



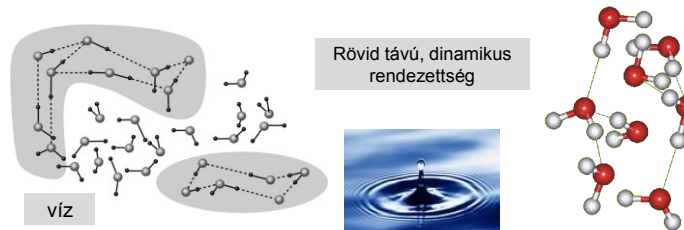
Fogorvosi anyagtan fizikai alapjai

2.

Általános anyagszerkezeti ismeretek
Folyadékok, szilárd anyagok, folyadékkristályok

1

Folyadékok



Viszkozitás (η) (fluiditás $\sim 1/\eta$)

Newton-féle súrlódási törvény:

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

viszkozitás (belső súrlódási együttható)

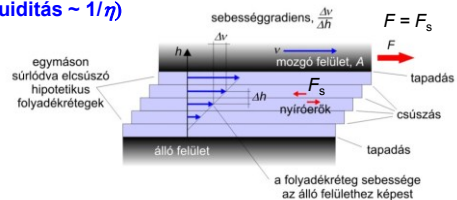
$$[\eta] = \text{Pa} \cdot \text{s}$$

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

nyirófeszültség

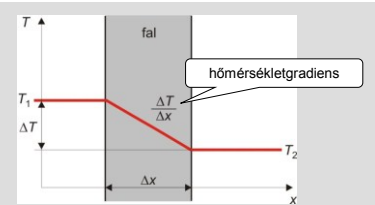
sebességgradiens

$$\sigma_{\text{nyiró}} = \eta g_v$$

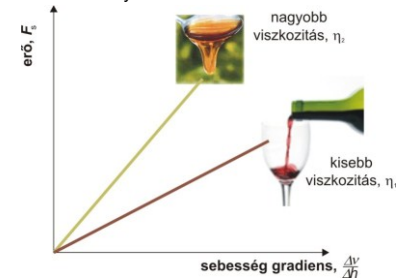


3

A gradiens értelmezéséhez:



Newton-féle súrlódási törvény:

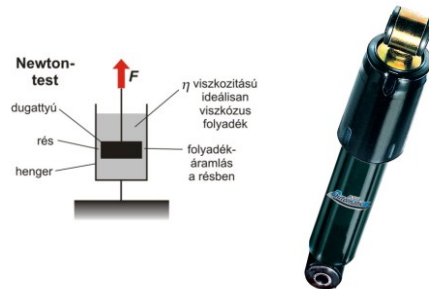


4

Alternatív viszkozitásmérési lehetőség:

$$F \rightarrow \text{syringe} \rightarrow V \quad \eta \sim \frac{F}{v} \quad \Rightarrow \text{I. később Hagen-Poiseuille-törvény}$$

Viszkózus test modellje:

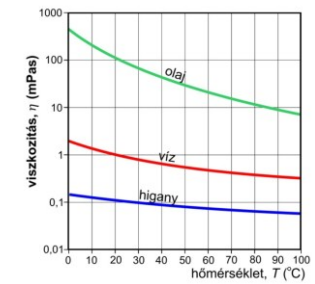


5

η függ: • anyagi minőség
• hőmérséklet

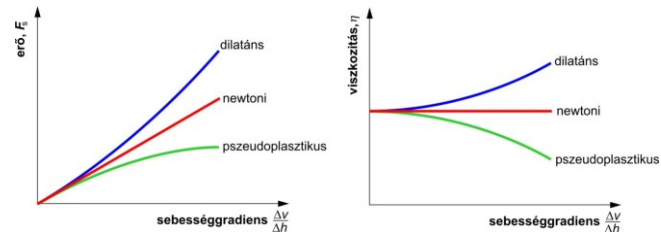
Néhány anyag viszkozitása:

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: • nyíróerők/sebességgradiens (sebességesés)??



folyadékok

Normális (v. newtoni) folyadék

pl. víz, olaj



Anomális (v. nem-newtoni) folyadékok

pszeudoplasztikus

pl. nyál, vér, polikarboxilát cementek, elasztomer lenyomatanyagok

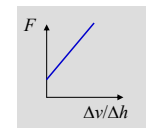
dilatáns

pl. műgyanta alapú kompozitok



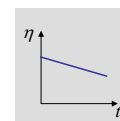
7

Bingham-folyadék:



η függ: • idő??

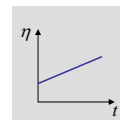
Tixotrop folyadékok:



pl. egyes lenyomat anyagok



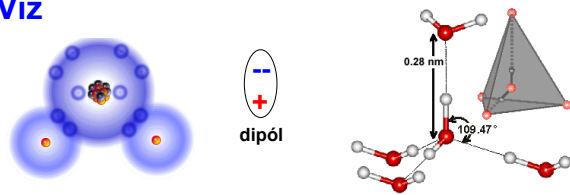
Reopex folyadékok:



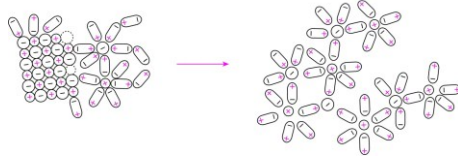
Nem összetévesztendő a pszeudoplasztikus, ill. dilatáns folyadékokkal!

8

Víz



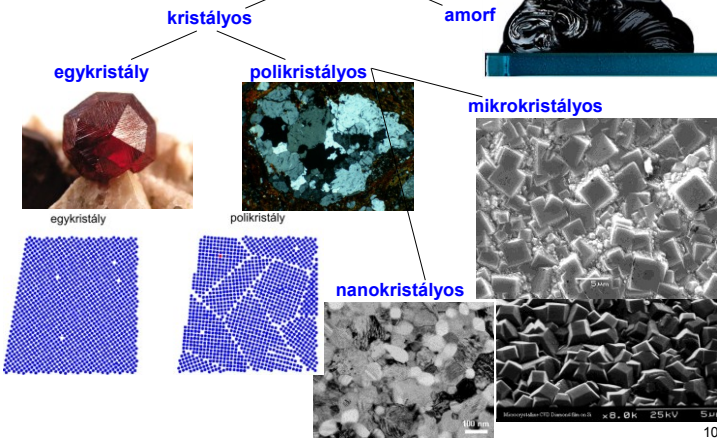
- magas fajhő, olvadás- és párolgáshő
- nagy felületi feszültség
- jó oldószer



9

Szilárd anyag

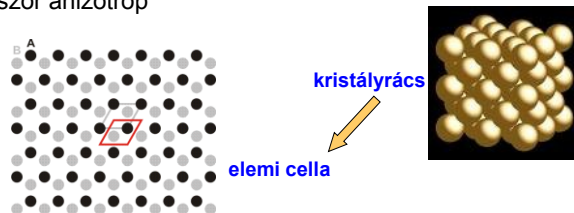
(kristály = szilárdtest)



10

Szilárdtestek (kristályok)

- saját térfogat, saját alak
- hosszú távú rend makroszkópikus méretű rendezett tartományok
- periodicitás, elemi cella, kristályrács
- csak kevés hiba
- alacsony mozgási szabadságfok
- sokszor anizotróp



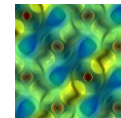
11

Kristálytípusok

- atomkristály



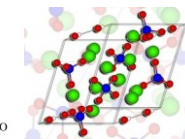
Si



- ionkristály

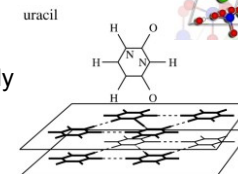


apatit



- fémkristály

- molekulakristály



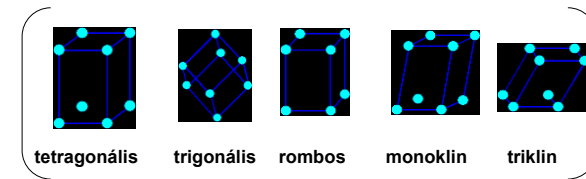
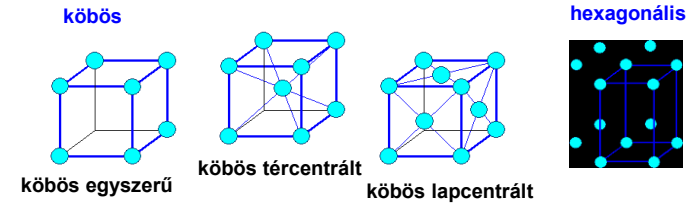
12

kötés	egység	kötési energia kJ/mol	merevség?	olvadáspont? keménység?	vezetés?
kovalens	atom	100-1000	merev	magas	-
ionos	+/- ionok	500-1500	merev	magas	-
fémes	+ ion; elektron	70-900	hengerelhető	magas	+
H-híd	molekula	≈20	merev	alacsony	-
v.d.Waals	molekula/ nemesgáz atom	≈2	lágú	nagyon alacsony	-



13

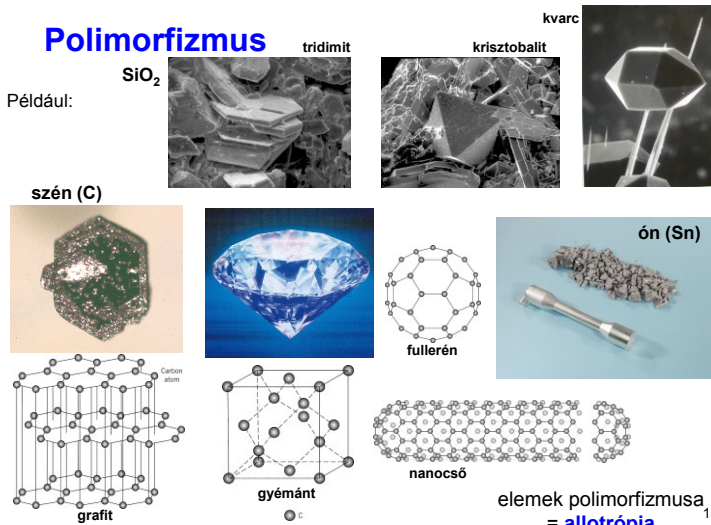
Kristályszerkezet típusok



14

Polimorfizmus

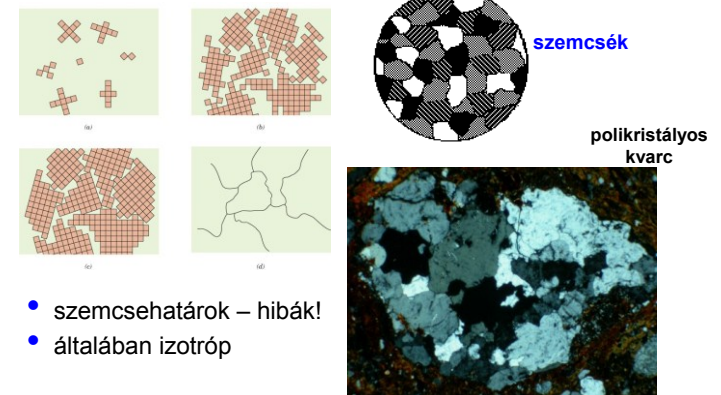
Például:



15

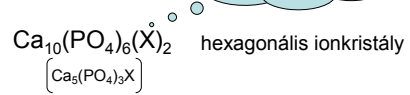
Polikristályos anyagok

- mikrokristályos
- nanokristályos

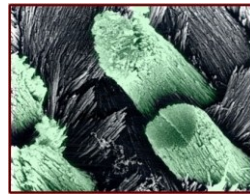
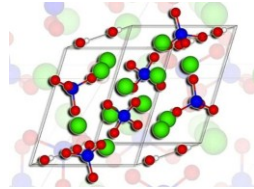


16

Apatit



OH : hidroxiapatit
 F : fluorapatit



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

17

Kristályhibák

• pont hibák

• termikus

• vakancia (Schottky-hiba)

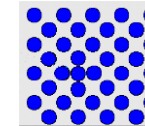
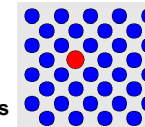
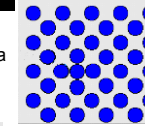
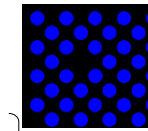
• interstícium

• idegen atom

• szubsztitúció

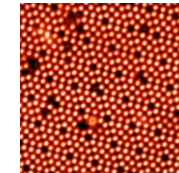
• intersticiális

(l. ötvözetek !!)



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

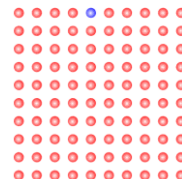
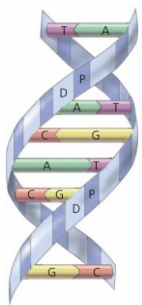
Schottky-hibák száma



18

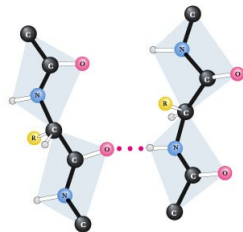
Ponthibák keletkezése, mozgása:

Termikus hibák biológiai makromolekulákban:



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

felbomlott H-hidak száma

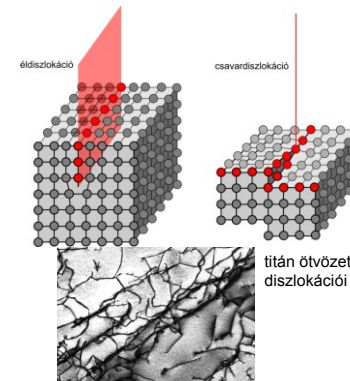
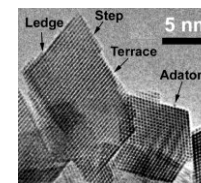


19

• diszlokációk

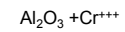
- éldiszlokáció
- csavardiszlokáció

• felületi hibák



títán ötvözet diszlokációi

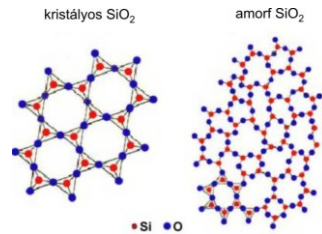
A hibák erősen befolyásolják a tulajdonságokat!



20

Amorf anyagok = üveg, üvegszerű anyag

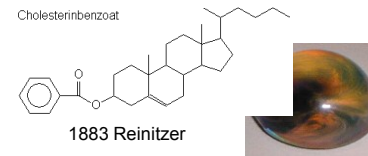
- rövid távú rend
- sok szerkezeti hiba
- nincs saját alak/folyékony de nagyon nagy viszkozitás, túlűtött folyadék
- mechanikailag kemény
- izotróp



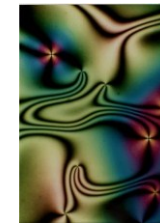
21

Folyadékkristályok

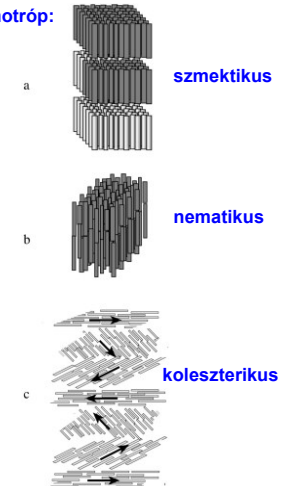
Cholesterinbenzoat



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



Termotróp:

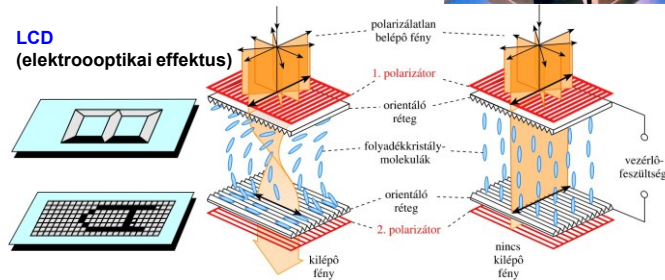


22

Kontakttermográfia (termooptikai effektus)

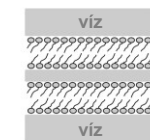
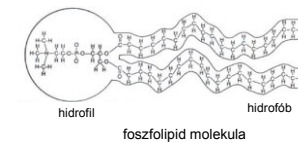


LCD (elektrooptikai effektus)

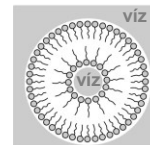


23

Liotróp:



lamelláris



liposzóma

