



## Fogorvosi anyagtan fizikai alapjai

### 2.

Általános anyagszerkezeti ismeretek  
Folyadékok, szilárd anyagok, folyadékkristályok

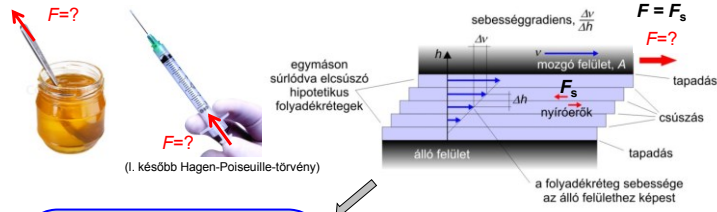
Kiemelt témák:

- ❖ 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

Viszkozitás ( $\eta$ )  $\leftrightarrow$  Fluiditás, azaz folyósság ( $1/\eta$ )



Newton-féle súrlódási törvény:

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

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

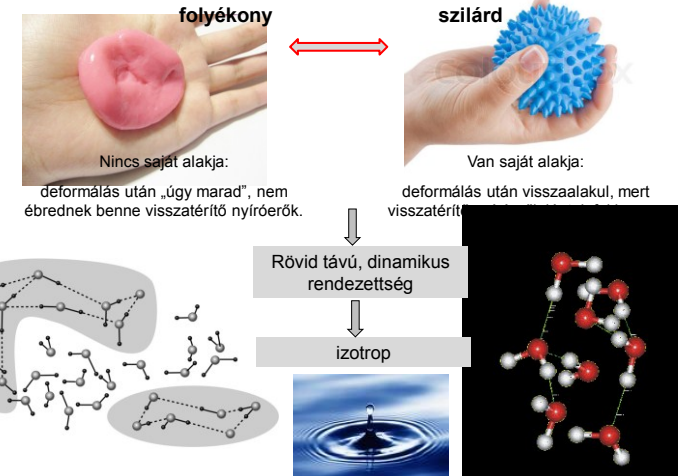
$$\sigma_{nyíró} = \frac{F_s}{A} = \eta \cdot \frac{\Delta v}{\Delta h} \cdot g_v$$

nyírófeszültség      sebséggradiens

$$\sigma_{nyíró} = \eta \cdot g_v$$

3

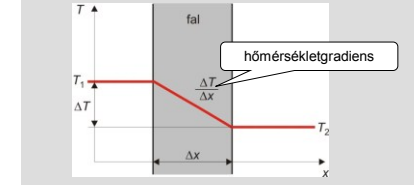
## Folyadékok



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

sebséggradiens

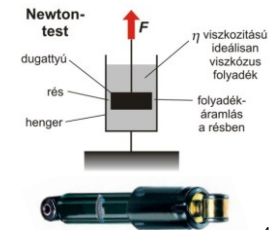
A gradiens értelmezéséhez a hőmérsékletgradiens példáján:



A viszkozitás mérése pl. rotációs viszkoziméterrel:

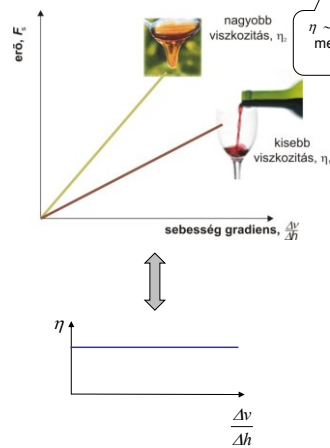


Viszkózus test modellje:



4

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



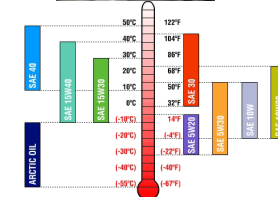
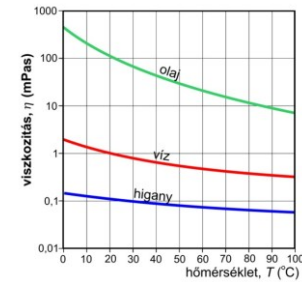
$\eta \sim$  az egyenes meredeksége (állandó)

#### Néhány anyag viszkozitása:

anyag	$\eta$ (mPas)
levegő	0,019 (20° C)
víz	1 (20° C)
műnyál (USA szabadalom)	2~10
glicerin	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)

5

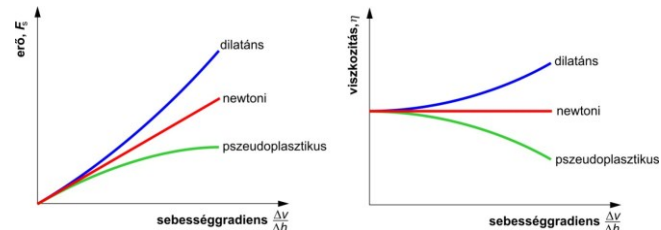
$\eta$  függ: • anyagi minőség  
• hőmérséklet



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

6

$\eta$  függ: • nyíróerők/sebességgradiens (sebességesés)??



#### folyadékok

Normális (v. newtoni) folyadék

pl. víz, olaj



Anomális (v. nem-newtoni) folyadékok

pseudoplasztikus

pl. nyál, vér, polikarboxilát cementek, elasztomer lenyomatanyagok

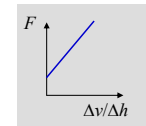
dilatáns

pl. műgyanta alapú kompozitok



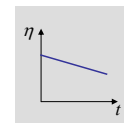
7

Bingham-folyadék:



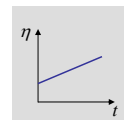
$\eta$  függ: • idő??

Tixotrop folyadékok:



pl. egyes lenyomat anyagok

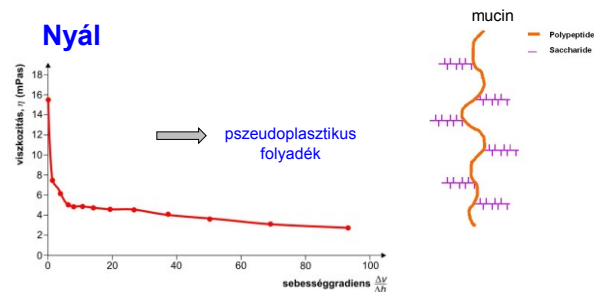
Reopex folyadékok:



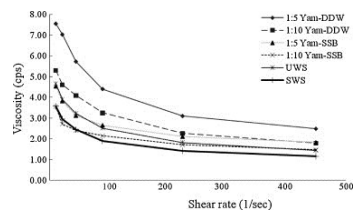
Nem összetévesztendő a pseudoplasztikus, ill. dilatáns folyadékokkal!

8

## Nyál

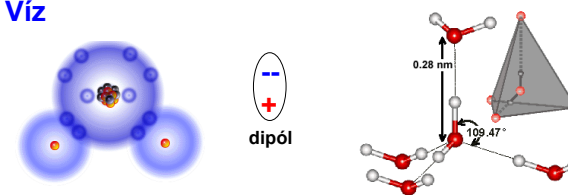


## Műnyál:

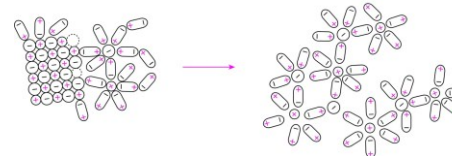


9

## Víz



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

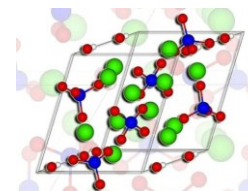
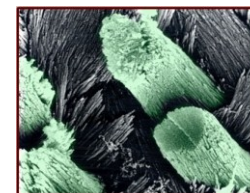
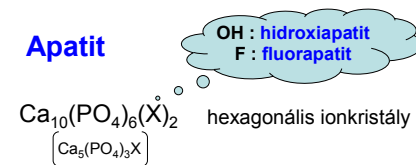


10



11

## Apatit

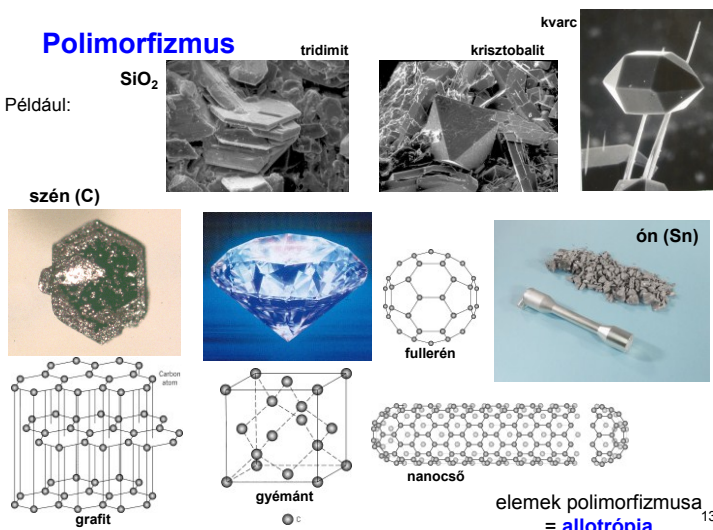


Dentinben, csontban: 20-60 nm x 6 nm-es kristályok  
Zománcban: 500-1000 nm x 30 nm-es kristályok

12

## Polimorfizmus

Például:



## Kristályhibák

### • pont hibák

#### • termikus

• vakancia (Schottky-hiba)

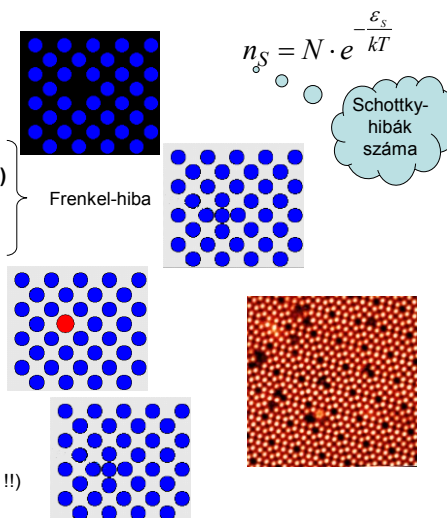
• interstícium

#### • idegen atom

• szubsztitúció

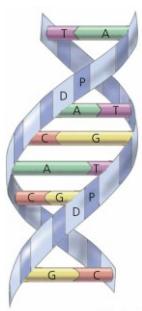
• intersticiális

(l. ötvözetek !!)



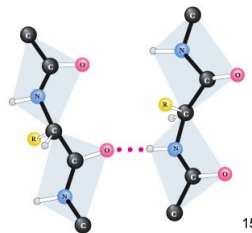
Ponthibák keletkezése, mozgása:

Termikus hibák biológiai makromolekulákban:



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

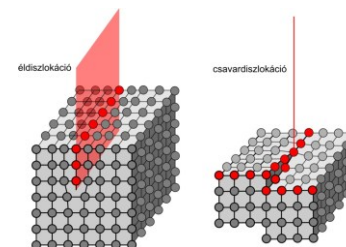
felbomlott H-hidak száma



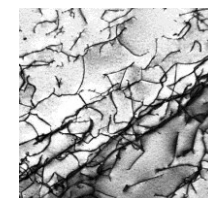
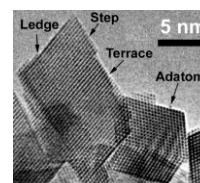
15

### • diszlokációk

- éldiszlokáció
- csavardiszlokáció



### • felületi hibák



titanium ötvözet  
diszlokációi

16



## A hibák erősen befolyásolják a tulajdonságokat!

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

pl. optikai tulajdonságok

+  $\text{Cr}^{3+}$

+  $\text{V}^{2+}$

$\text{Fe}^{2+}$

+  $\text{Ti}^{4+} + \text{Fe}^{2+}$

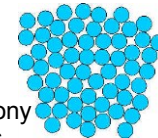
pl. mechanikai tulajdonságok

17

## Amorf anyagok

= üveg, üvegszerű anyag

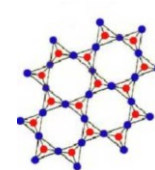
- rövid távú rend
- sok szerkezeti hiba
- nincs saját alak/folyékony de nagyon nagy viszkozitás, túlhűtött folyadék, ezért úgy tűnik, van saját alakjuk
- mechanikailag kemény
- izotrop



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

kristályos  $\text{SiO}_2$

amorf  $\text{SiO}_2$



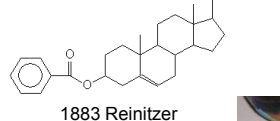
• Si • O

18

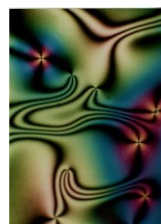
❖ (A tankönyvben nem található téma!)

## Folyadék-kristályok

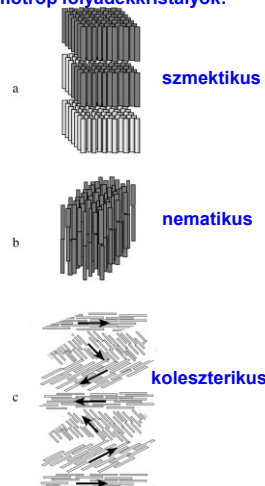
Cholesterinbenzoat



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

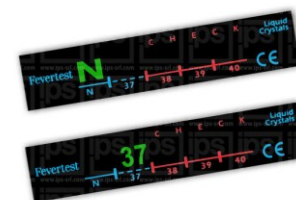
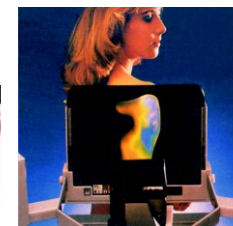


## Termotróp folyadék-kristályok:



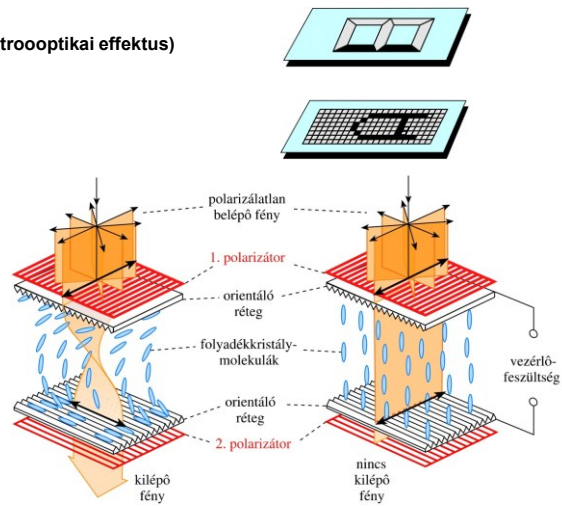
19

## Kontakttermográfia (termooptikai effektus)



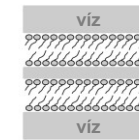
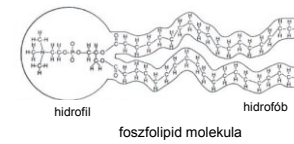
20

**LCD**  
(elektrooptikai effektus)

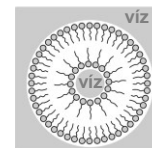


21

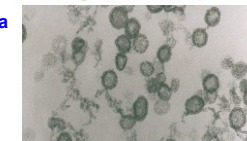
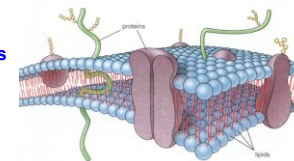
**Liotróp  
folyadék-  
kristályok  
pl.:**



lamelláris



liposóma



Következő  
előadáshoz:  
6., 7.  
tankönyvi  
fejezetek

22