



## Fogorvosi anyagtan fizikai alapjai

### 2.

#### Általános anyagszerkezeti ismeretek

Molekulák, folyadékok, szilárd anyagok, folyadékkristályok

Kiemelt témák:

- ❖ Viszkozitás
- ❖ Apatit
- ❖ Kristályhibák és jelentőségük
- ❖ Amorf anyagok
- ❖ Folyadékkristályok (A tankönyvben nem található téma!)

Tankönyv  
fejezetei:  
4, 5

Feladatok:

1. fej.:  
22, 23, 32, 34, 35

## Folyadékok

folyékony



Nincs saját alakja:

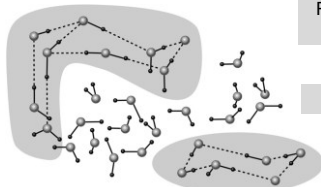
deformálás után „úgy marad”, nem ébrednek benne visszatérítő nyíróerők.

szilárd



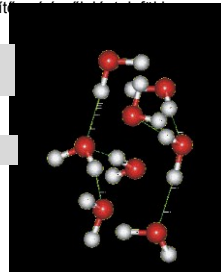
Van saját alakja:

deformálás után visszaalakul, mert visszatérítő nyíróerők.



Rövid távú, dinamikus rendezettség

izotrop



## Molekulák energiaállapotai

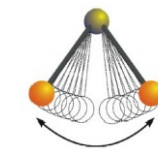
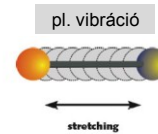
❖ (A tankönyvben nem található téma!)

$$E_{\text{molekula}} = E_{\text{elektron}} + E_{\text{vibráció}} + E_{\text{rotáció}}$$

$$\approx 1 \text{ eV}$$

$$\approx 0,1 \text{ eV}$$

$$\approx 0,01 \text{ eV}$$



Mindegyik energia kvantált!  $\Rightarrow$  diszkrét energianívók

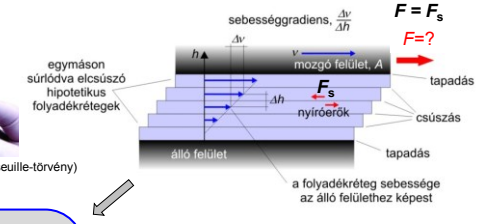


(A rotációs nívók nincsenek feltüntetve!)

## Viszkozitás ( $\eta$ ) $\left( \Leftrightarrow \text{Fluiditás, azaz folyósság } (1/\eta) \right)$



(l. később Hagen-Poiseuille-törvény)



### Newton-féle sűrűdési törvény:

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

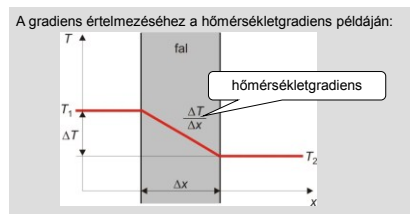
viszkozitás (belső sűrűdési együttható)  
[ $\eta$ ] = Pa · s

$$\sigma_{\text{nyíró}} = \eta \cdot g_v$$

$$\sigma_{\text{nyíró}} = \eta \cdot g_v$$

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

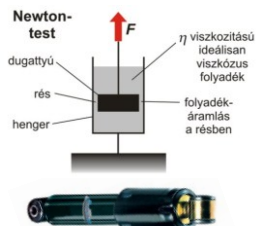
sebességgradiens



A viszkozitás mérése pl. rotációs viszkoziméterrel:

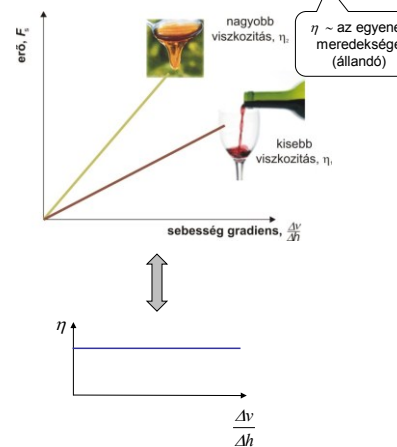


Viszkózus test modellje:



5

Newton-féle súrlódási törvény:  $F_s = \eta \cdot A \cdot \frac{\Delta v}{\Delta h}$

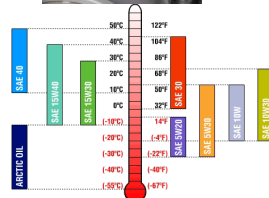
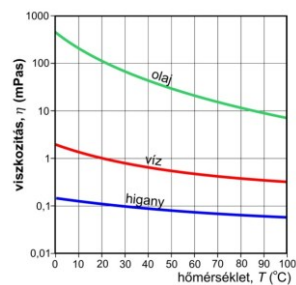


Néhány anyag viszkozitása:

anyag	η (mPas)
levegő	0,019 (20° C)
víz	1 (20° C)
műnyál (USA szabadalom)	2–10
glicerín	1500 (20° C)
metil metakrilát monomer	0,5 (25° C)
etilén glikol dimetakrilát monomer	3,4 (25° C)
cink foszfát	95 000 (25° C)
cinkoxid-eugenol	100 000 (37° C)
szilikon	60 000-1 200 000 (37° C)

6

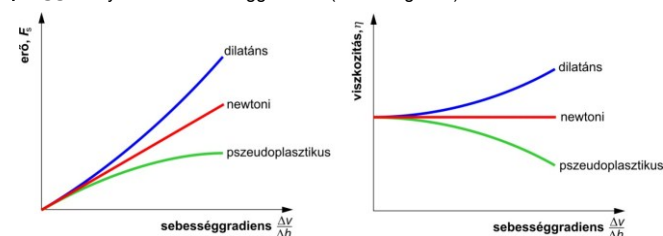
η függ: • anyagi minőség  
• hőmérséklet



(A gázok viszkozitása növekszik a hőmérsékletük növelésével. Miért?)

7

η függ: • nyíróerők/sebességgradiens (sebességesés)?



folyadékok

Normális (v. newtoni) folyadék

Anomális (v. nem-newtoni) folyadékok

pl. víz, olaj



pszeudoplasztikus

pl. nyál, vér, polikarboxilát cementek, elastomer lenyomatanyagok

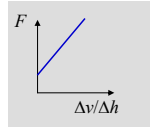
dilatáns

pl. műgyanta alapú kompozitok



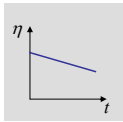
8

## Bingham-folyadékok:



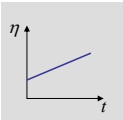
$\eta$  függ: • idő??

## Tixotrop folyadékok:



pl. egyes lenyomat anyagok

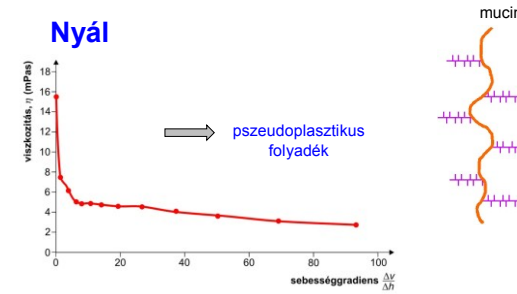
## Reopex folyadékok:



Nem összetévesztendő a pszeudoplasztikus, ill. dilatáns folyadékokkal!

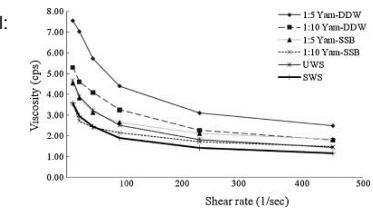
9

## Nyál



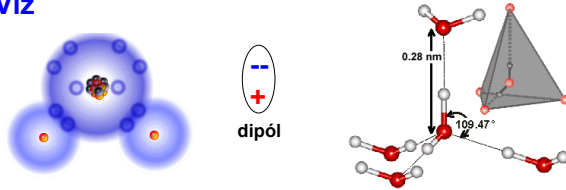
pszeudoplasztikus folyadék

## Műnyál:

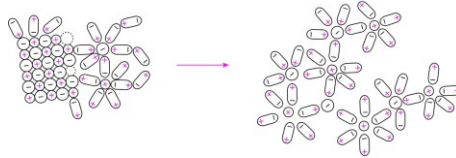


10

## Víz



- magas fajhő, olvadás- és párolgáshő
- nagy felületi feszültség
- jó oldószer



11

## Szilárd anyag

(kristály = szilárdtest)

kristályos

amorf

egyikristály

polikristályos

mikrokristályos

nanokristályos

anizotrop ↔ izotrop

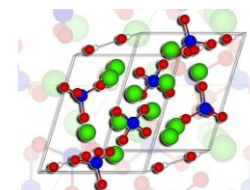
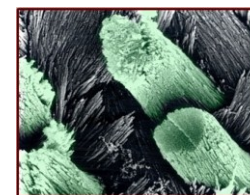
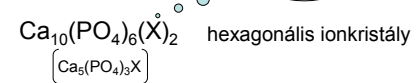
12



13

## Apatit

OH : hidroxiapatit  
F : fluorapatit



dentinben, csontban: 20-60 nm x 6 nm-es kristályok  
zománcban: 500-1000 nm x 30 nm-es kristályok

14

## Polimorfizmus

Például:

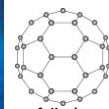
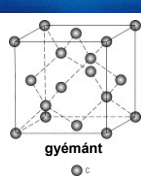
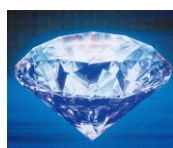
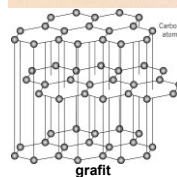
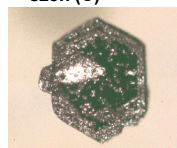
$\text{SiO}_2$

tridimit

krisztoballit

kvarc

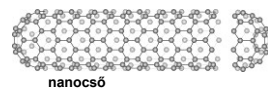
szén (C)



fullerén



ón (Sn)



nanocső

elemek polimorfizmusa  
= allotrópia

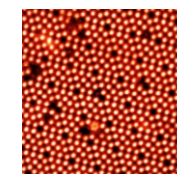
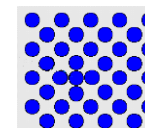
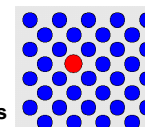
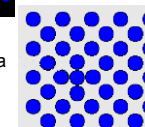
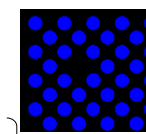
15

## Kristályhibák

### • pont hibák

- termikus
  - vakancia (Schottky-hiba)
  - interstícium
- idegen atom
  - szubsztitúció
  - intersticiális

(l. ötvözetek !!)



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

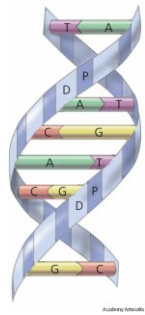
Schottky-  
hibák  
száma

16



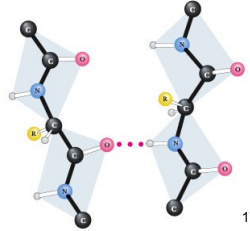
Ponthibák keletkezése, mozgása:

Termikus hibák biológiai makromolekulákban:



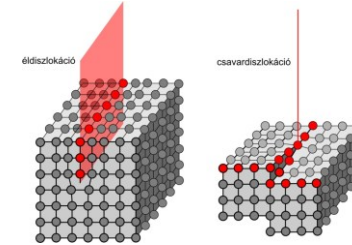
$$n_{S_o} = N \cdot e^{-\frac{\epsilon_s}{kT}}$$

felbomlott H-hidak száma

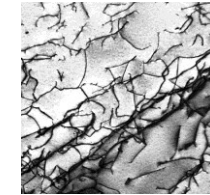
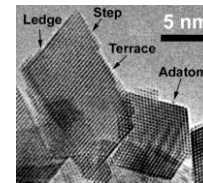


17

- diszlokációk
  - éldiszlokáció
  - csavardiszlokáció



- felületi hibák



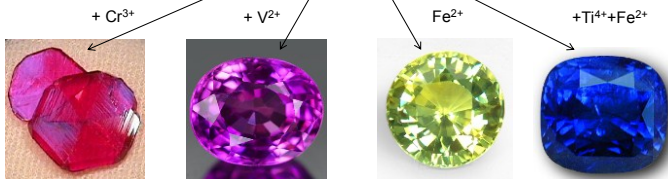
titanium ötvözet diszlokációi

18

A hibák erősen befolyásolják a tulajdonságokat!

$\text{Al}_2\text{O}_3$

pl. optikai tulajdonságok



pl. mechanikai tulajdonságok

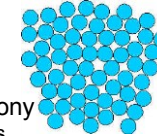


19

Amorf anyagok

= üveg, üvegszerű anyag

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

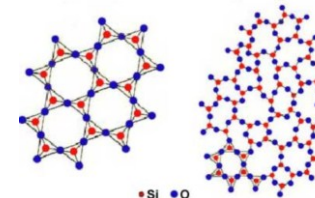


pl. üveg, műgyanta, viasz, bitumen, ...



kristályos  $\text{SiO}_2$

amorf  $\text{SiO}_2$

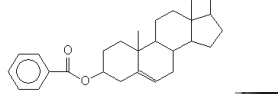


20

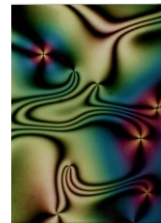
❖ (A tankönyvben nem található téma!)

## Folyadékkristályok

Cholesterinbenzoát

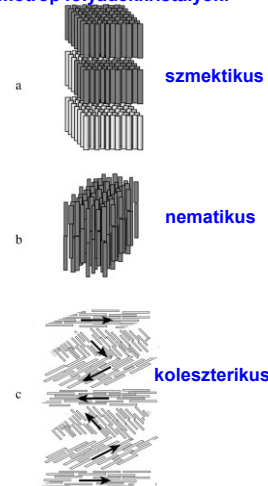


1883 Reinitzer



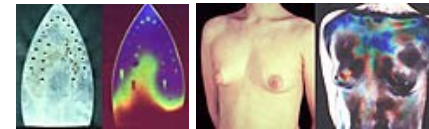
- anizodimenziós molekulák
- mezofázis
- részben rendezett struktúra
- folyékony
- optikailag anizotróp
- szerkezete nagyon érzékeny a külső hatásokra

### Termotróp folyadékkristályok:



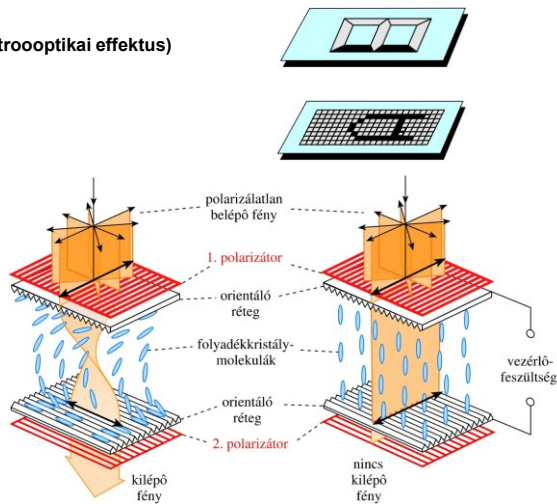
21

### Kontakttermográfia (termooptikai effektus)



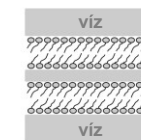
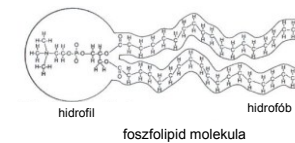
22

### LCD (elektrooptikai effektus)

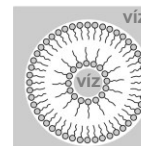


23

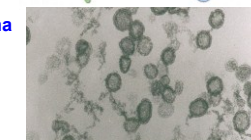
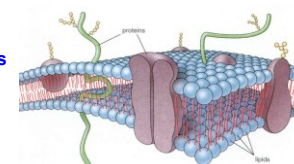
### Liotróp folyadék-kristályok pl.:



lamelláris



liposzóma



Tankönyv  
fejezetei:  
4, 5

24