

# Fogorvosi Anyagtan Fizikai Alapjai

4. előadás  
Szerkezetvizsgálati módszerek  
2015. október 1.  
Agócs Gergely

Tankönyv fejezetei:  
8

HF:  
2. fejj.: 1-7, 10, 12

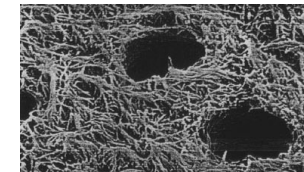
1

## Mi a szerkezet?

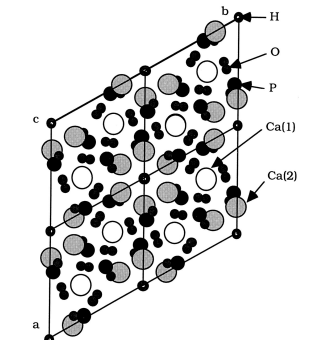
Egy összetett rendszer elemeinek **elhelyezkedése** és a köztük lévő **kapcsolat**.



Nagyírló vázlatos anatómiája



Dentin finomszerkezete

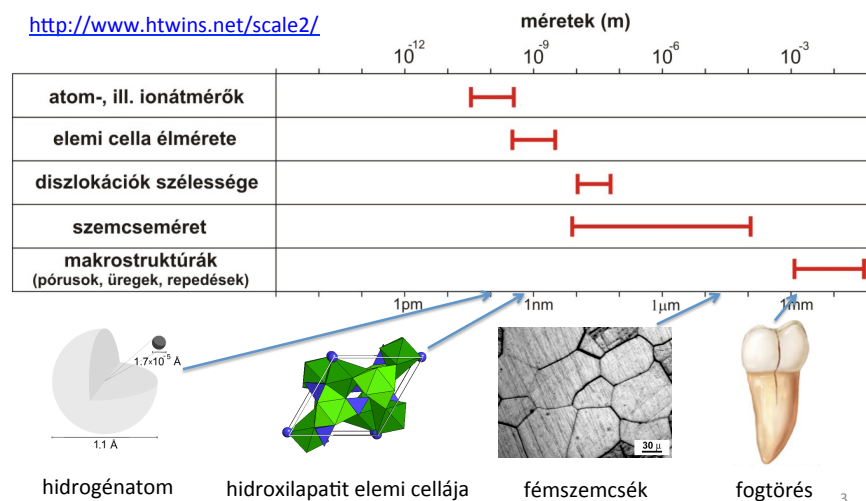


Hidroxilapatitkristály szerkezete

2

## A szerkezetvizsgálatok mérettartománya

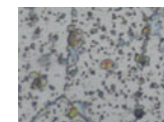
<http://www.htwins.net/scale2/>



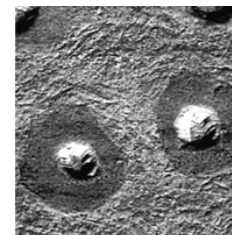
3

## Mi a képalkotás lényege?

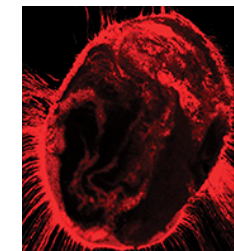
Az egyes képpontokhoz intenzitásértékeket rendelünk a tárgypontok  
valamely tulajdonsága alapján.



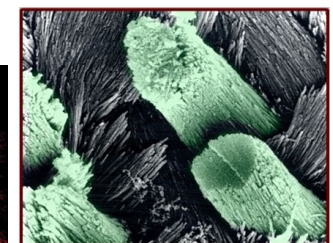
fém szemcseszerkezete  
fémmikroszkópban



dentincsatornák  
atomerőmikroszkópban



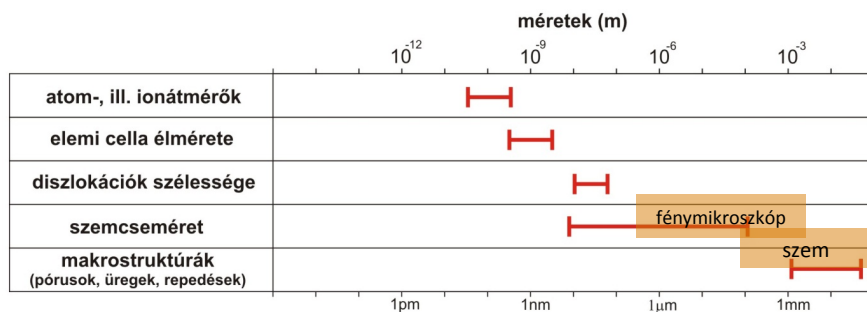
guttapercha gyökértömés  
konfokális mikroszkópban



fogzománc apatitkristallitjai  
elektronmikroszkópban

4

## Szerkezeti elemek méretei



• **szem** feloldási határ: kb. 1 ívperc  $\Rightarrow$  25 cm távolságból mekkora a felbontási határ?

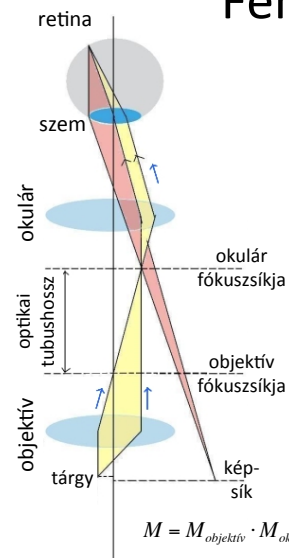
• **fénymikroszkóp** feloldási határ:  $\approx 200$  nm  
(I. Biofizika előadás és gyakorlat)

$$d = 0,61 \cdot \frac{\lambda}{n \cdot \sin \omega} \approx \lambda$$

$$n \cdot \sin \omega \approx 1$$

5

## Fénymikroszkóp



$$M = M_{\text{objektív}} \cdot M_{\text{okulár}} = - \frac{a \cdot d}{f_{\text{objektív}} \cdot f_{\text{okulár}}}$$



Egyszerű fénymikroszkóp

6

## Fénymikroszkóp

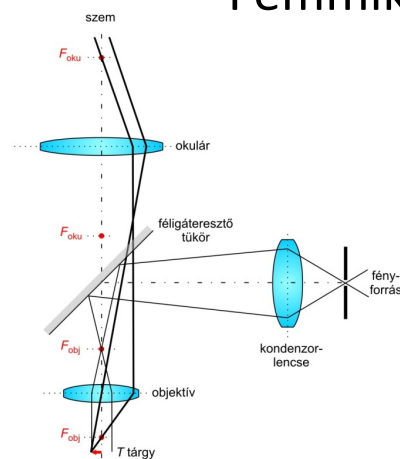
Fejlesztési lehetőségek:

kontraszt javítása      felbontás javítása



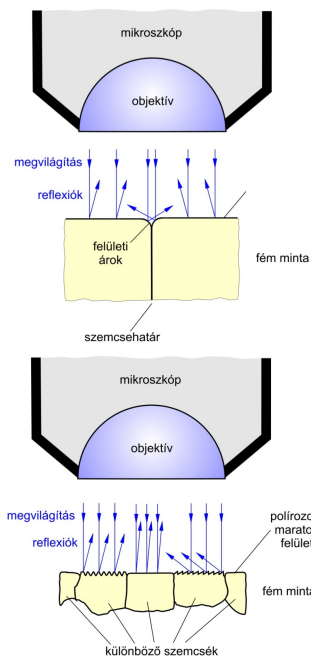
7

## Fém-mikroszkóp



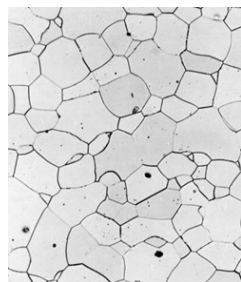
Álló fém-mikroszkóp

8



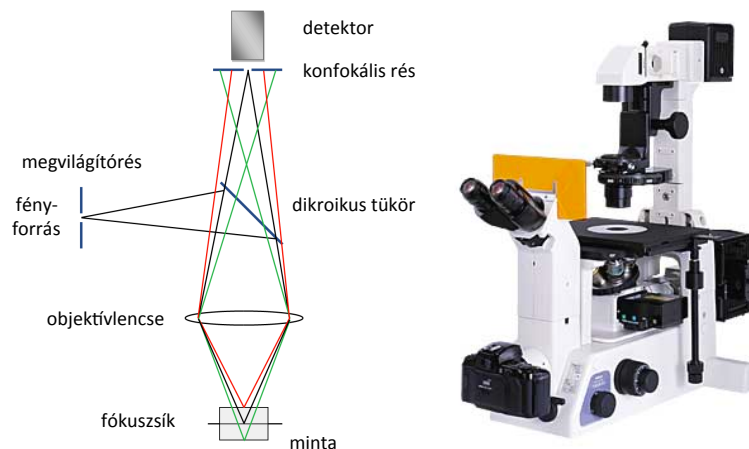
### Előkészítés:

- mintavétel (próbatest vagy replika)
- csiszolás (nedves) és polírozás
- maratás



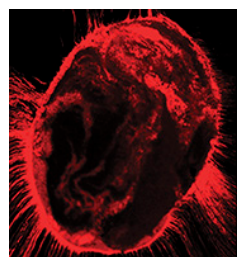
9

## Konfokális mikroszkóp

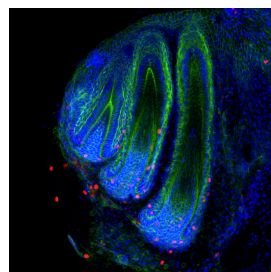


10

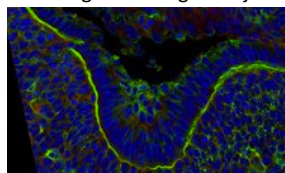
## Konfokális mikroszkóp



guttapercha gyökértömés



kígyó funkcionális és két "tartalék" foga



fogsíra invaginációja

11

## Elektronmikroszkóp

**Alapja:** elektronnyaláb mint anyaghullám

elméleti hipotézis –  
de Broglie-hullámhossz  
(1923):

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

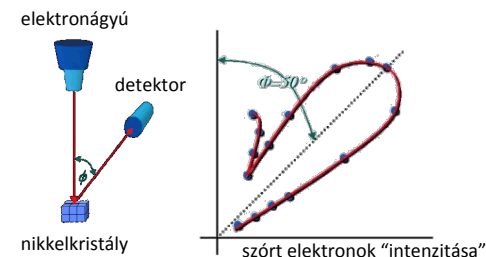
Planck-állandó  
( $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{J/s}$ )

az elektron  
lendülete



Louis de  
Broglie  
(1892-1987)  
fizikus

kísérleti bizonyíték – elektrondiffrakció  
(1927):



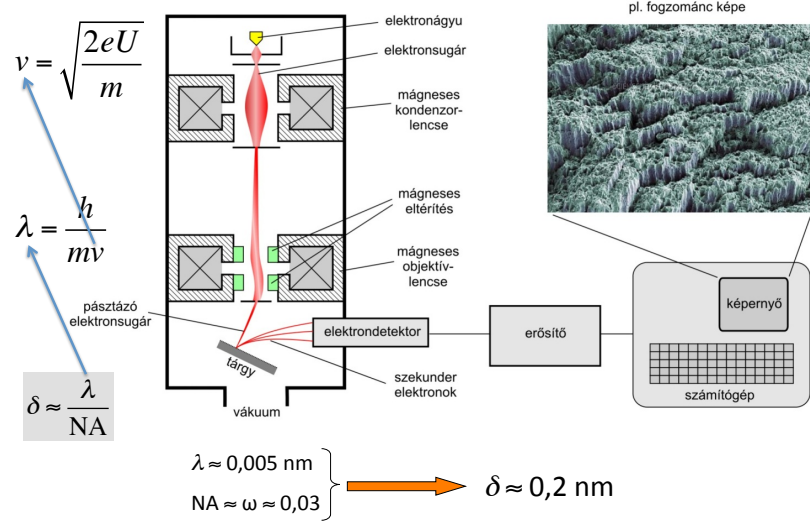
Clinton  
Davisson  
(1881-1958)  
Lester Germer  
(1896-1971)  
fizikusok

12

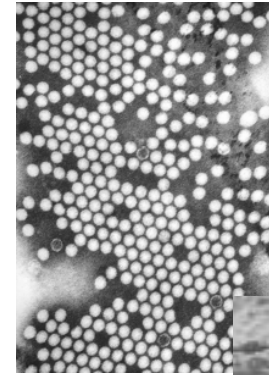


**Transzmissziós elektronmikroszkóp** (transmission electron microscope – **TEM**)

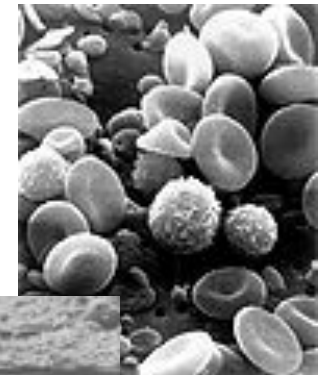
**Pásztázó elektronmikroszkóp** (scanning electron microscope – **SEM**)



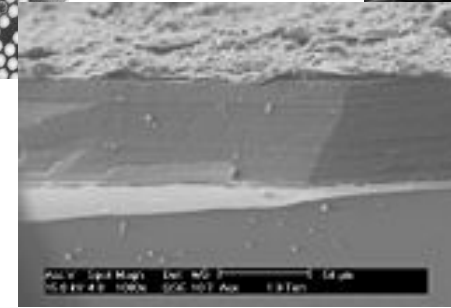
13



gyermekbénulás vírusok (TEM)

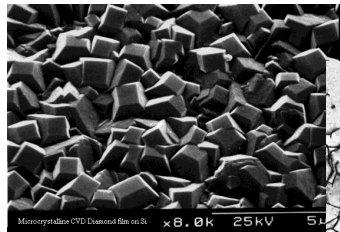


emberi vér (SEM)

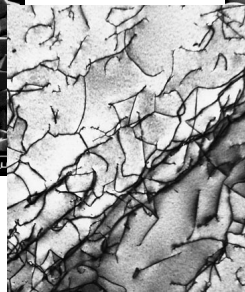


ókori üvegdarabon korróziós réteg (SEM)

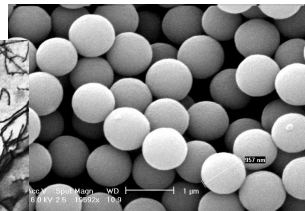
14



gyémánt mikrokristályok (SEM)



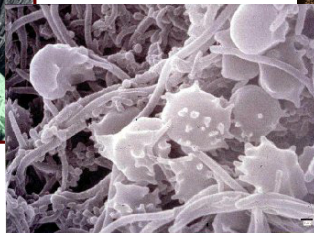
diszlokációk titánban (SEM)



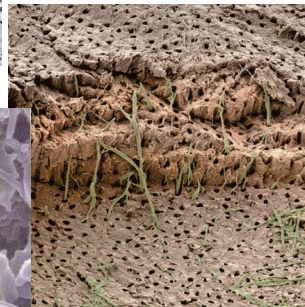
TiO gömböcskék (SEM)



apatit kristallitok zománcban (SEM)

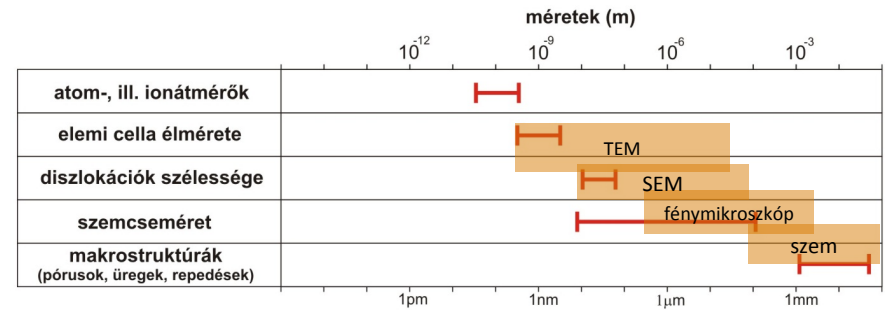


fog felszíni plakk (SEM)



dentin tubulusok odontoblaszt nyúlványokkal (SEM)

15



16

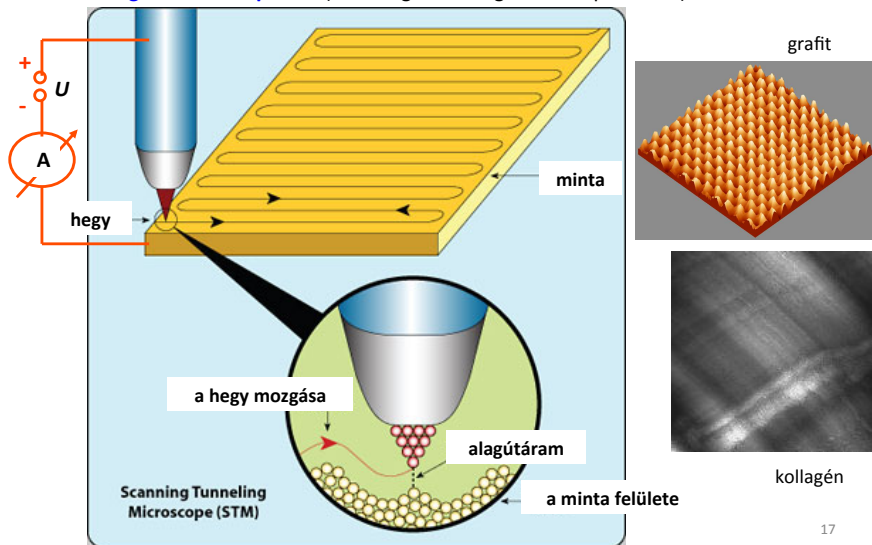


(scanning probe microscopes – SPM)

# Pásztázó tűszondás mikroszkópok

Pásztázó alagútmikroszkóp

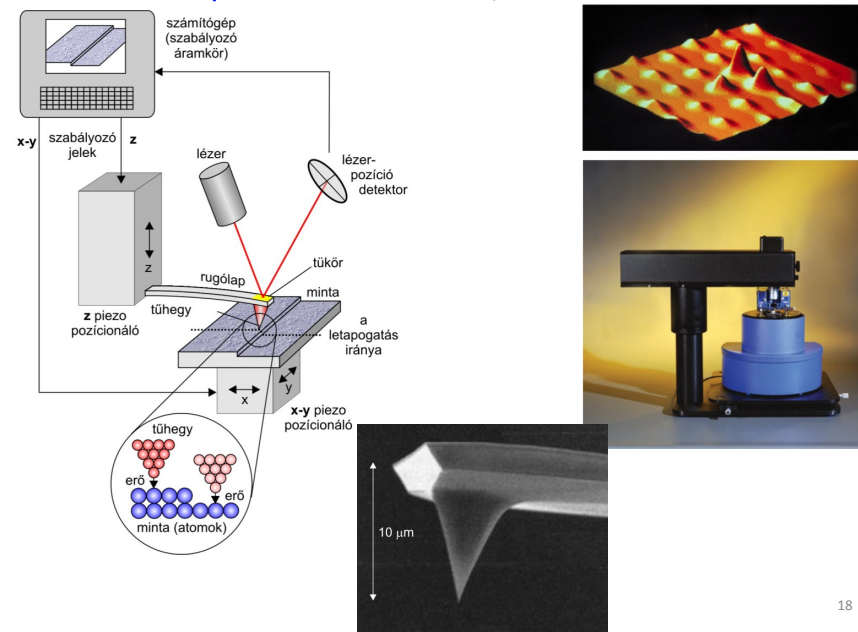
(scanning tunneling microscope – STM)



17

Atomerő-mikroszkóp

(atomic force microscope – AFM)



18

## Kitérő: piezoelektromosság

1889 P. Curie (piezein = gör összenyom)

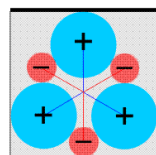
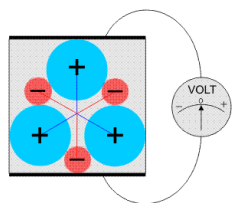
pl.: kvarc

piezoelektromos hatás:

deformáció  $\Rightarrow$  elektromos tér, feszültség

inverz piezoelektromos hatás:

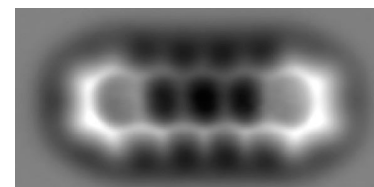
elektromos feszültség  $\Rightarrow$  deformáció



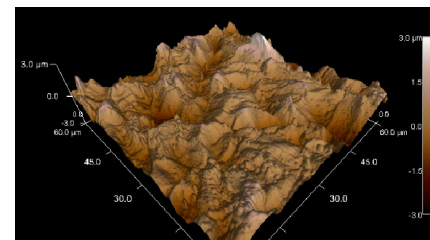
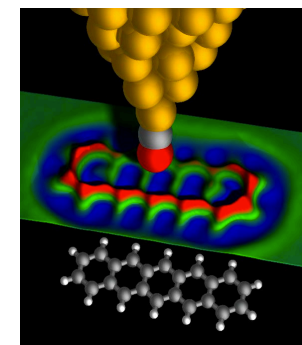
$$U = \delta \cdot \Delta x$$

pl. kvarcnál:  $\delta \approx 10^{12} \text{ V/m}$

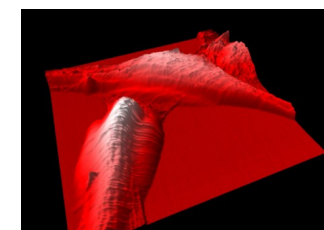
19



pentacén ( $\text{C}_{22}\text{H}_{14}$ ) molekula

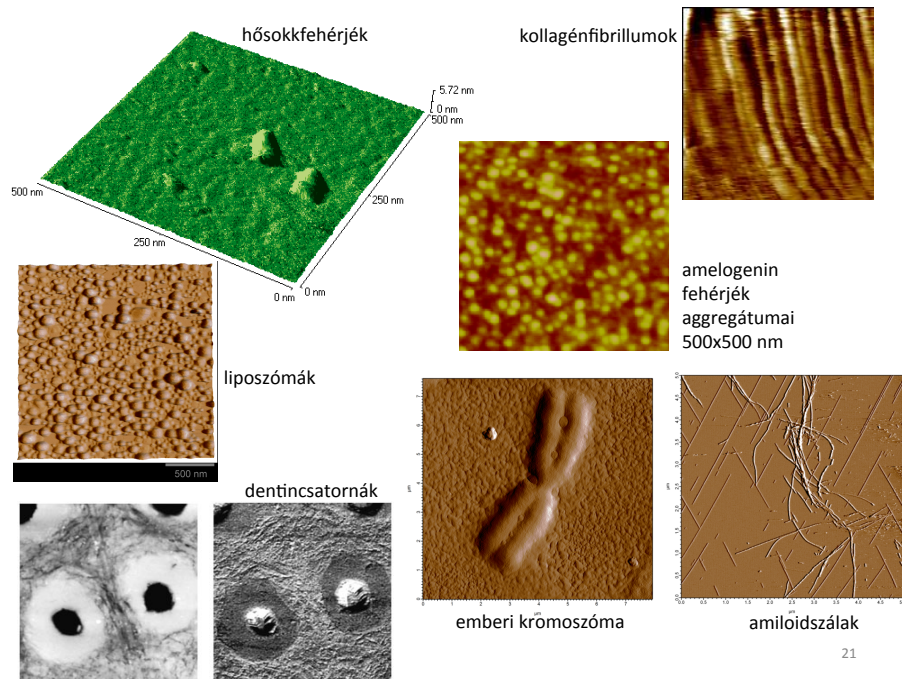


Ti érdesített felülete

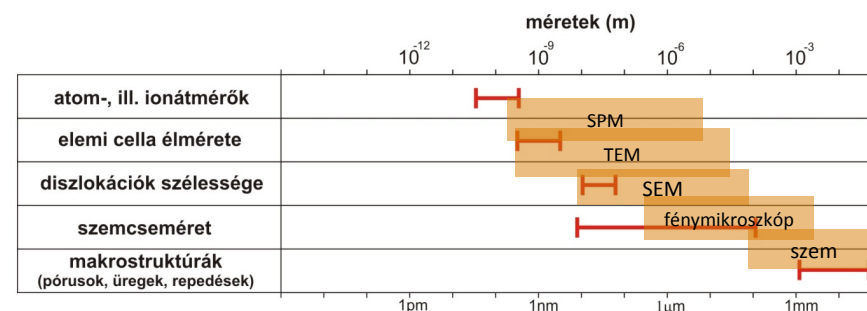


Ti felületen csontsejtek

20



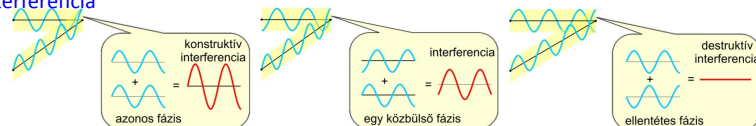
21



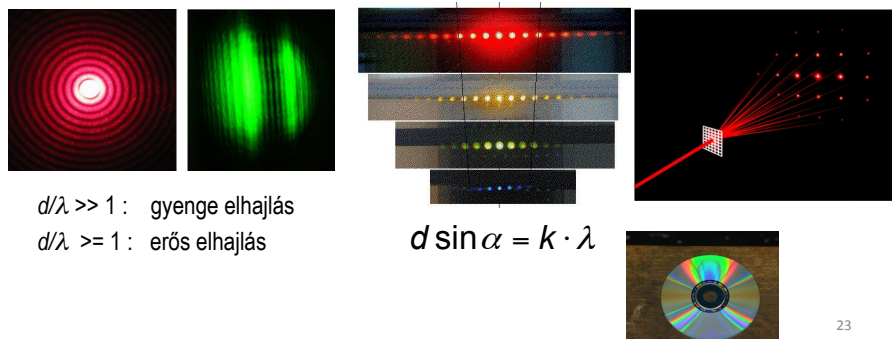
22

## Interferencia és diffrakció (elhajlás)

### Interferencia

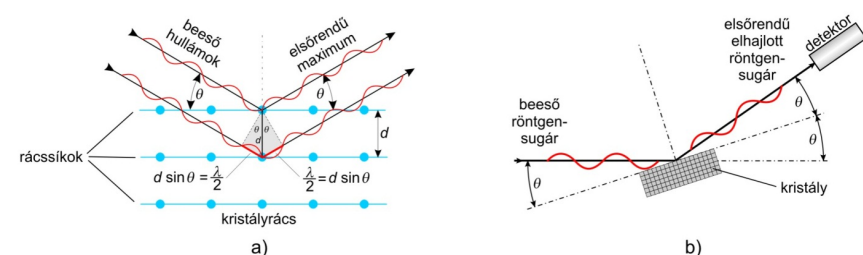


### Diffrakció



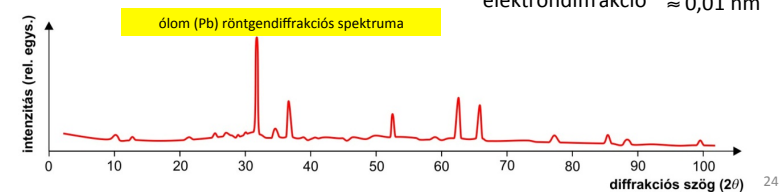
23

## Diffrakciós módszerek

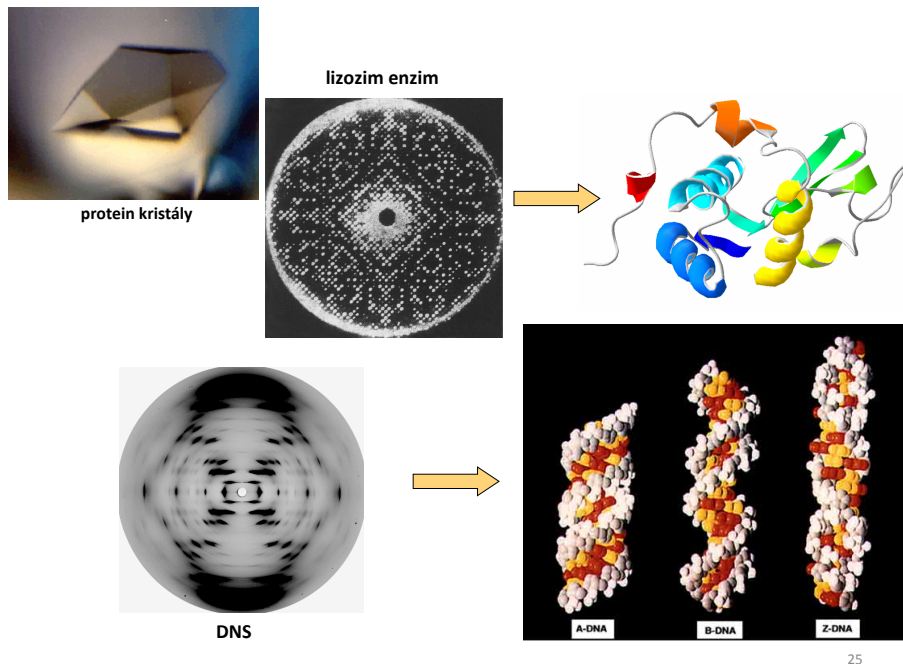


Bragg-egyenlet:  $2d \sin \theta = n \cdot \lambda$

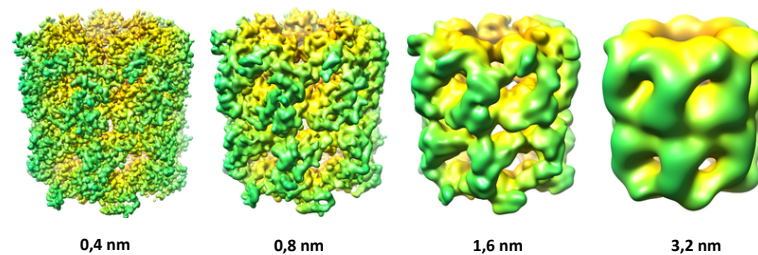
- röntgendiffrakció  $\lambda \approx 0,01-0,1 \text{ nm}$
- neutrondiffrakció  $\approx 0,1 \text{ nm}$
- elektrondiffrakció  $\approx 0,01 \text{ nm}$



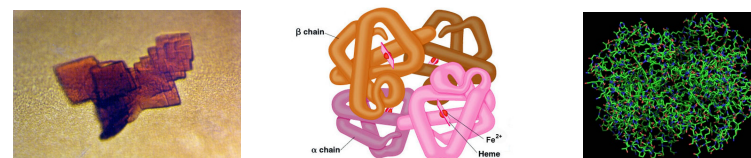
24



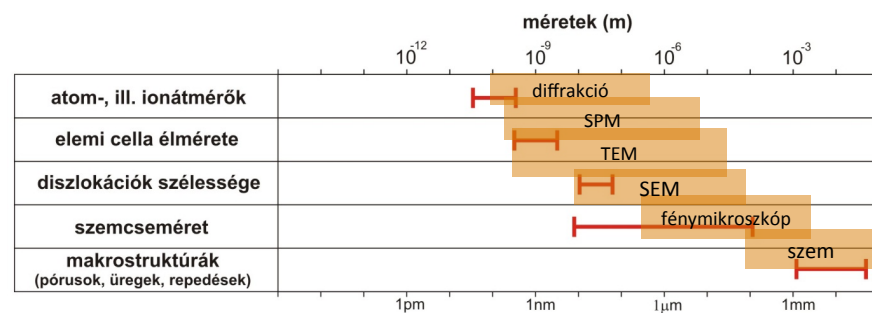
GroEL különböző felbontással:



Hemoglobin:



26



Következő előadáshoz:  
9-11. tankönyvi fejezetek

27