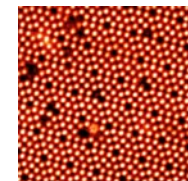
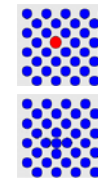
Frenkel-hiba (Frenkel-pár)

a Schottky-hibák száma

- idegen atom

szubsztitúciós
(rácsponiban)

intersticiális



I. ötvözetek!

FAFA_HU

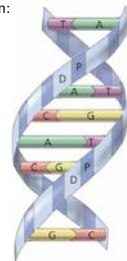
2 | Folyadékok, szilárd anyagok, folyadékkristályok

20

Rácshibák II.

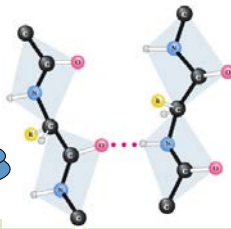
rácshibák keletkezése és mozgása:

termikus hibahelyek biológiai molekulákban:



$$n_S = N \cdot e^{-\frac{\epsilon_S}{kT}}$$

a felszakadt hidrogénhidak száma



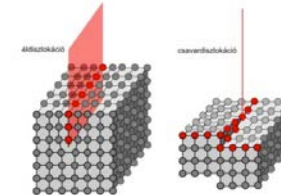
FAFA_HU

2 | Folyadékok, szilárd anyagok, folyadékkristályok

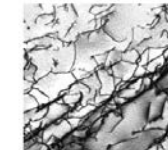
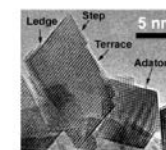
21

Rácshibák III.

- **diszlokációk**
 - éldiszlokáció
 - csavardiszlokáció



- **felületi hibák**



titanium ötvözet
diszlokációi

FAFA_HU

2 | Folyadékok, szilárd anyagok, folyadékkristályok

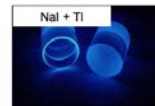
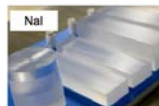
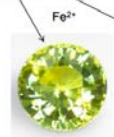
22

Rácshibák IV.

A hibák erősen befolyásolják a tulajdonságokat!

Al_2O_3

pl. optikai tulajdonságok



Röntgen sugárzás hatására világít!

→ I. szcintillációs kristályok röntgen és más sugárzások detektálására

FAFA_HU

2 | Folyadékok, szilárd anyagok, folyadékkristályok

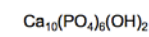
23

Rácshibák V.

pl. mechanikai tulajdonságok



pl. kémiai tulajdonságok



hidroxipatit

fluorapatit

Savakban kevésbé oldódik.

– Mi ennek kémiai magyarázata?

pl. elektromos tulajdonságok

→ I. szennyezett félvezetők

FAFA_HU

2 | Folyadékok, szilárd anyagok, folyadékkristályok

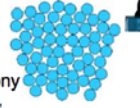
24

Amorf anyagok

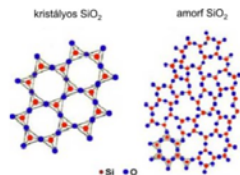
Amorf anyagok

= üveg, üvegszerű anyag

- rövid távú rend
- sok szerkezeti hiba
- nincs saját alak/folyékony de nagyon nagy viszkozitás, túlhűtött folyadék, ezért úgy tűnik, van saját alakjuk
- mechanikailag kemény
- izotrop



pl. üveg, műgyanta, viasz, bitumen,



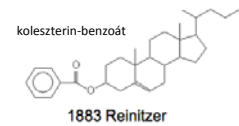
FAFA_HU

2 | Folyadékok, szilárd anyagok, folyadékkristályok

25

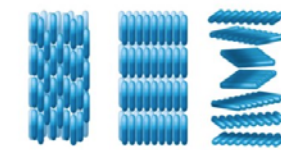
Folyadékkristályok I.

(FAFA-jegyzetben nem szerepel, helyette lásd: Damjanovich-Fidy-Szőllősi: Orvosi biofizika, I/3.4.2.)



- anizodimenziós molekulák
- mezofázis
- részben rendezett struktúra
- folyékony
- optikailag anizotróp
- szerkezete nagyon érzékeny a külső hatásokra

Termotróp folyadékkristály struktúrák:



nematikus szmektikus koleszterikus

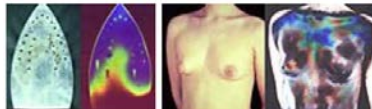
FAFA_HU

2 | Folyadékok, szilárd anyagok, folyadékkristályok

26

Folyadékkristályok II.

Kontakttermográfia (termooptikai effektus)



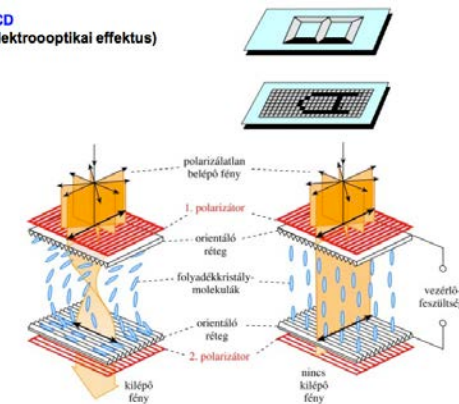
FAFA_DE

2 | Flüssigkeiten, feste Körper, Flüssigkristalle

27

Folyadékkristályok III.

LCD (elektrooptikai effektus)



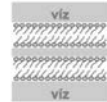
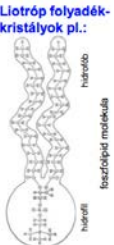
FAFA_DE

2 | Flüssigkeiten, feste Körper, Flüssigkristalle

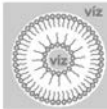
28

Folyadékkristályok IV.

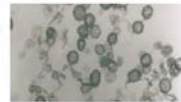
**Liotróp folyadék-
kristályok pl.:**



lamellári



liposzóma



Ellenőrző kérdések:

- Miért növekszik a gázok viszkozitása a hőmérséklet növekedésével, a folyadékoké pedig csökken?
- Egy folyadék kevergetünk. Kétszer gyorsabb keveréshez ötször nagyobb erőt kell kifejtenünk. Milyen típusú folyadékról van szó?
- Mi az apatit fogorvosi jelentősége?
- Mi a rács hibák gyakorlati jelentősége?
- A kristály hőmérséklete 0°C , benne a vakanciaképződés aktiválási energiája $0,65\text{ eV}$. B kristályban ezek az adatok: 273°C és $1,3\text{ eV}$. Hogyan viszonyul egymáshoz a vakanciák aránya a két kristályban?

Feladatok:
1. fejt.:
22, 23, 32, 34, 35

Következő
előadáshoz:
6., 7.
tankönyvi
fejezetek