

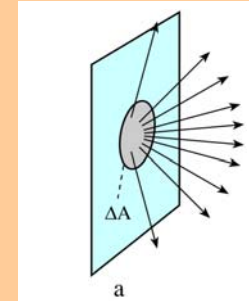
## Az elektromágneses sugárzás kölcsönhatása az anyaggal

### A fény kölcsönhatása az anyaggal 1.

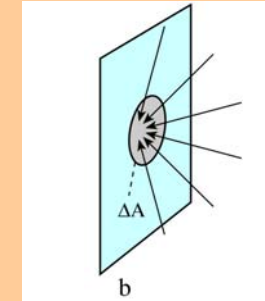
## Radiometriai alapfogalmak

Kisugárzott felületi teljesítmény

Besugárzott felületi teljesítmény



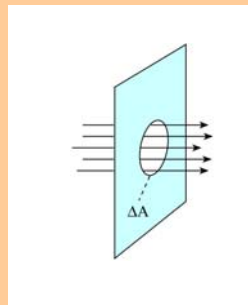
$$M = \frac{\Delta P}{\Delta A} \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$



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

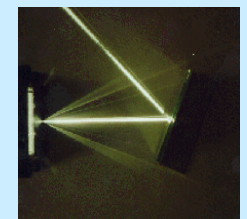
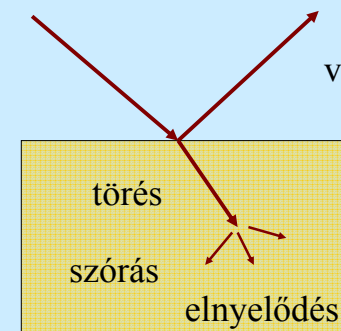
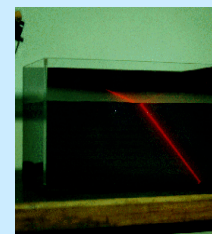
## Radiometriai alapfogalmak

Energiaáram sűrűség v. intenzitás



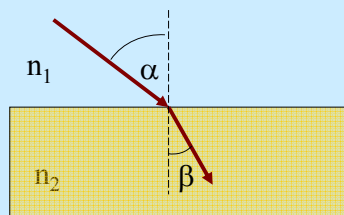
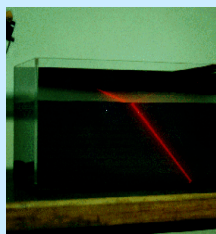
$$J_E = \frac{\Delta I_E}{\Delta A} \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

## A fény kölcsönhatása az anyaggal



# Fénytörés

Ismétlés: Fermat-elv a legrövidebb időről



$$n_1 < n_2$$

$$\alpha > \beta$$

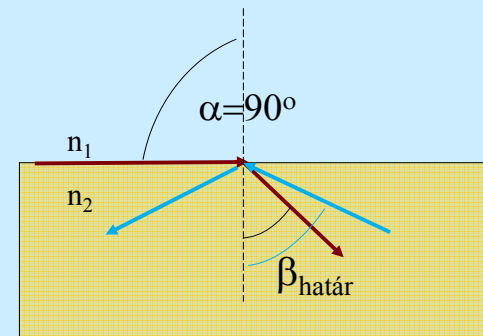
Snellius –Descartes törvény

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

Fehér fény felbontása



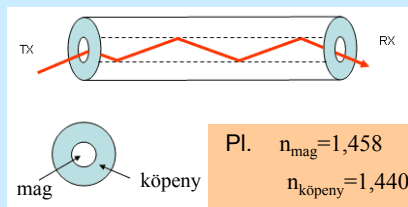
## Határszög – teljes visszaverődés



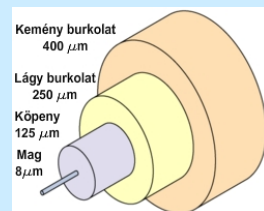
$$\beta > \beta_{\text{határ}}$$



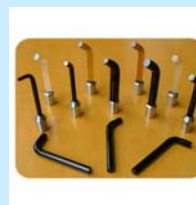
## Optikai szál



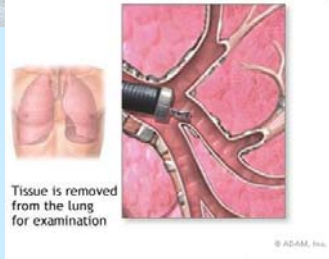
Pl.  $n_{\text{mag}} = 1,458$   
 $n_{\text{köpeny}} = 1,440$



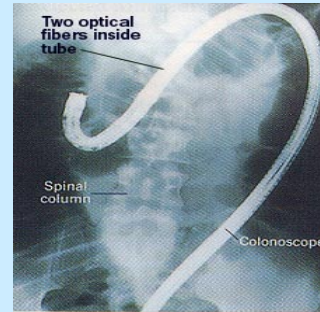
## Példák a fogorvosi alkalmazásra



## Példák az orvosi alkalmazásra



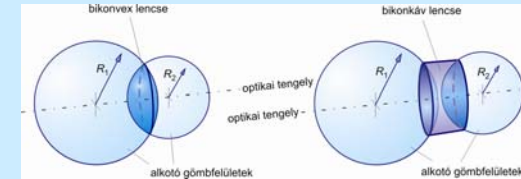
**Bronchoszkópia**



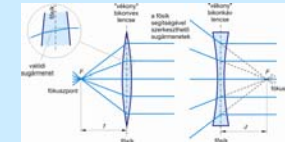
**Colonszkópia**

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

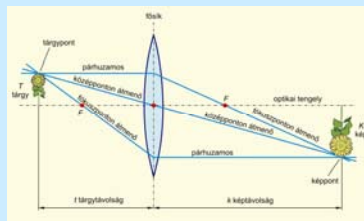
## Vékony gömbi lencsék képalkotása – Geometriai optika



Optikai lencsék származtatása gömbfelületekből

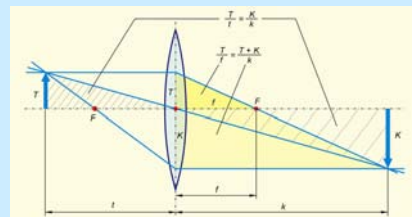


## Vékony gömbi lencsék képalkotása



Kép szerkesztése a nevezetes sugarak segítségével

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

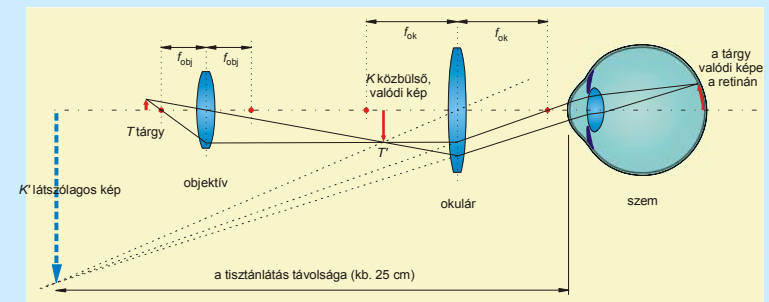


lencsetörvény

$$D = \frac{1}{f} = \frac{1}{t} + \frac{1}{k} = (n-1) \left( \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)$$

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

## A mikroszkópi képalkotás - ahogy a geometriai optika látja



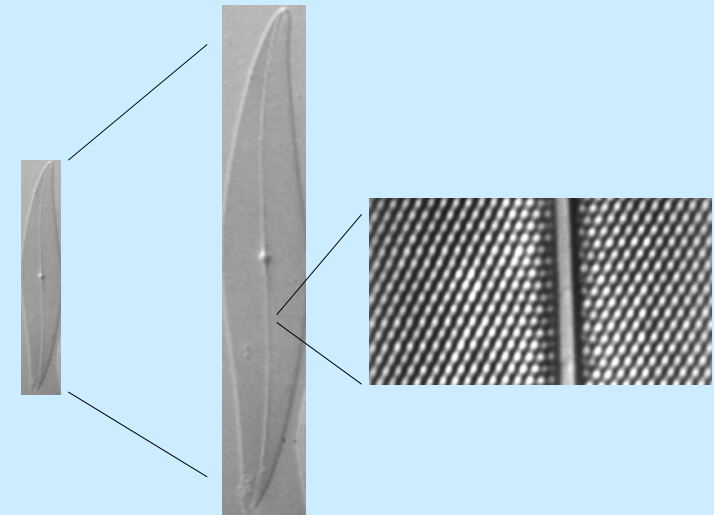
A keletkezett kép nagyított fordított állású látzólagos

$$N = N_1 * N_2$$

## Nagyítás vs Feloldás



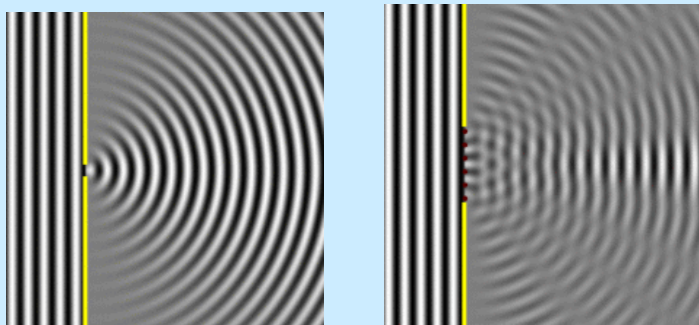
## Nagyítás vs Feloldás



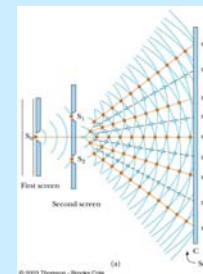
## A mikroszkópi képalkotás hullámoptikai alapjai

Mi az oka a feloldóképesség határának?

### Huygens-elv



## Young kísérlet



Hol vannak a maximum helyek?

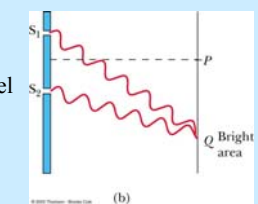
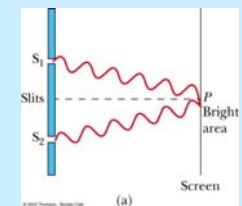
Pozitív interferencia

A rácspontoktól

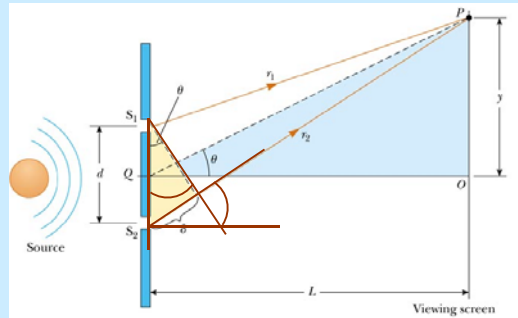
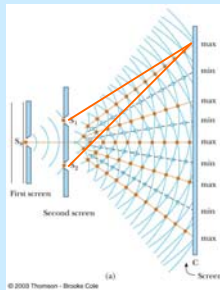
- azonos távolságra

vagy

- éppen  $\lambda$ -nyi útkülönbséggel



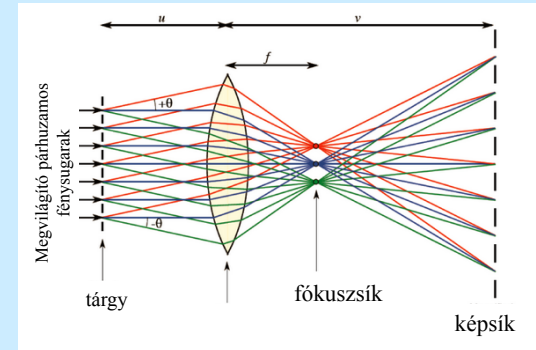
## Young kísérlet



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

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

## Fényelhajlás a mikroszkópi tárgyon



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

Feloldási határ ~ 200 nm

ABBE-ELV: Egy optikai rendszer csak azokat a tárgyrészleteket 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 ~ 2

NA ~  $10^{-3}$

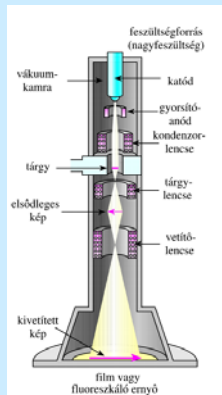
Feloldási határ ~ **200 nm**

Feloldási határ ~ **0,2 - 0,5 nm**

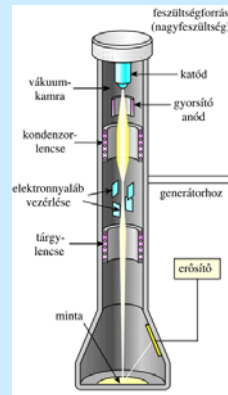


## Az elektronmikroszkóp felépítése

Transzmissziós elektronmikroszkóp  
TEM



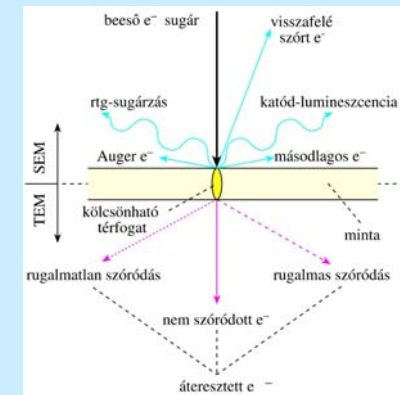
Pásztózó elektronmikroszkóp  
SEM



## Az elektronnyaláb kölcsönhatása

SEM

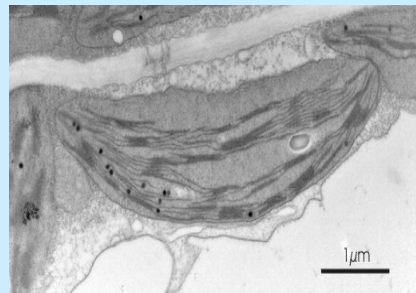
TEM



## Fénymikroszkóp vs Elektronmikroszkóp

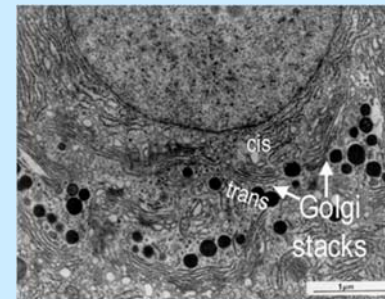


Spenót levél metszete  
fénymikroszkópban

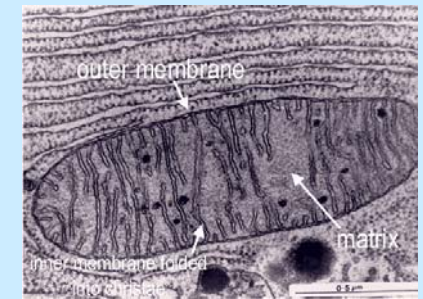


Színertestek spenót levél ultra-  
vékony metszetének TEM  
felvételén

## 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

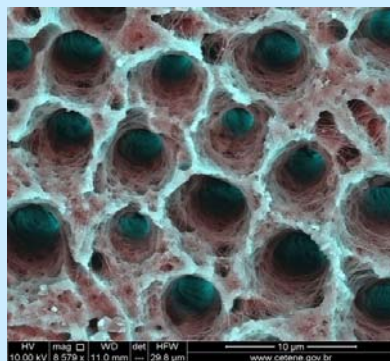


Scanning Electron Microscope image of bacteria in dental plaque magnified 30000 times !



Photograph © Mr. Steve Gschmeissner

## SEM



Dentin is found in teeth and comprises tiny channels called dentinal tubules. This images shows those tubules.

## Az emberi szem

$D$  : törőkéesség (dpt)

$n'$  : 1. közeg törésmutatója

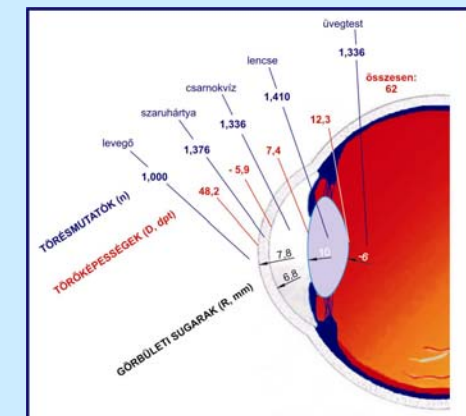
$n$  : 2. közeg törésmutatója

$R$  : görbületi sugár (m)

+ konvex

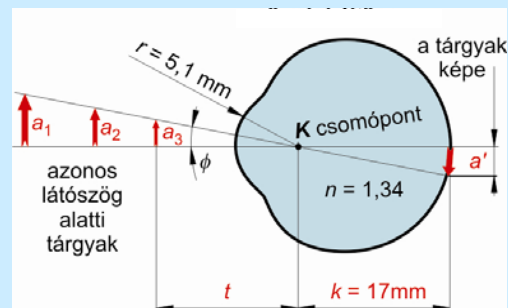
- konkáv

$$D = \frac{n - n'}{R}$$



## Az emberi szem optikája

### A redukált szem képkalkotása

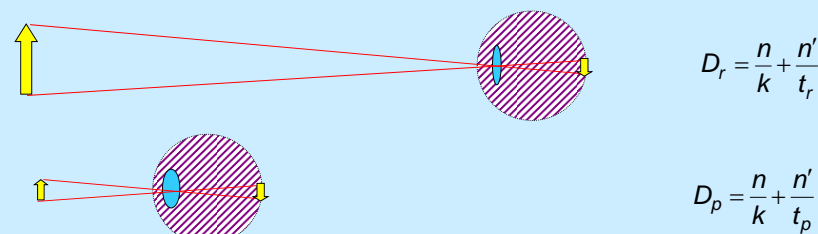


**törőképesség:** A szem egyes törőközegei törőképességének összege  
mértékegysége a dioptria: 1 dpt = 1/m,  $D_{\text{szem}} = 59 - 72$  dpt

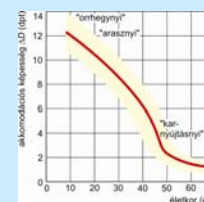
### A kép:

- valódi
- kicsinyített
- fordított állású

## Akkomodációs képesség

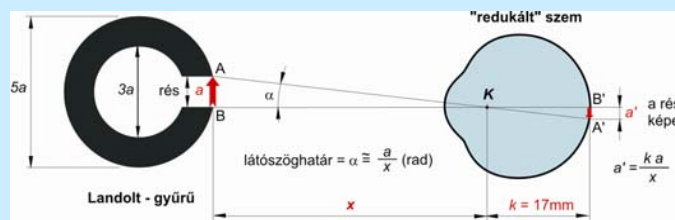


**akkomodációs képesség:** a legnagyobb és legkisebb törőképesség különbsége



$$\Delta D = D_p - D_r = \frac{1}{t_p} - \frac{1}{t_r}$$

közelpont                      távolpont



### látószöghatár ( $\alpha$ ):

Azt a legkisebb látószöget, amelyenél két különálló  $A$  és  $B$  pontot éppen meg tudunk különböztetni egymástól

**felbontóképesség** vagy **látásélesség** (visus):

$$\text{látásélesség (visus)} = \frac{1(\prime)}{\alpha(\prime)} \cdot 100\%$$

normális 1'-es látószöghatár                      tényleges látószöghatár

## A látásélesség korlátai

A látásélességet befolyásoló tényezők:

1. A törőfelületek geometriai hibái
2. Hullámoptikai jelenségek
3. A receptorok véges sűrűsége





Mi a feltétele az optikai szál magjában létrejövő teljes visszaverődésnek?

VI. 2.  
2.1.  
2.2.  
X.5.