



## Fogorvosi anyagtan fizikai alapjai

### 5.

#### Általános anyagszerkezeti ismeretek

Anygcsaládok (fémek, kerámiák, polimerek, kompozitok)

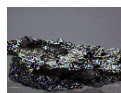
1

## Fogászati anyagok fajtái



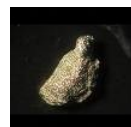
2

## Fémek



### Tulajdonságai:

- gyakori anyag; változatos tulajdonságúak
- viszonylag nagy sűrűség
- szobahőmérsékleten szilárd (kivéve Ga és Hg)
- viszonylag nagy szívósságúak és szilárdságúak
- viszonylag jól alakíthatók
- hajlamosak a korrózióra (kivéve a nemesfémek)
- ötvözással tulajdonságaik jól befolyásolhatók
- jó hő- és elektromos vezetőképesség
- fémes szín
- nagyrészt nem biokompatibilisek



amorf  
fémüveg!

### Szerkezete:

- fémes kötés
- színfémekben azonos méretű atomok
- kristályos (leggyakrabban hexagonális, vagy köbös)\*
- polikristályos\*\*

### Alkalmazási példák:

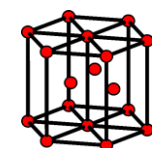
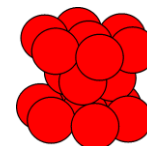
- koronák, hidak
- implantátumok
- tömés
- fogszabályozó készülékek

Előállítás: olvasztás, öntés

3

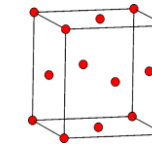
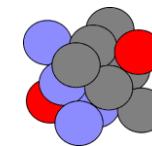
## \*Miért gyakori a hexagonális és köbös rács a fémeknél?

Egyforma gömbök illeszkedése!



szoros illeszkedésű  
hexagonális (hcp)

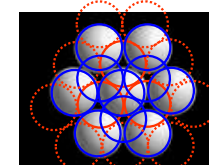
pl. Ti, Cd, Co, Zn, ...  
térkitöltési  
tényező: 74 %



szoros illeszkedésű köbös  
(lapcentrált köbös, fcc)

pl. Ag, Au, Pt, Al, Cu, Ni, ...

74 %



kevésbé szoros  
illeszkedés: pl.  
tércentrált köbös (bcc)

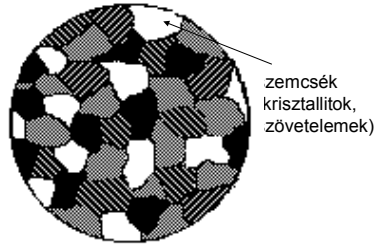
pl. Fe, Cr, ...

68 %

4

## \*\*Polikristályos szerkezet

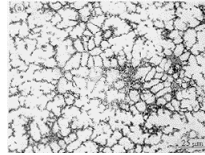
### Szövetszerkezet, mikrostruktúra:



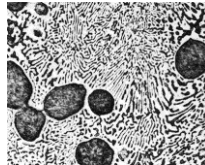
#### Szövetszerkezet vizsgálata:

- csiszolás durvabb/finomabb
- kémiai maratás
- mikroszkópi megfigyelés (fémmikroszkóp)

homogén szövetszerkezet



heterogén szövetszerkezet



5

## Fémötvözetek Cél: tulajdonságok javítása, pl.

- korrózióállóság javítása, pl. Fe, Ni, Co, ...+Cr
- nagyobb keménység, merevség elérése, pl. Au+Cu
- fém-kerámia adhézió növelése, pl. nemesfém+Fe, Sn, In

### Osztályozás:

- fém+fém, pl. Fe+Cr
- fém+nemfém, pl. Fe+C
- használat szerint (pl. inlay, korona, ...)
- alap elem szerint (arany alapú, palládium alapú, ...)
- komponensek száma (biner, terner, kvaterner,...) szerint
- 3 fő elem szerint (pl. Au-Pd-Ag, Ni-Cr-Be, ...)
  - szilárd oldat
  - eutektikus ötvözet
  - peritektikus ötvözet
  - fémvegyület



6

### Ötvözési arányok:

• tömeg%  $c_{m,1} = \frac{m_1}{m_1 + m_2} (\cdot 100\%)$

• mól%  $c_{v,1} = \frac{V_1}{V_1 + V_2} (\cdot 100\%) \rightarrow \text{tulajdonságok!}$   
(Pl. Ni-Cr-Mo-Be ötvözet: Be 1,8 súly%  $\leftrightarrow$  11 mól%)

Átszámoláshoz:

$$c_{v,1} = \frac{c_{m,1} \cdot M_2}{c_{m,1} \cdot M_2 + c_{m,2} \cdot M_1} (\cdot 100\%) \quad c_{m,1} = \frac{c_{v,1} \cdot M_1}{c_{v,1} \cdot M_1 + c_{v,2} \cdot M_2} (\cdot 100\%)$$

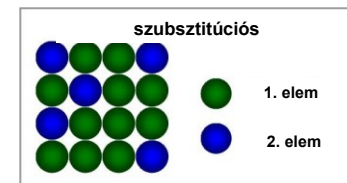
Átlagsűrűség:  $\bar{\rho} = \frac{\rho_1 \cdot \rho_2}{c_{m,1} \cdot \rho_2 + c_{m,2} \cdot \rho_1}$

7

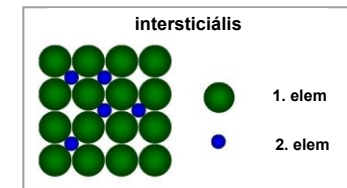
## Szilárd oldat (elegykristály)

Mind folyadék fázisban, mind szilárd fázisban jó oldódás  $\rightarrow$

homogén szövetszerkezet



pl. Cu-Ni, Pd-Ag, Au-Cu, ...



pl. Fe-C, CP Ti (O, C, N, H), ...

(CP: kereskedelmi tisztaságú)

8

### Oldhatóság feltételei szubsztitúciós szilárd oldatra:

- atomok mérete ne nagyon különbözzön (< 15%)
- azonos kristályrács típus
- hasonló elektronegativitás
- vegyérték azonos, vagy az „oldószer” vegyértéke nagyobb

fém	atom átmérő (nm)	rács típus	elektro-negativitás
Au	0,2882	fcc	2,4
Pt	0,2775	fcc	2,2
Pd	0,2750	fcc	2,2
Ag	0,2888	fcc	1,9
Cu	0,2556	fcc	1,9
Ni	0,25	fcc	1,8
Sn	0,3016	tetragonális	1,8

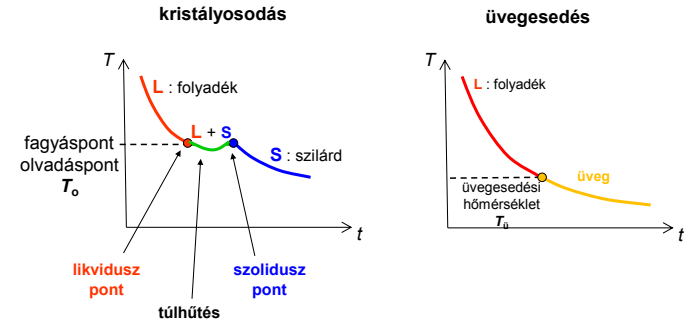
### Oldhatóság feltételei intersticiális szilárd oldatra:

- „oldott” atom mérete jóval kisebb
- „oldott” anyag mennyisége kicsi (< 10%)

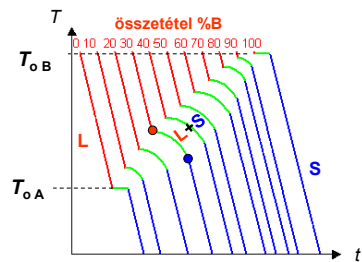
### Szilárd oldat tulajdonságai:

Rugalmassági határ, szilárdság, keménység nő,  
képlékenység csökken, pl. Au-Cu(5 tömeg%)

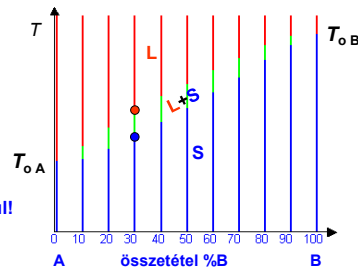
### Tiszta fémolvadék lehűlési görbéje



### Szilárd oldat lehűlési görbéje

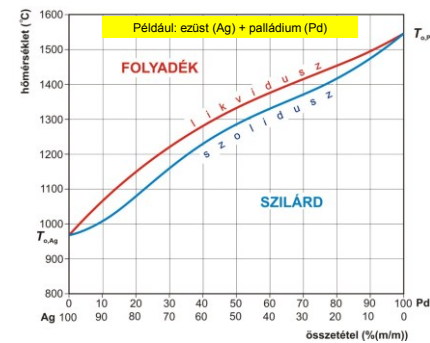
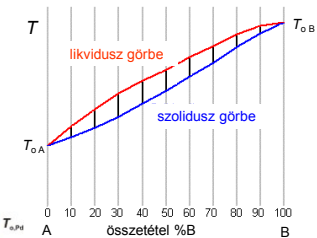


### fázisdiagramja



Egyensúlyi állapotokon keresztül!  
= végtelenül lassú hűtés

### Egyensúly!



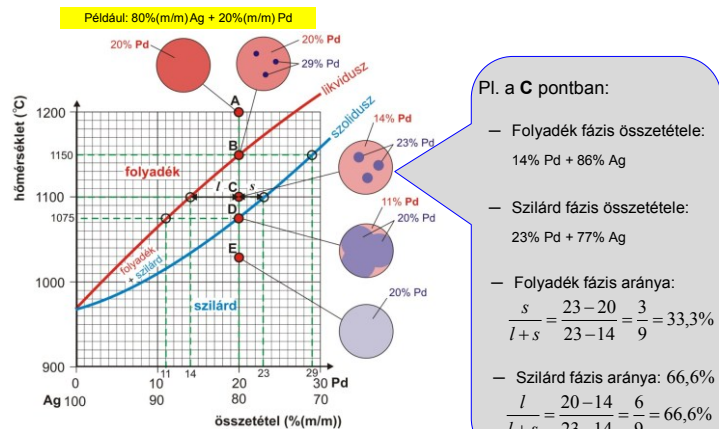
9

10

11

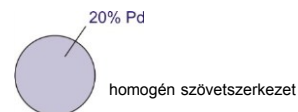
12

## Fázisok arányának, összetételének meghatározása



13

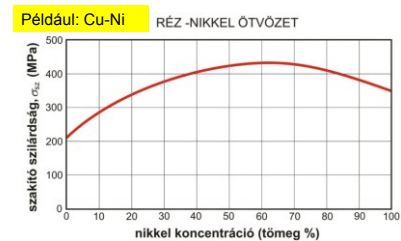
Egyensúlyi állapotokon keresztül = végtelenül lassú hűtés



**Nem egyensúlyi állapotokon keresztül  
= ésszerű sebességű hűtés**



### Ötvözés hatása a tulajdonságokra



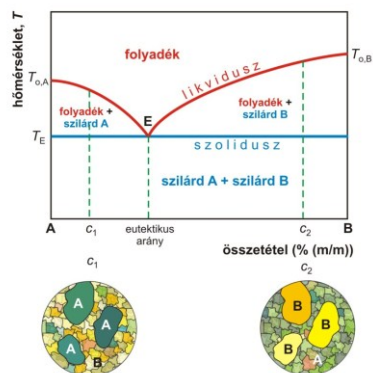
14

## Eutektikus ötvözetek

Szilárd fázisban teljes oldhatatlanság →

színfém krisztallitok →

heterogén szövetszerkezet



Például:

77% $\text{H}_2\text{O}$ +23% $\text{NaCl}$ :

$$T_E = -21^\circ\text{C}$$

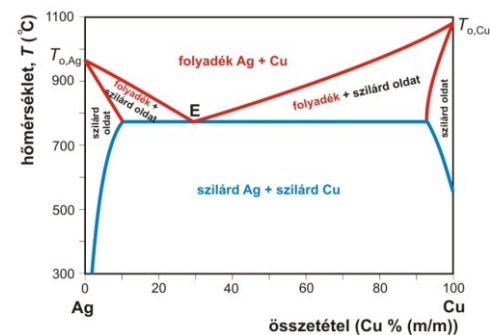
Wood-fém (Bi-Pb-Cd-Sn):

$$T_E = 68^\circ\text{C}$$

$>230^{\circ}\text{C}$

15

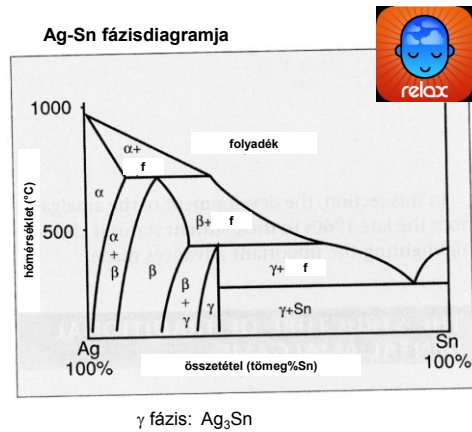
## Pl. Ag-Cu



16

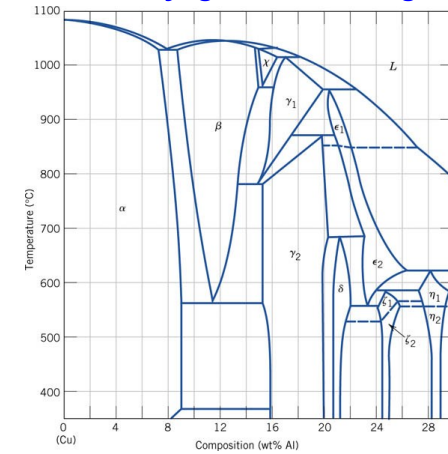
## Amalgám

tipikus összetétel	
fém	%(m/m)
Hg	50
Ag	34
Sn	13
Cu	2
Zn	1



17

Ilyen is van, de nyugi, nem kell megtanulni!

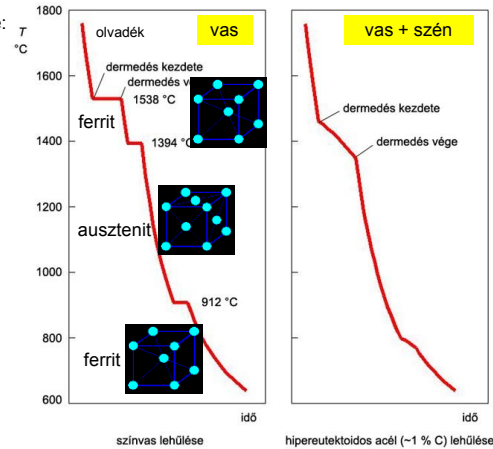


18

## Egy exotikus fázis – martenzit

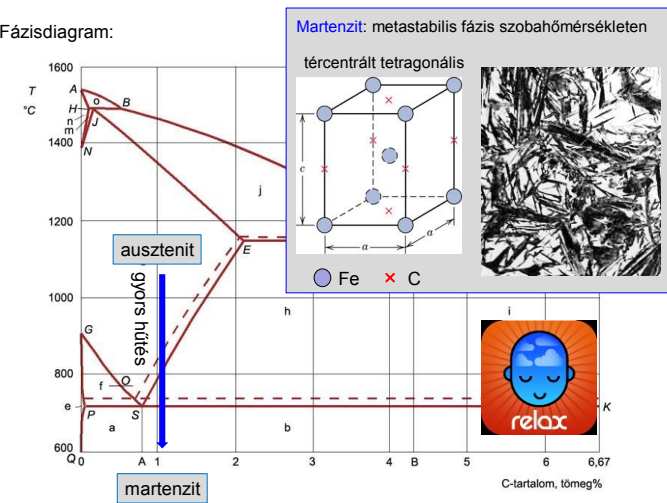
Példa: vas-szén ötvözet

Lehülési görbe:



19

Fázisdiagram:



20

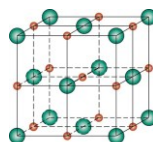
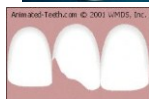


## Kerámiák

**Definíció: fém és nemfém elemek vegyülete** (vannak kivételek!)

**Tulajdonságai:**

- közepes sűrűség
- szobahőmérsékleten szilárd
- nagy merevség, keménység, de nem jól alakíthatók, törékenyek
- nagy hő- és korrózióállóság
- gyenge hőszigetelés
- rossz hő- és elektromos vezetőképesség
- változatos optikai tulajdonságok
- biokompatibilitás



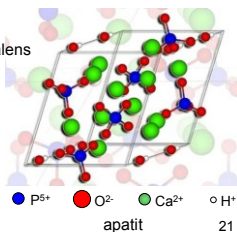
NaCl

**Szerkezete:**

- főként ionkötés, kisebb részben kovalens
- különböző méretű ionok (általában)
- kristályos v. amorf

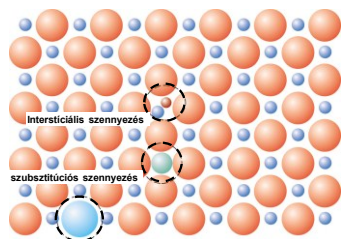
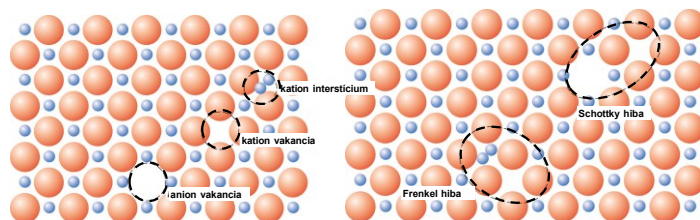
**Alkalmazási példák:**

- koronák, hidak
- gyökértstift
- cementek
- csiszolóanyagok



apatit 21

## Hibák:

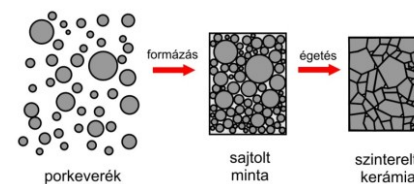


**Korlátozó feltételek:**

- elektroneutralitás
- együttes vándorlás

23

**Előállítás:** égetés, szinterelés



**porozítás!**



**Üvegkerámia:** Amorf üveg → kristály átalakulás magas hőmérsékleten

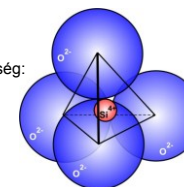
⇒ nagyon finom szemcsés polikristályos anyag

22

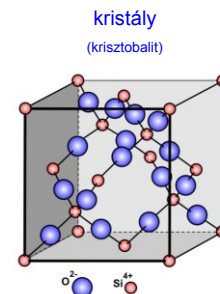
## Szilikátok

Meghatározó elemek: Si és O

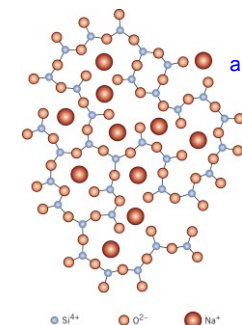
Építőegység:  
 $\text{SiO}_4^{4-}$



• Szilícium-dioxid ( $\text{SiO}_2$ )



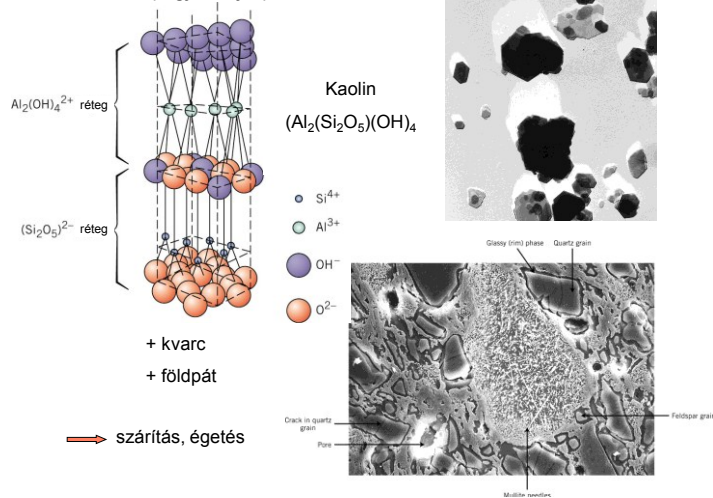
kristály  
(krisztobalit)



amorf/üveg

24

• **Porcelán** (hagyományos)



**Oxid kerámiák**

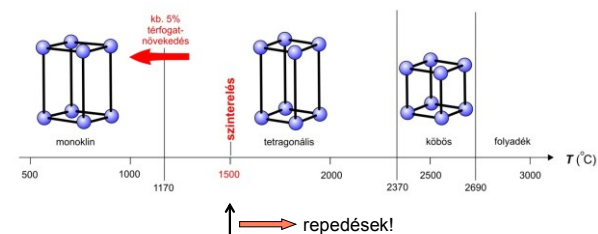
• **Cirkónium-dioxid ( $\text{ZrO}_2$ , cirkon)**

Tulajdonságok (tömörre szinterelt állapotban):

- fehér
- sűrűsége kb.  $6 \text{ g/cm}^3$
- nagy szilárdságú és nagy szívósságú, merev, kemény (l. később)

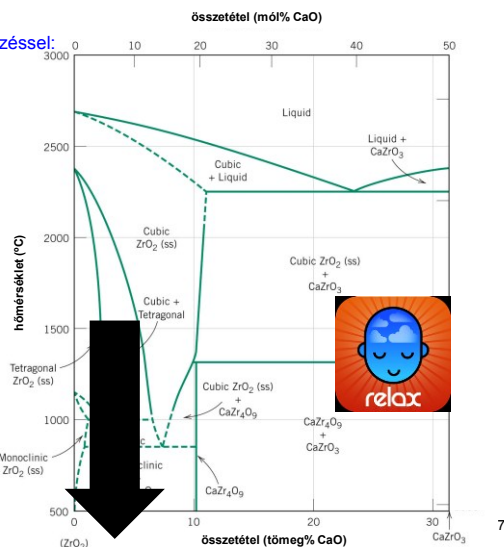
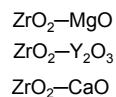
Előállítás:

- cirkonhomokból ( $\text{ZrSiO}_4$ )
- drága tisztítási eljárások, de hafniumoxid marad kb 1%-ban (radioaktivitás  $<1 \text{ Bq/g!}$ )
- hideg v. meleg sajtolás, szinterelés



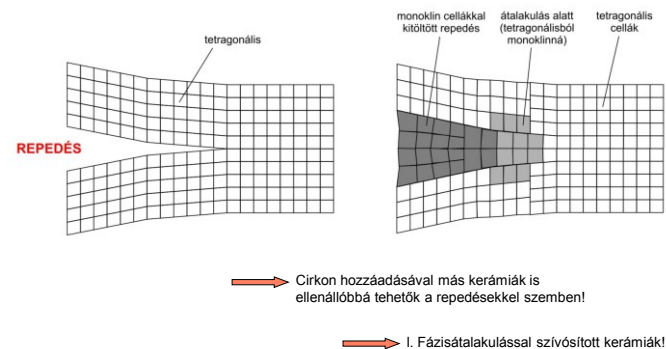
26

Cirkon stabilizálása ötvözéssel:



7

A cirkon „önjavító” képessége:



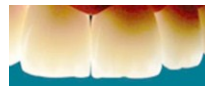
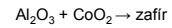
28

## • Alumínium-oxid (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

Tulajdonságok:

- színtelen, fehér
- olvadáspont 2700°C
- sűrűsége kb. 4 g/cm<sup>3</sup>
- nagyon kemény (l. később)

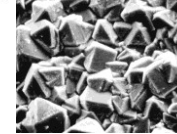
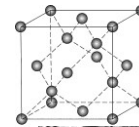
Kristályos formák: korund



29

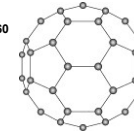
## Szén

gyémánt

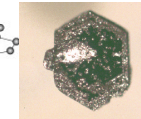
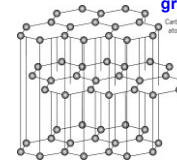


fullerének

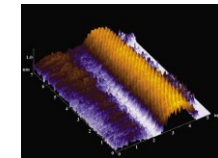
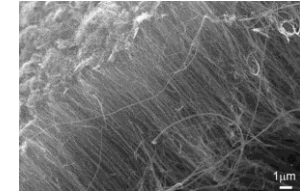
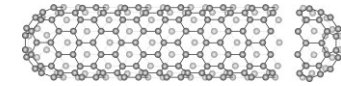
C<sub>60</sub>



grafit



nanocsövek



30

## Polimerek

Monomerekből felépülő hosszú, láncszerű makromolekula

Tulajdonságai:

- kis sűrűség
- szobahőmérsékleten folyékony, szilárd
- kis/közepes merevség, keménység, de jó alakíthatóság
- viszkoelasztikus
- viszonylag gyenge hőállóság és korrózióállóság
- rossz hő- és elektromos vezetőképesség
- változatos optikai tulajdonságok

Szerkezete:

- láncban belül kovalens, láncok között másodlagos, ritkábban kovalens kötések
- szemikristályos v. amorf

Alkalmazási példák:

- műfogor
- tömés
- lenyomatanyagok



Előállítás:

- ❖ addíció
- ❖ kondenzáció

31

## Monomer

polimer elnevezése	monomer szerkezete	ipari alkalmazás	fogászati alkalmazás
polietilén (PE)	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\   &   \\ -\text{C} & - & \text{C}- \\   &   \\ \text{H} & \text{H} \end{array}$		
polivinilklorid (PVC)	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\   &   \\ -\text{C} & - & \text{C}- \\   &   \\ \text{H} & \text{Cl} \end{array}$		
politetrafluoretilén (PTFE, teflon)	$\begin{array}{c} \text{F} & \text{F} \\   &   \\ -\text{C} & - & \text{C}- \\   &   \\ \text{F} & \text{F} \end{array}$		
polimetilmetakrilát (PMMA, plexi)	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{CH}_3 \\   &   \\ -\text{C} & - & \text{C}- \\   &   \\ \text{H} & \text{C}=\text{O}-\text{CH}_3 \end{array}$		

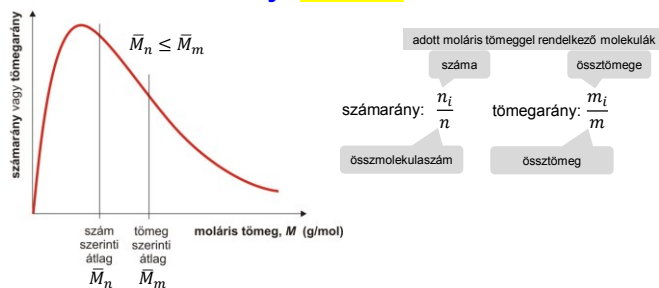
- **homopolimer:** egyfajta monomer
- **heteropolimer (kopolimer):** két-, vagy többféle monomer

32



## Polimer készítmény

Statisztika!



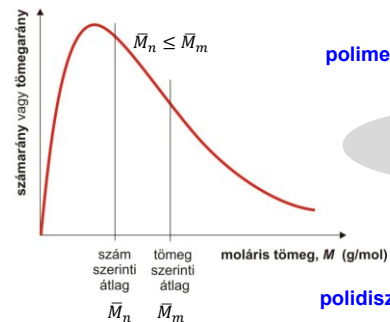
Szám szerinti átlagos moláris tömeg ( $\bar{M}_n$ ):

$$\bar{M}_n = \frac{n_1 M_1 + n_2 M_2 + \dots + n_i M_i + \dots + n_k M_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_i + \dots + n_k} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i M_i}{\sum_{i=1}^k n_i}$$

Tömeg szerinti átlagos moláris tömeg ( $\bar{M}_m$ ):

$$\bar{M}_m = \frac{m_1 M_1 + m_2 M_2 + \dots + m_i M_i + \dots + m_k M_k}{m_1 + m_2 + \dots + m_i + \dots + m_k} = \frac{\sum_{i=1}^k m_i M_i}{\sum_{i=1}^k m_i}$$

33



polimerizáció foka:  $\frac{\bar{M}_n}{M_{\text{monomer}}}$

polimerizáció foka:  $\frac{\bar{M}_m}{\bar{M}_n}$

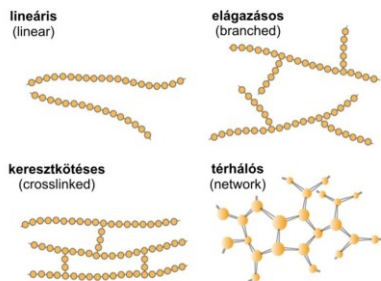
polimerizáció foka:  $\frac{\bar{M}_m}{\bar{M}_n}$

polimerizáció foka:  $\frac{\bar{M}_m}{\bar{M}_n}$

= 1: monodiszperz  
1 < : polidiszperz

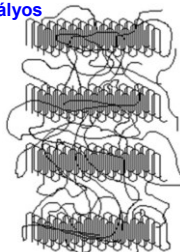
34

## Polimerek szerkezete



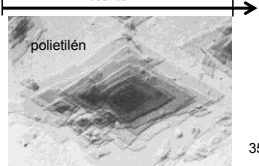
- termoplasztok
- duroplasztok
- elasztomerek

szemikristályos



Kristályossági fok (x):

$$x = \frac{m_{\text{kristály}}}{m_{\text{összes}}} \cdot 100\%$$



35

## Kompozitok

Több, kémiaiilag általában különböző, határozott határfelülettel rendelkező fázisból álló anyag

Tulajdonságai:

- kis sűrűség
- szobahőmérsékleten szilárd
- az egyes fázisok előnyös tulajdonságait kombinálja
- nagy szilárdság, ugyanakkor rugalmasság, nagy szívósság
- változatos optikai tulajdonságok



Alkalmazási példák:

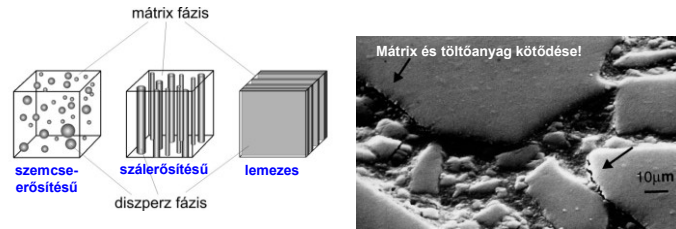
- tömés
- fogorvosi eszközök



36

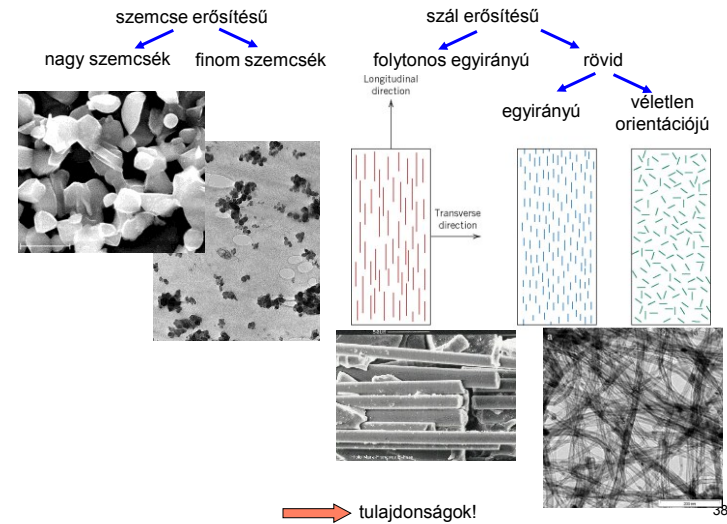
## Kompozitok szerkezete

**Kétfázisú kompozit:** folytonos fázis/mátrix (polimer, fém, kerámia) +  
diszperz fázis/adalék/töltőanyag (kerámia, fém, ...)



**Hibrid kompozitok:** több diszperz komponens

37

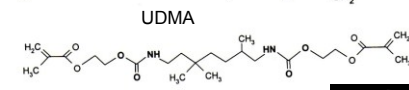
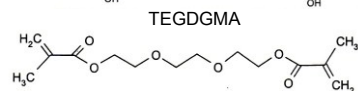
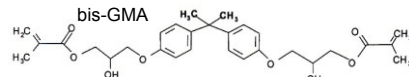


38

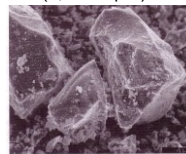
## Fogászati kompozitok

**mátrix:** polimer (dimetakrilát)

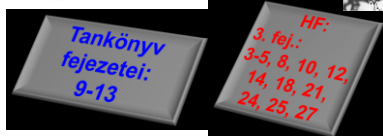
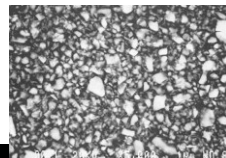
**töltőanyag:** üveg, kerámia kristály (pl. kvarc), polimer, + pigment, + UV abszorbens, ...



durva szemcsés  
(0,1-100 µm)



mikroszemcsés  
(≈ 40 nm)



39