

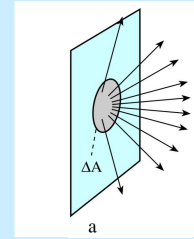
Az elektromágneses sugárzás kölcsönhatása az anyaggal

A fény kölcsönhatása az anyaggal
1.

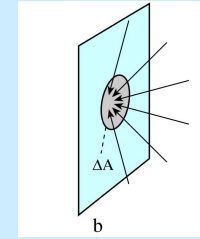
Radiometriai alapfogalmak

Kisugárzott felületi teljesítmény

Besugárzott felületi teljesítmény



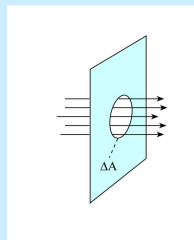
$$M = \frac{\Delta P}{\Delta A} \left[\frac{W}{m^2} \right]$$



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

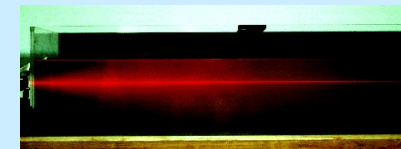
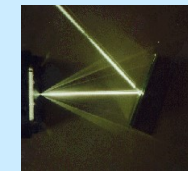
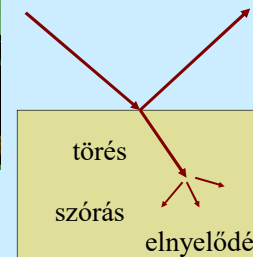
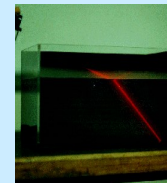
Radiometriai alapfogalmak

Energiaáram sűrűség v. intenzitás



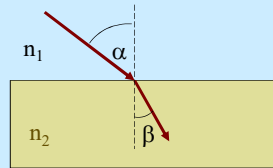
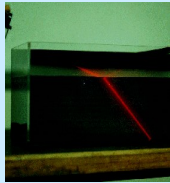
$$J_E = \frac{\Delta I_E}{\Delta A} \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

A fény kölcsönhatása az anyaggal



Fénytörés

Ismétlés: Fermat-elv a legrövidebb időről



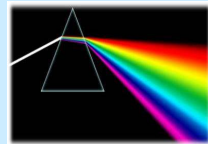
$$n_1 < n_2$$

$$\alpha > \beta$$

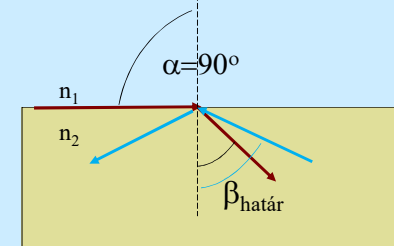
Snellius –Descartes törvény

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

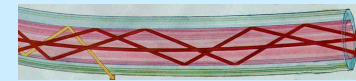
Fehér fény felbontása



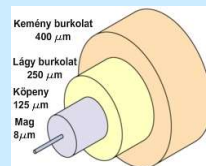
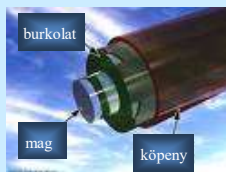
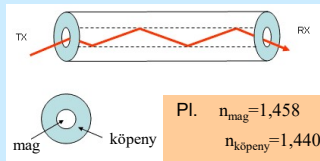
Határszög – teljes visszaverődés



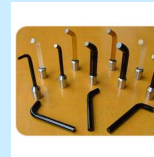
$$\beta > \beta_{\text{határ}}$$



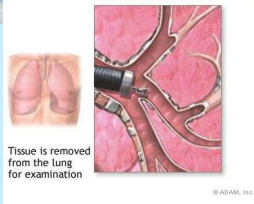
Optikai szál



Példák a fogorvosi alkalmazásra



Példák az orvosi alkalmazásra



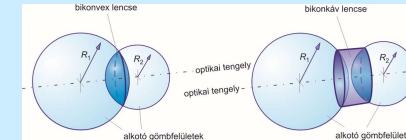
Bronchoszkópia



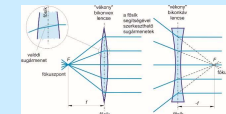
Colonoszkópia

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

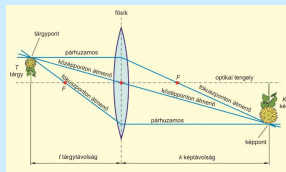
Vékony gömbi lencsék képalkotása – Geometriai optika



Optikai lencsék származtatása gömbfelületekből

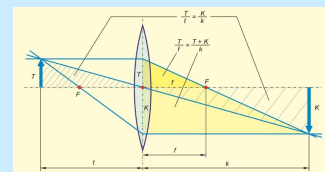


Vékony gömbi lencsék képalkotása



Kép szerkesztése a nevezetes sugarak segítségével

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

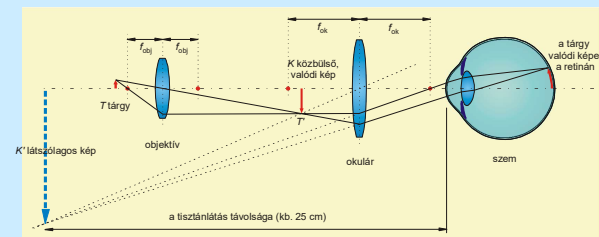


lencsetörvény

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

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

A mikroszkópi képalkotás - ahogy a geometriai optika látja



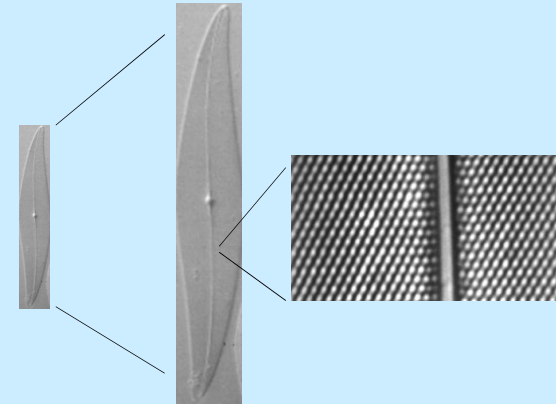
A keletkezett kép nagyított fordított állású látszólagos

$$N = N_1 * N_2$$

Nagyítás vs Feloldás



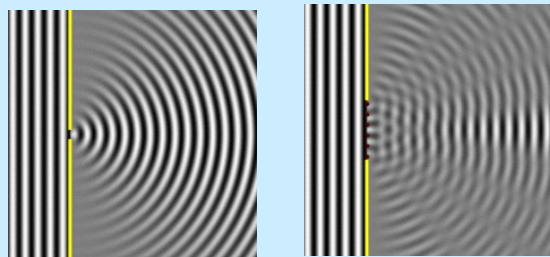
Nagyítás vs Feloldás



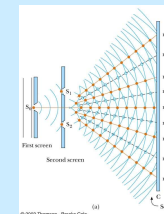
A mikroszkópi képalkotás hullámoptikai alapjai

Mi az oka a feloldóképesség határának?

Huygens-elv



Young kísérlet



Hol vannak a maximum
helyek?

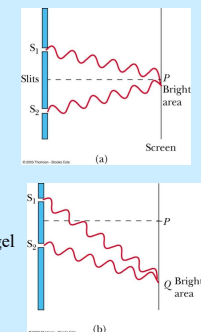
Pozitív interferencia

A rácspontoktól

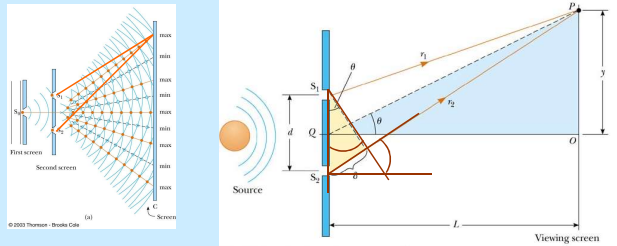
- azonos távolságra

vagy

- éppen λ -nyi útkülönbséggel



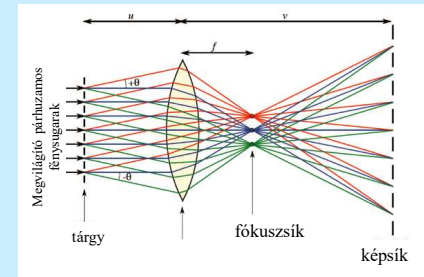
Young kísérlet



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

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

Fényelhajlás a mikroszkópi tárgyon



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

Feloldási határ ~ 200 nm

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

Feloldási határ csökkentése – rövidebb hullámhossz – ? anyaghullám?

Az elektronmikroszkóp

$$\lambda = h / m_e v$$

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

$$U : 10 - 100 \text{ kV}$$

$$\lambda \sim 2 \text{ pm}$$

Feloldási határ

Fénymikroszkóp

$$\lambda \sim 400 \text{ nm}$$

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

$$NA \sim 2$$

Feloldási határ ~ **200 nm**

Elektronmikroszkóp

$$\lambda \sim 2 \text{ pm}$$

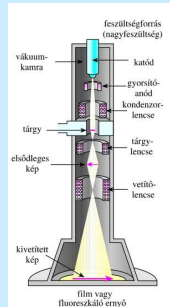
$$d = \lambda / NA$$

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

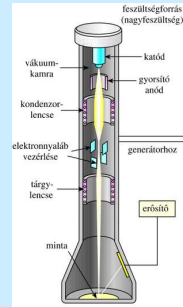
Feloldási határ ~ **0,2 - 0,5 nm**

Az elektronmikroszkóp felépítése

Transzmissziós elektronmikroszkóp
TEM



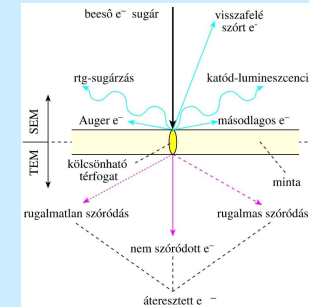
Pásztózó elektronmikroszkóp
SEM



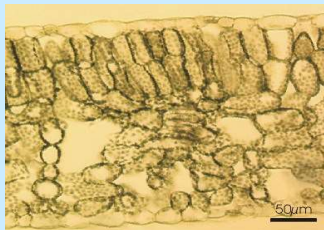
Az elektronnyaláb kölcsönhatása

SEM

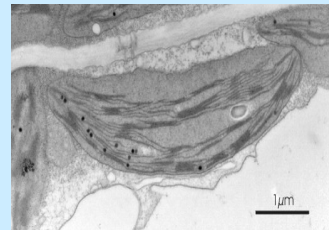
TEM



Fénymikroszkóp vs Elektronmikroszkóp

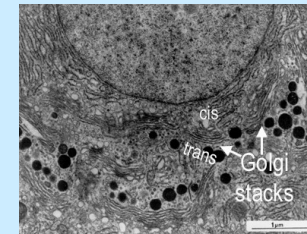


Spenót levél metszete
fénymikroszkópban

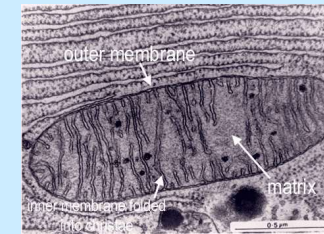


Szenitestek spenót levél ultra-
vékony metszetének TEM
felvételén

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



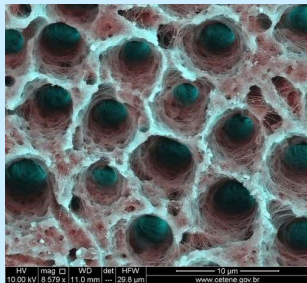
Plaque irritating the Gum



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

Photograph © Mr. Steve Gschmeissner

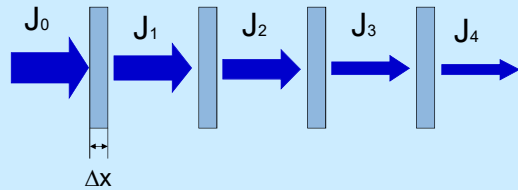
A hét kérdése



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

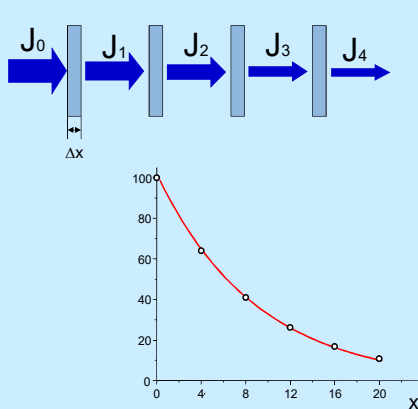
J : a közegbe belépő sugárzás intenzitása [W/m^2]

ΔJ : az intenzitás megváltozása Δx rétegen áthaladáskor

μ : 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 [W/m^2]

J : intenzitás x [m] rétegvastagság után

μ : gyengítési állandó [$1/\text{m}$]

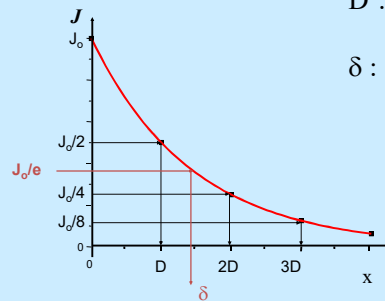
A gyengítési állandó függ: a foton energiájától
az abszorbens anyagi minőségétől
az abszorbens sűrűségétől

Grafikus megoldás

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

D : felező rétegvastagság

δ : 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

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

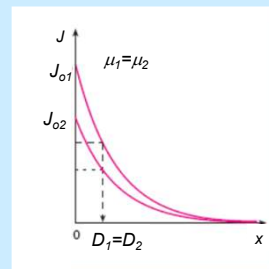
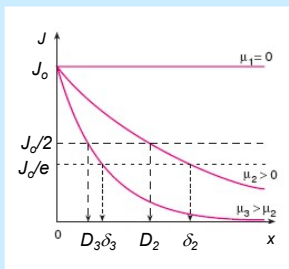
Ha $x = D \longrightarrow J_0 / 2 = J_0 e^{-\mu D}$

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

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

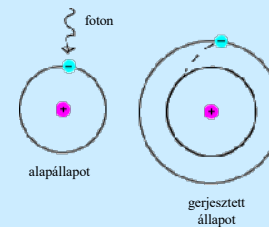
$$\mu = \frac{1}{\delta}$$

μ függ mindazoktól a tényezőktől, amelyekből D és δ .



A fényabszorpció mechanizmusa

(Ismétlés: atomszerkezet)

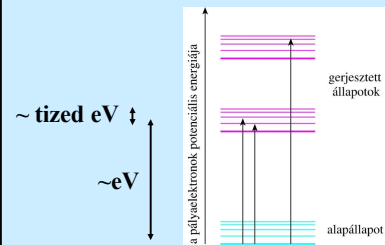


$$hf = \Delta E = E_{n+1} - E_n$$

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

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

Ellenőrző kérdések

Snellius – Descartes törvény
Fermat elv
határszög – teljes visszaverődés
fehér fény felbontása prizmával
vékony gömbi lencsék képalkotás – nevezetes sugármenetek
lencsetörvény
fénymikroszkóp képalkotása
fénymikroszkóp feloldási határa – Abbe elv, Abbe formula
elektron mikroszkópok
az elektron nyaláb hullámhossza
gyengítési törvény - differenciális és integrális alak
gyengítési együttható – definíció, az értéket befolyásoló tényezők

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.