

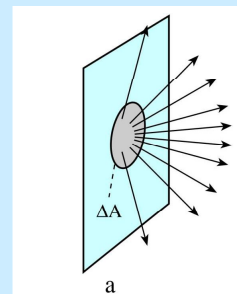
## Az elektromágneses sugárzás kölcsönhatása az anyaggal

### A fény kölcsönhatása az anyaggal 1.

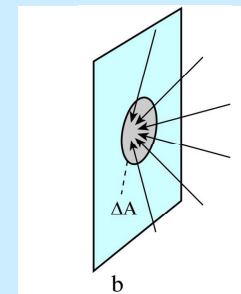
## Radiometriai alapfogalmak

Kisugárzott felületi teljesítmény

Besugárzott felületi teljesítmény



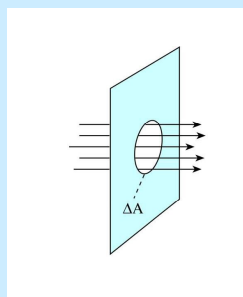
$$M = \frac{\Delta P}{\Delta A} \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$



$$E_{be} = \frac{\Delta P}{\Delta A} \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

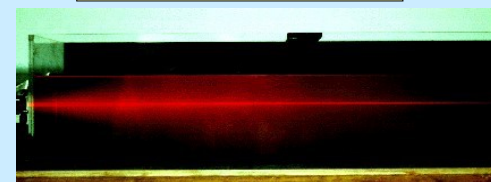
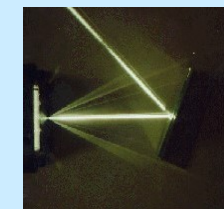
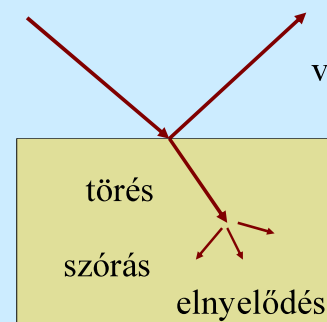
## Radiometriai alapfogalmak

Energiaáram sűrűség v. intenzitás



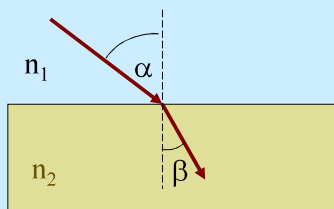
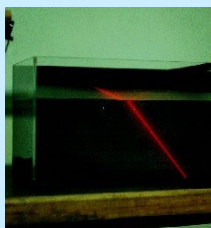
$$J_E = \frac{\Delta I_E}{\Delta A} \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

## A fény kölcsönhatása az anyaggal



# Fénytörés

Ismétlés: Fermat-elv a legrövidebb időről



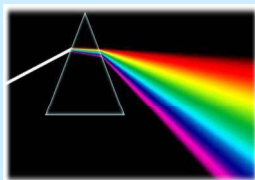
$$n_1 < n_2$$

$$\alpha > \beta$$

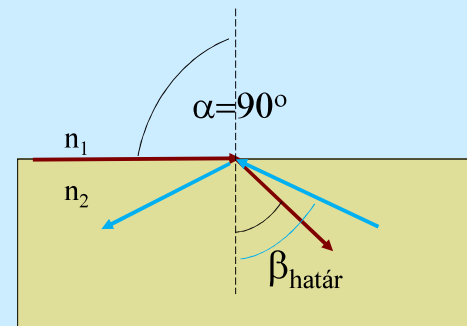
Snellius –Descartes törvény

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21}$$

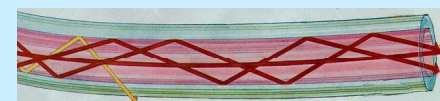
Fehér fény felbontása



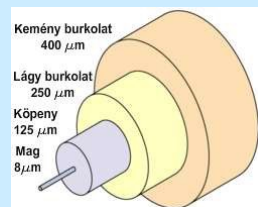
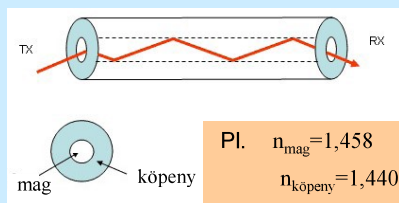
## Határszög – teljes visszaverődés



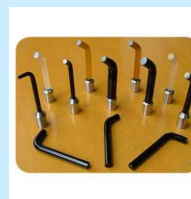
$$\beta > \beta_{\text{határ}}$$



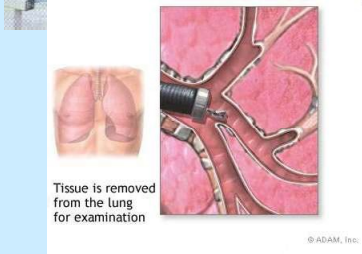
## Optikai szál



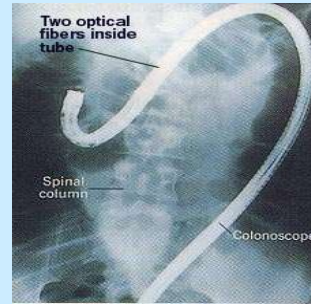
## Példák a fogorvosi alkalmazásra



## Példák az orvosi alkalmazásra



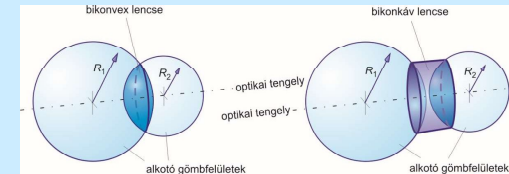
**Bronchoszkópia**



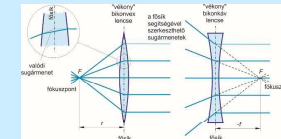
**Colonoszkópia**

Leképezés: egy pont leképezése során a pontból kiinduló fénysugarakat egy másik pontban gyűjtjük össze

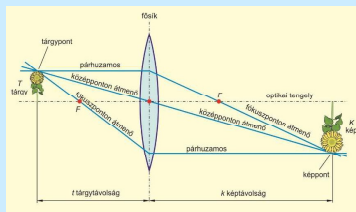
## Vékony gömbi lencsék képalkotása – Geometriai optika



Optikai lencsék származtatása gömbfelületekből

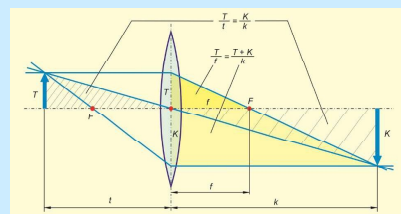


## Vékony gömbi lencsék képalkotása



Kép szerkesztése a nevezetes sugarak segítségével

$$N = \frac{K}{T} = \frac{k}{t}$$

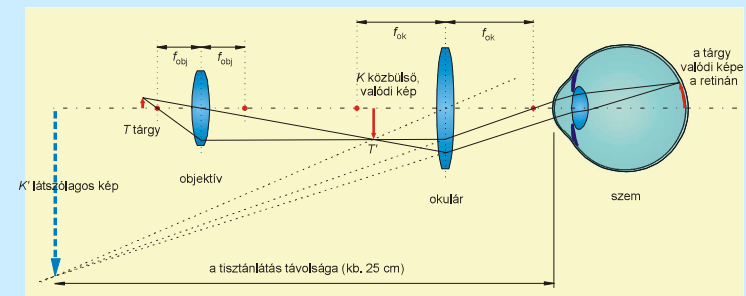


lencsetörvény

$$D = \frac{1}{f} = \frac{1}{t} + \frac{1}{k} = (n-1) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

**D – törőerősség (dioptria):** a méterben kifejezett fókusz távolság reciproka

## A mikroszkópi képalkotás - ahogy a geometriai optika látja



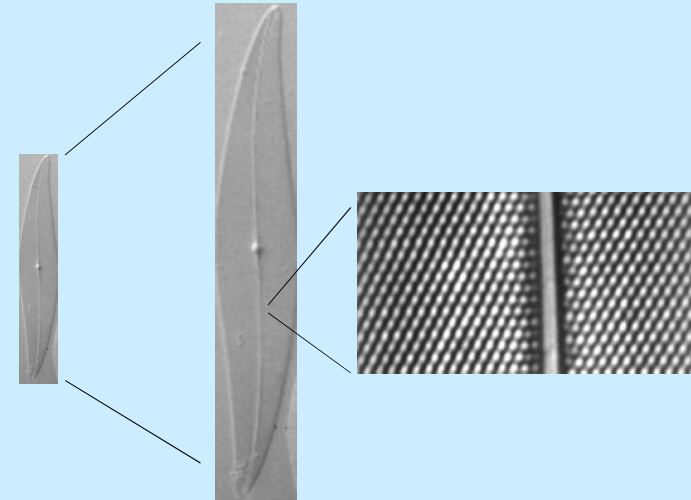
A keletkezett kép nagyított fordított állású látszólagos

$$N = N_1 * N_2$$

## Nagyítás vs Feloldás



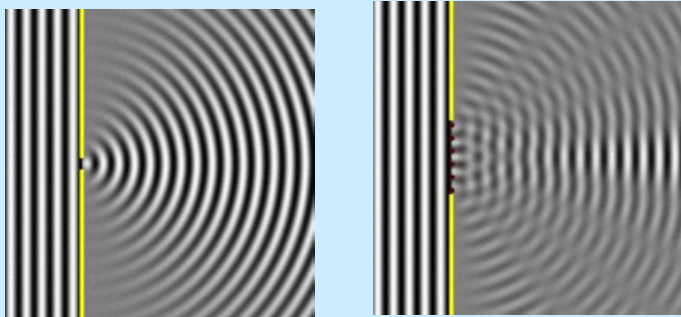
## Nagyítás vs Feloldás



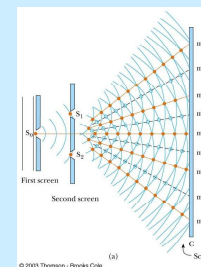
## A mikroszkópi képalkotás hullámoptikai alapjai

Mi az oka a feloldóképesség határának?

### Huygens-elv



## Young kísérlet

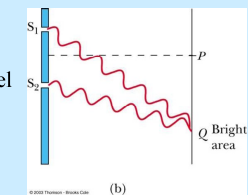
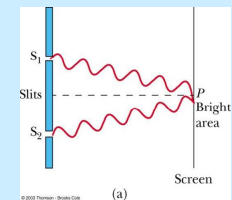


Hol vannak a maximum helyek?

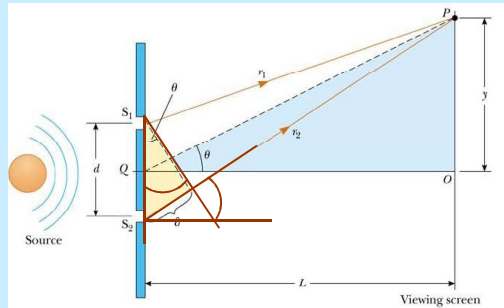
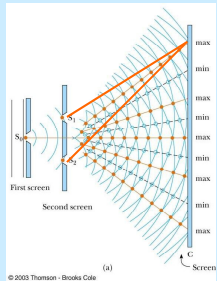
Pozitív interferencia

A rácspontoktól

- azonos távolságra vagy
- éppen  $\lambda$ -nyi útkülönbséggel



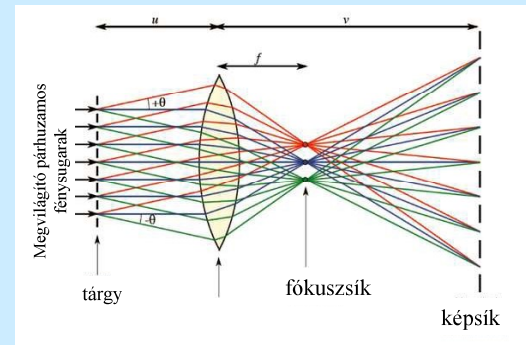
## Young kísérlet



$$\delta = d \cdot \sin \Theta = k \cdot \lambda$$

$$d = \frac{\lambda}{n \sin \Theta}$$

## Fényelhajlás a mikroszkópi tárgyon



$$d = 0,61 \frac{\lambda}{n \sin \Theta}$$

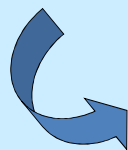
Feloldási határ ~ 200 nm

ABBE-ELV: Egy optikai rendszer csak azokat a tárgyreszleteket képes felbontani, amelyeken elhajlott sugarak közül a **direkt sugarakon kívül legalább az első rendben elhajlott sugarak is** részt vesznek a képalkotásban.

Feloldási határ csökkentése – rövidebb hullámhossz –  $\lambda$  anyaghullám?

## Az elektronmikroszkóp

$$\lambda = h / m_e v$$



$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m_e}}$$

\$U : 10 - 100\$ kV

\$\lambda \sim 2\$ pm

## Feloldási határ

Fénymikroszkóp

Elektronmikroszkóp

\$\lambda \sim 400\$ nm

\$\lambda \sim 2\$ pm

$$d = 0,61 \frac{\lambda}{n \sin \Theta}$$

\$\implies\$

$$d = \lambda / NA$$

\$NA \sim 2\$

\$NA \sim 10^{-3}\$

Feloldási határ ~ **200 nm**

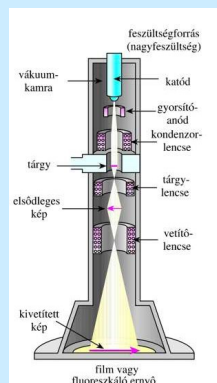
Feloldási határ ~ **0,2 - 0,5 nm**



## Az elektronmikroszkóp felépítése

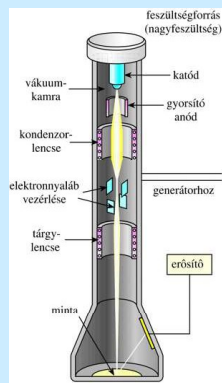
Transzmissziós elektronmikroszkóp

TEM



Pásztózási elektronmikroszkóp

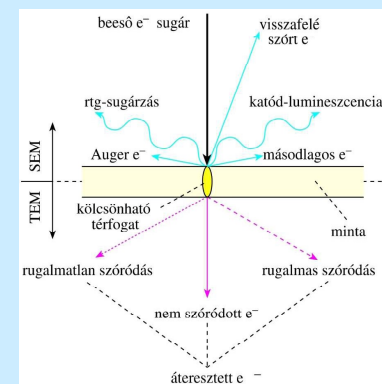
SEM



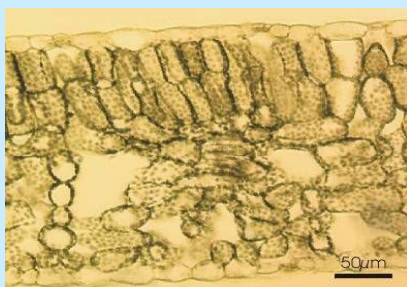
## Az elektronnyaláb kölcsönhatása

SEM

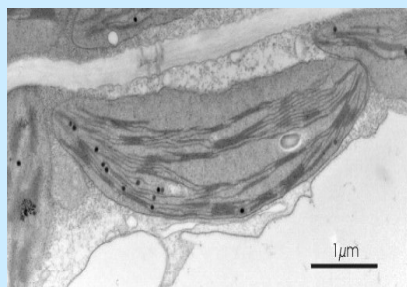
TEM



## Fénymikroszkóp vs Elektronmikroszkóp

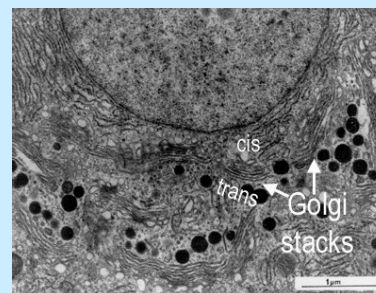


Spenót levél metszete  
fénymikroszkópban

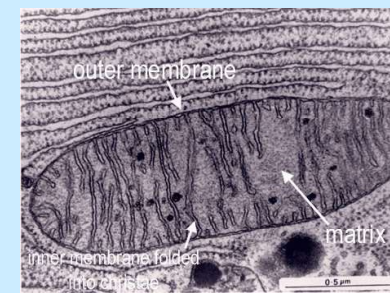


Szintestek spenót levél ultra-  
vékony metszetének TEM  
felvételén

## TEM



An electron micrograph  
showing golgi stacks



An electron micrograph  
showing mitochondrion

## SEM



Brush your teeth often because this is what the surface of a tooth with a form of plaque looks like.

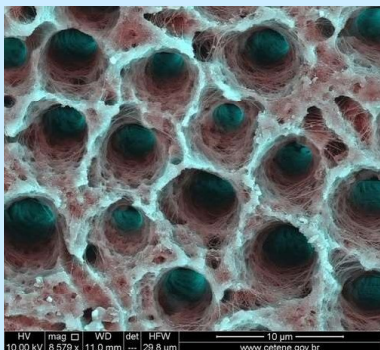
## SEM



Scanning Electron Microscope image of bacteria in dental plaque magnified 30000 times !

Photograph © Mr. Steve Gschmeissner

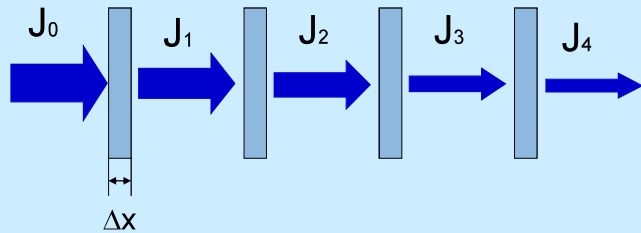
## *A hét kérdése*



A képen a dentin csatornák elektronmikroszkópos képe látszik. Milyen technikával készülhetett a felvétel (SEM v. TEM)? Indokolja röviden a választását!

**A fény kölcsönhatása az anyaggal**  
**2.**

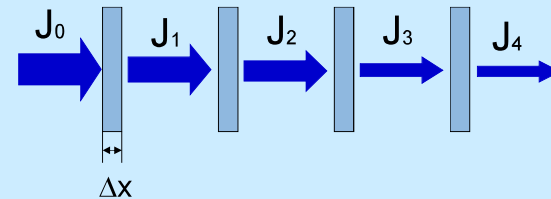
## Elnyelődés



A közegen áthaladó sugárzás intenzitása csökken

## Az intezitás gyengülésének törvénye

$$\Delta J = J_0 - J_1 = J_1 - J_2 = \dots$$



$$\frac{\Delta J}{\Delta x} = -\mu \times J$$

**Differenciális alak**

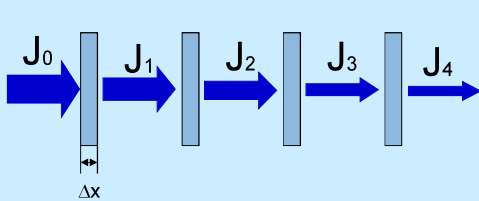
$J$  : a közegbe belépő sugárzás intenzitása [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]

$\Delta J$  : az intenzitás megváltozása  $\Delta x$  rétegen áthaladáskor

$\mu$ : gyengítési állandó [ $1/\text{m}$ ]

A közegen áthaladó sugárzás intenzitásának megváltozása arányos a közegbe belépő intenzitással

## Az intezitás gyengülésének törvénye

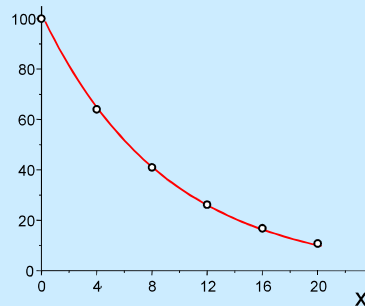


$$\frac{\Delta J}{\Delta x} = -\mu \times J$$

megoldása

$$J = J_0 e^{-\mu x}$$

**Integrált alak**



$$J = J_0 e^{-\mu x}$$

A közegen áthaladó sugárzás intenzitása a rétegvastagság exponenciális függvénye

$J_0$ : a rétegbe belépő intenzitás [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]

$J$ : intenzitás  $x$  [ $\text{m}$ ] rétegvastagság után

$\mu$ : gyengítési állandó [ $1/\text{m}$ ]

A gyengítési állandó függ: a foton energiájától  
az abszorbens anyagi minőségétől  
az abszorbens sűrűségétől

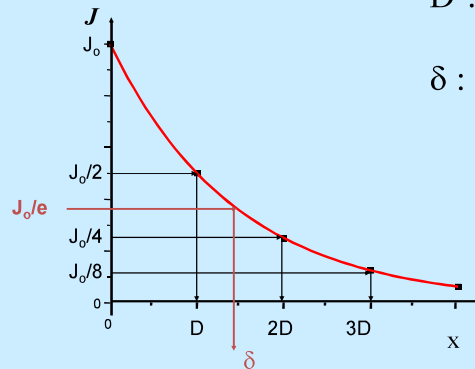


## Grafikus megoldás

$$J = J_0 e^{-\mu x}$$

$D$  : felező rétegvastagság

$\delta$  :  $e$ -edelő rétegvastagság



Mind a kettő  
-jellemző az adott sugárzás és az  
adott anyag kölcsönhatására  
-függ a sugárzás frekvenciájától,  
az abszorbens anyagi minőségétől  
és aktuális sűrűségétől

## A gyengítési állandó definíciója

$$J = J_0 e^{-\mu x}$$

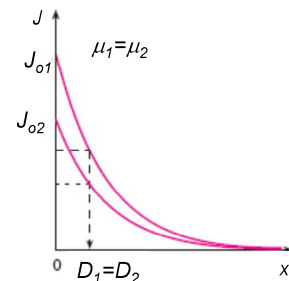
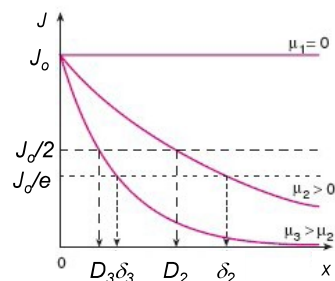
Ha  $x = D \longrightarrow J_0 / 2 = J_0 e^{-\mu D}$

$$\mu = \frac{\ln 2}{D} = \frac{0.693}{D}$$

Ha  $x = \delta \longrightarrow J_0 / e = J_0 e^{-\mu \delta}$

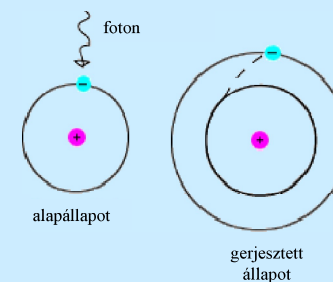
$$\mu = \frac{1}{\delta}$$

$\mu$  függ mindazoktól a tényezőktől, amelyekből  $D$  és  $\delta$ .



## A fényabszorpció mechanizmusa

(Ismétlés: atomszerkezet)

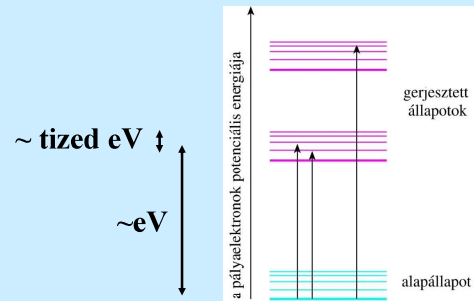


$$hf = \Delta E = E_{n+1} - E_n$$

$$E_{\text{VIS}} = 1.6 - 3.1 \text{ eV}$$

külső héjon lévő elektronok gerjesztési energiáját fedezheti

## Molekula pályaelektronok energiaállapotai a rezgési szintekkel



Egy adott molekula különböző,  
agymáshoz „közeli” energiával  
rendelkező fotonokat is képes  
elnyelni

*A gerjesztett elektronok további sorsára még visszatérünk*

Kapcsolódó fejezetek:

*Damjanovich, Fidy, Szöllősi: Orvosi Biofizika*

I.1.

1.1.2

1.1.3

II. 1.1.

1.1.1

II. 2. 1.

2.1.1

2.1.2

2.1.3

2.1.4

2.1.5

2.1.8

VI. 2.

2.1.

2.2.

X.5.