

Fogorvosi Anyagtan Fizikai Alapjai

4. előadás
Szerkezetvizsgálati módszerek
2021. szeptember 27.
Agócs Gergely

Tankönyv fejezetei:
8

HF:
2. fej.: 1–12

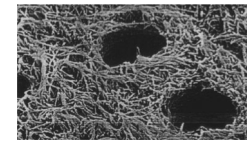
1

Mi a szerkezet?

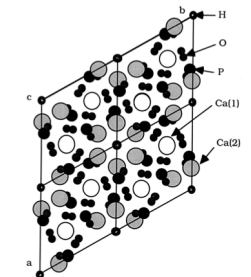
Egy összetett rendszer elemeinek **elhelyezkedése** és a köztük lévő **kapcsolat**.



Nagyörölő vázlatos anatómiája



Dentin finomszerkezete

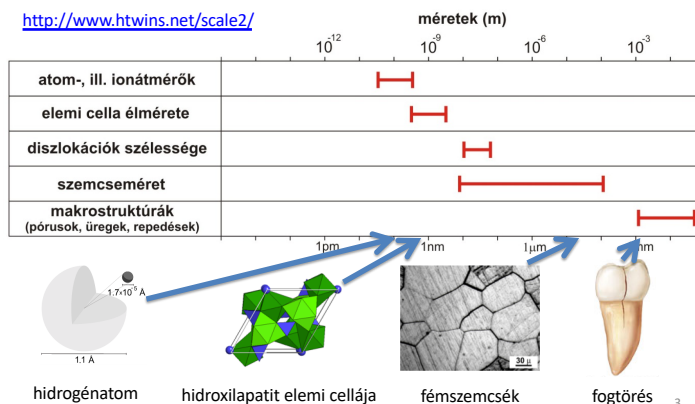


Hidroxilapatitkristály szerkezete

2

A szerkezetvizsgálatok mérettartománya

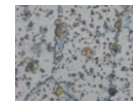
<http://www.htwins.net/scale2/>



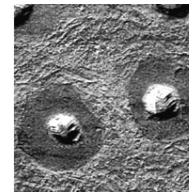
3

Mi a képalkotás lényege?

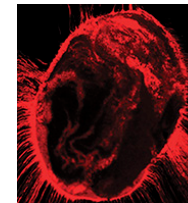
Az egyes képpontokhoz intenzitásértékeket rendelünk a tárgypontok valamely tulajdonsága alapján.



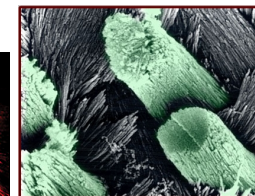
fém szemcseszerkezete
fémmikroszkópban



dentincsatornák
atomerőmikroszkópban



gutta-percha gyökértömés
konfokális mikroszkópban



fogzománc apatitkristallitjai
elektronmikroszkópban

4

Szerkezeti elemek méretei

	méret (m)
atom-, ill. ionátmérők	10^{-12} to 10^{-9}
elemi cella élmérete	10^{-9} to 10^{-6}
diszlokációk szélessége	10^{-9} to 10^{-6}
szemcseméret	10^{-6} to 10^{-3}
makrostruktúrák (pórusok, üregek, repedések)	10^{-6} to 10^{-3}

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

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

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

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

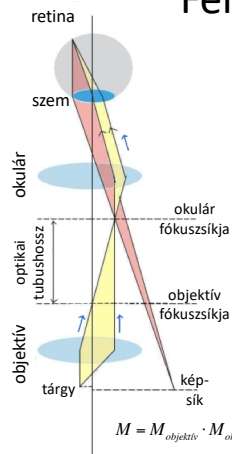
5

Hullámoptikai felbontási határ



<https://youtu.be/luv6hY6zsd0>

Fénymikroszkóp



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



Egyszerű fénymikroszkóp

7

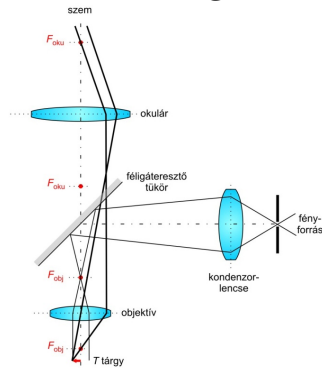
Fénymikroszkóp

Fejlesztési lehetőségek:
kontraszt javítása felbontás javítása



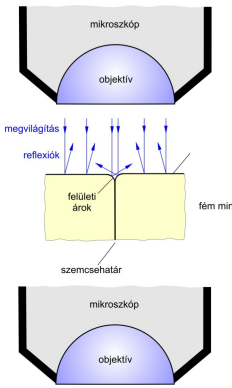
8

Fém mikroszkóp



Álló fémmikroszkóp

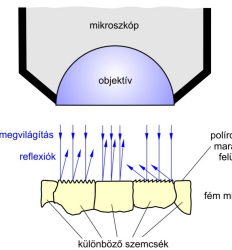
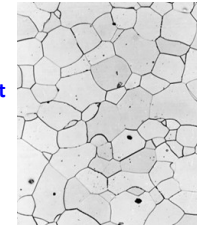
9



Előkészítés:

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

Nital: 2% salétromsav etanolban
Pikral: 5% pikrinsav etanolban

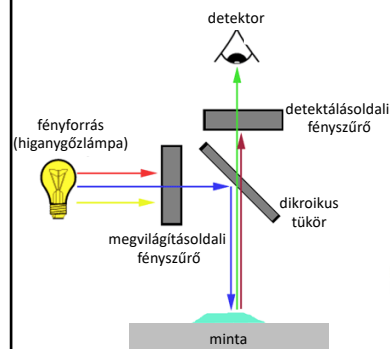


Nital: 2% salétromsav etanolban
Pikral: 5% pikrinsav etanolban



10

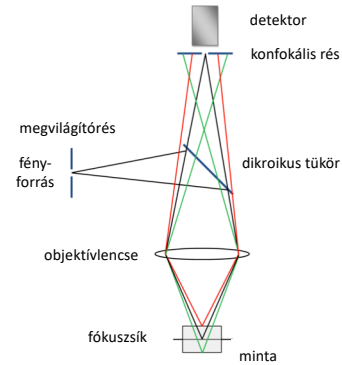
Epifluoreszcenciamikroszkóp



előny az egyszerű
fénymikroszkóphoz képest:

11

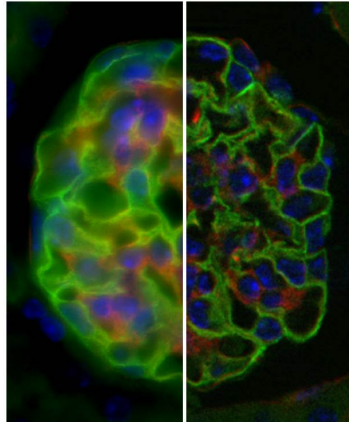
Konfokális mikroszkóp



előny az epifluoreszcencia-
mikroszkóphoz képest:

12

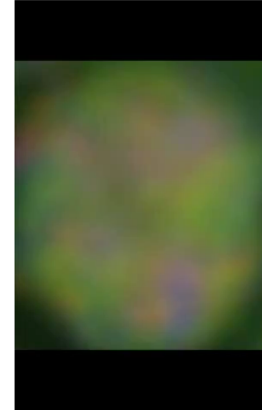
Epifluoreszcencia vs. konfokális



veseszelet

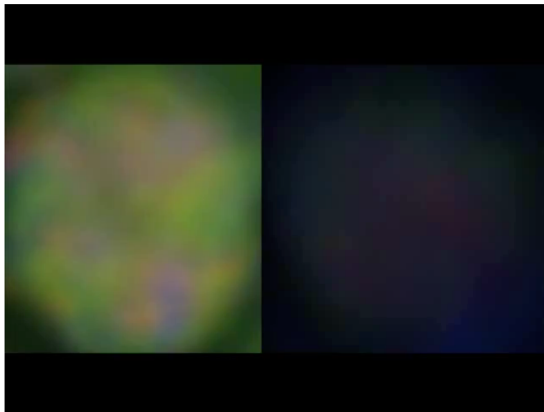
13

Epifluoreszcencia vs. konfokális



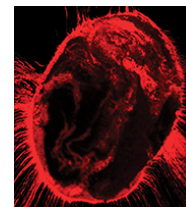
14

Epifluoreszcencia vs. konfokális



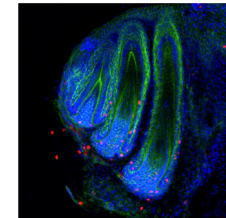
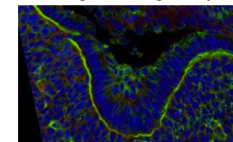
15

Konfokális mikroszkóp



guttapercha gyökértömés

fogcsíra invaginációja



kígyó funkcionális és két "tartalék" foga

16

Elektronmikroszkóp

Alapja: elektronnyaláb mint anyaghullám

elméleti hipotézis –
de Broglie-hullámhossz
(1923):

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

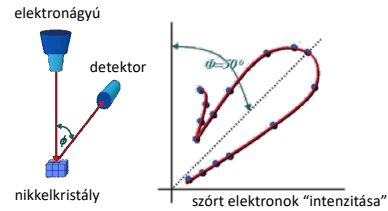
Planck-állandó
($h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$)

az elektron
lendülete



Louis de Broglie (1892-1987)
fizikus

kísérleti bizonyíték – elektrondiffrakció
(1927):



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

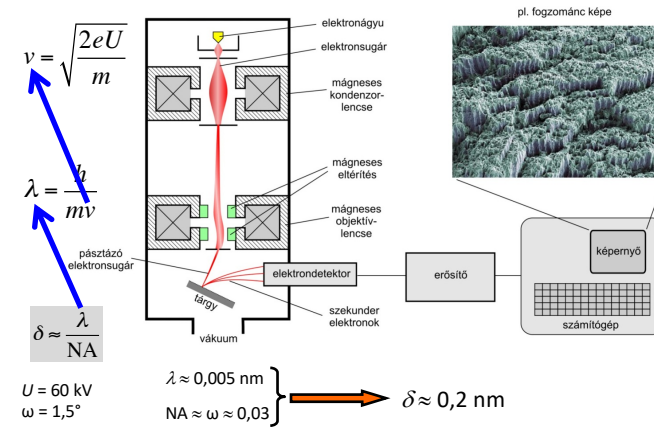
17

Transzmissziós elektronmikroszkóp

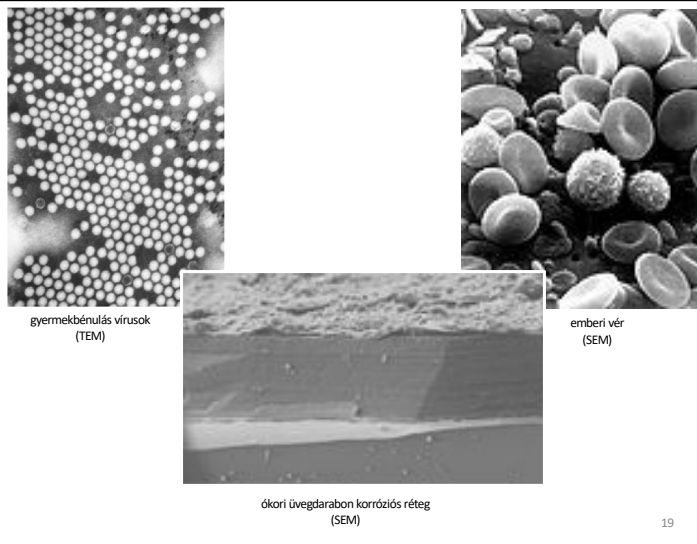
(transmission electron microscope – **TEM**)

Pásztázó elektronmikroszkóp

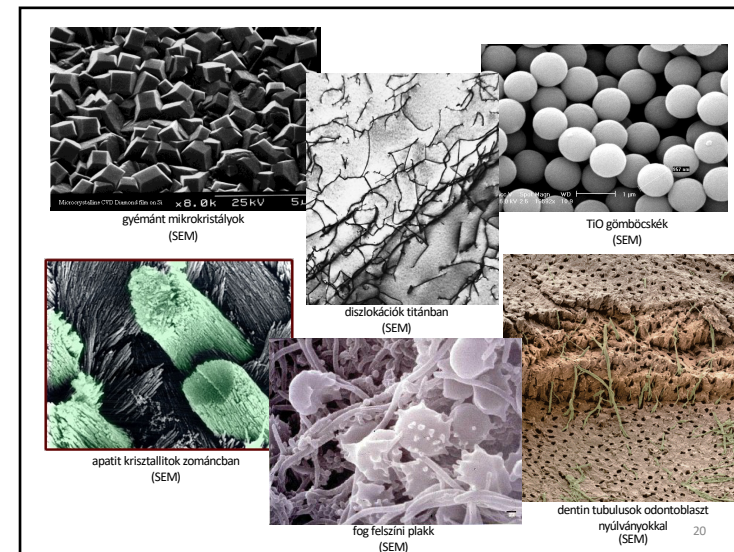
(scanning electron microscope – **SEM**)



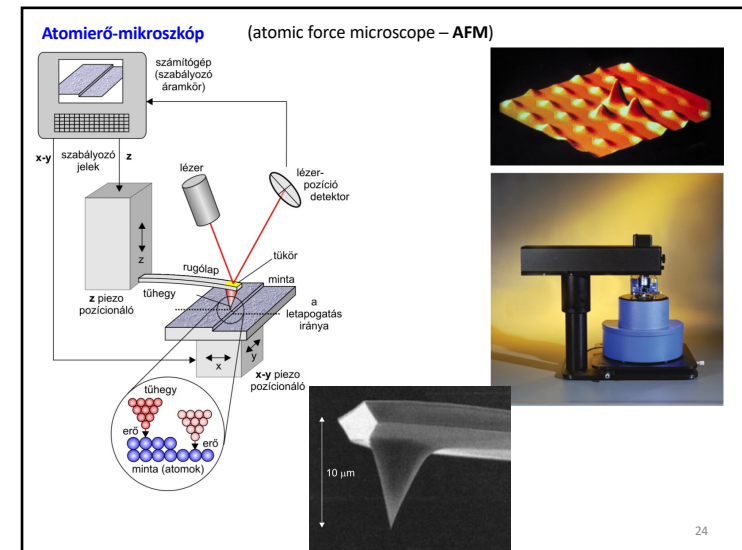
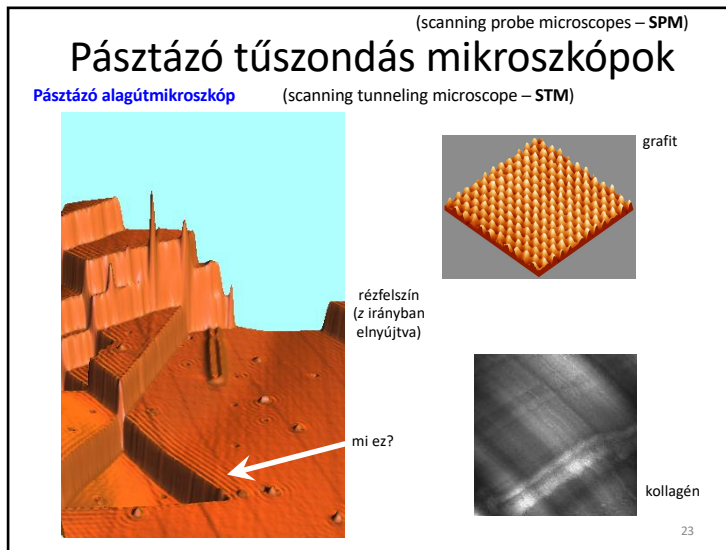
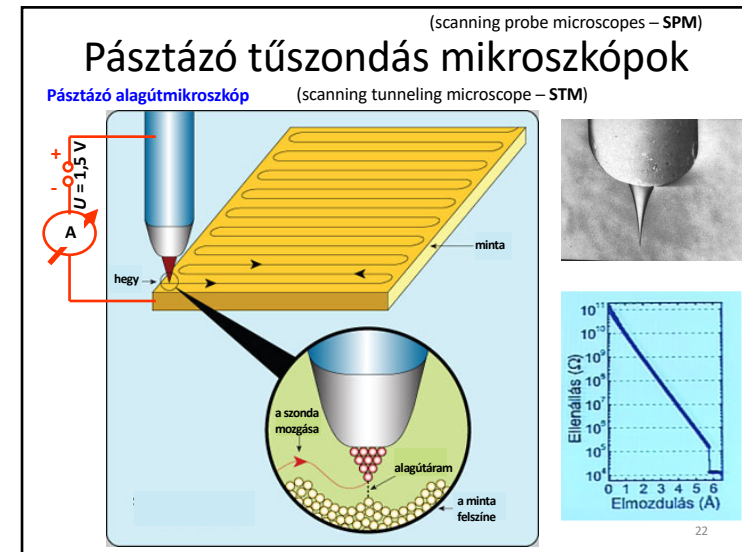
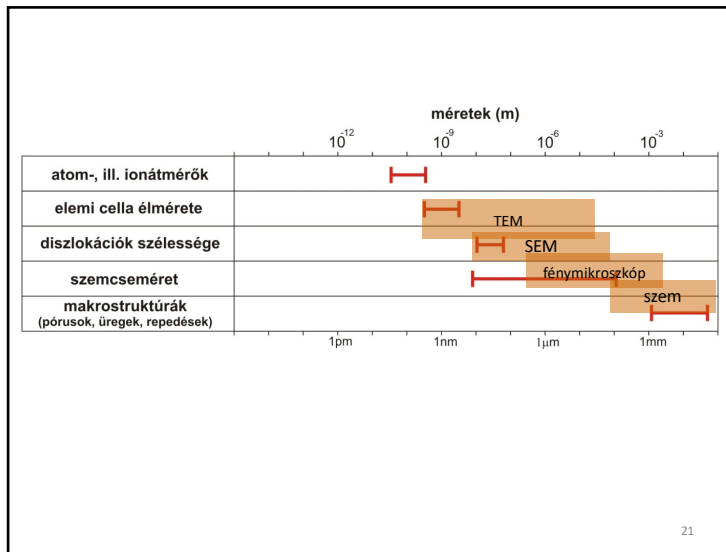
18



19



20



Kitérő: piezoelektromosság

1889 P. Curie (piezein = gör összenyom)

pl.: kvarc

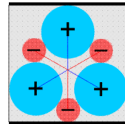
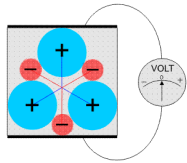


piezoelektromos hatás:

deformáció \Rightarrow elektromos tér, feszültség

inverz piezoelektromos hatás:

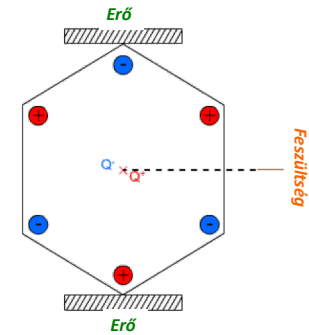
elektromos feszültség \Rightarrow deformáció



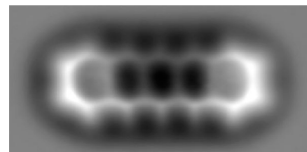
$$U = \delta \cdot \Delta x$$

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

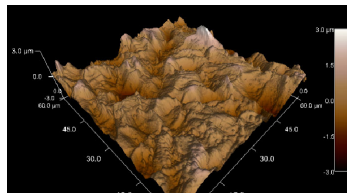
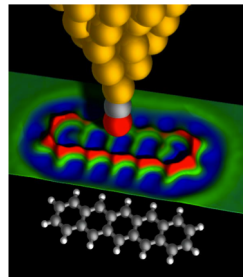
25



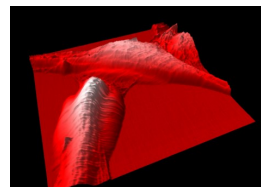
26



pentacén ($C_{22}H_{14}$) molekula

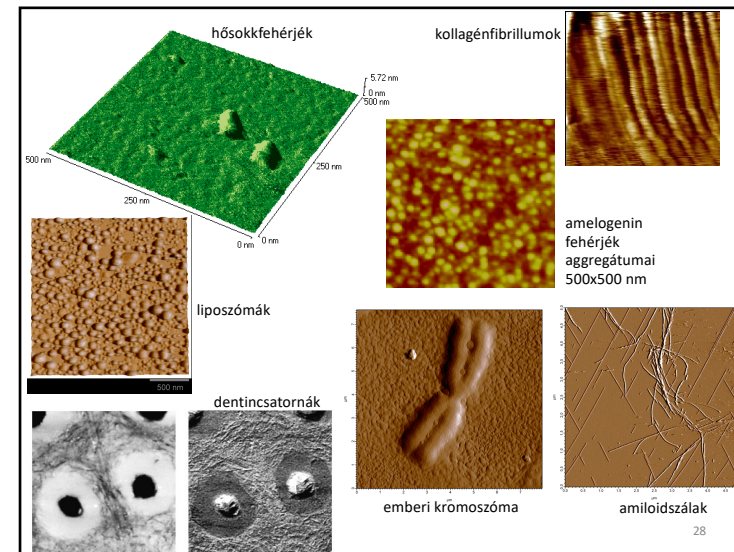


Ti érdesített felülete

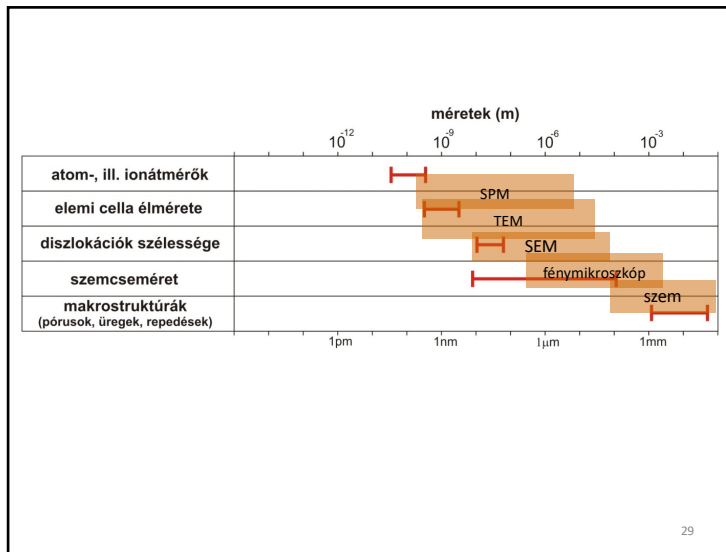


Ti felületen csontsejtek

27



28



Interferencia és diffrakció (elhajlás)

Interferencia

konstruktív interferencia
azonos fázis
 $+ = +$

interferencia
egy közbülső fázis
 $+ = -$

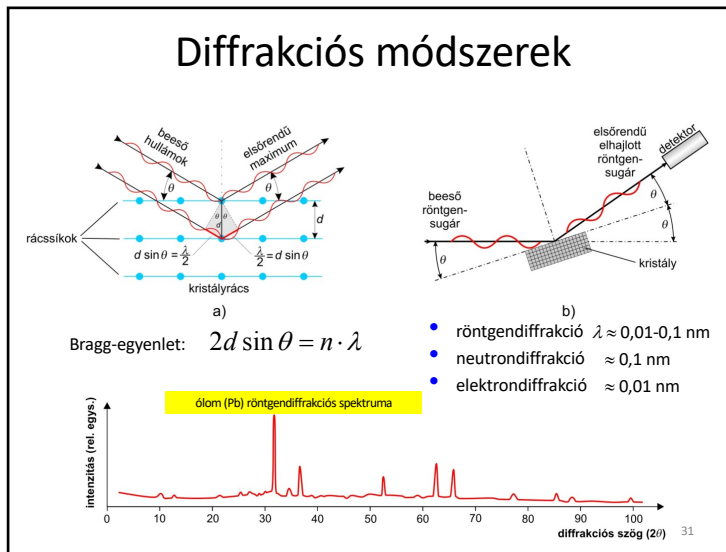
destruktív interferencia
ellentétes fázis
 $- = -$

Diffrakció

$d/\lambda \gg 1$: gyenge elhajlás
 $d/\lambda \approx 1$: erős elhajlás

$d \sin \alpha = k \cdot \lambda$

30



lizozim enzim
David Chilton Phillips 1965

fehérjekristály
Edward Abraham 1937

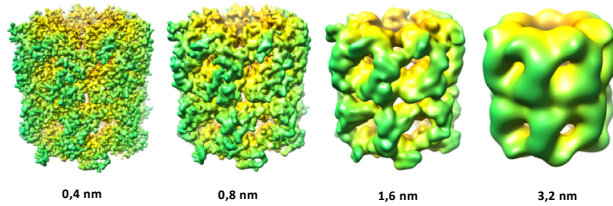
„Photo 51” DNS
Rosalind Franklin és Raymond Gosling (1952)

James Watson és Francis Crick (1953)

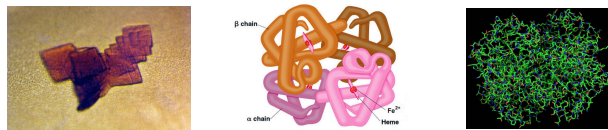
A-DNA
B-DNA
Z-DNA

32

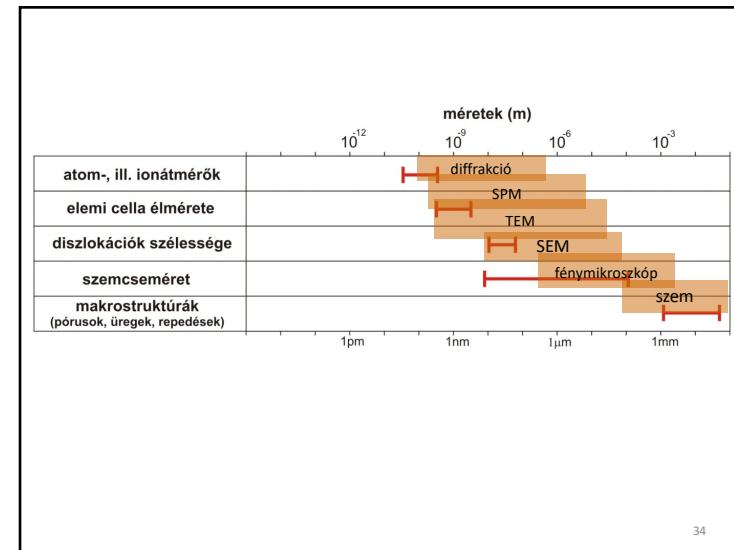
GroEL különböző
felbontással:



Hemoglobin:



33



34

Ellenőrző kérdések

1. Miben tér el a fémmikroszkóp az egyszerű fénymikroszkóptól?
2. Körülbelül mekkora egy átlagos ember szemének feloldási határa?
3. Hogyan jön létre a konfokális mikroszkóp képe?
4. Mi a konfokális mikroszkóppal készült kép fő előnye az egyszerű fénymikroszkóphoz képest?
5. Hogyan kell a mintát előkészíteni fémmikroszkópos vizsgálathoz?
6. Mit kell tenni egy fehérjével ahhoz, hogy röntgendiffrakcióval lehessen vizsgálni?
7. Mely képalkotó módszereknek van a legnagyobb felbontóképessége?
8. Mely képalkotó módszer nem diffrakciólimitált?

35