

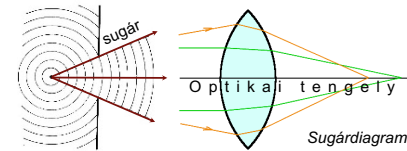
GEOMETRIAI OPTIKA

KELLERMAYER MIKLÓS

Geometriai optika

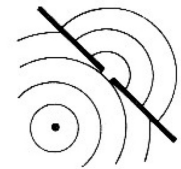
Geometriai optika

Ha a fény a hullámhossznál sokkal nagyobb résen halad át, a hullámfront (fázis) terjedése egyenessé („sugár”) egyszerűsíthető.



(megj.: hullámoptika - jövő hét)

Ha a fény a hullámhossznál kisebb vagy azzal összemérhető résen halad át, a hullámméreteket figyelembe kell venni.

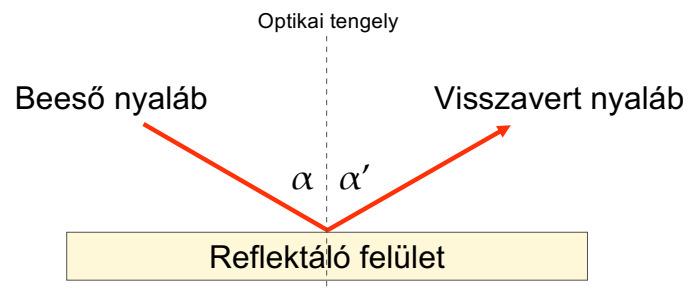


- Optikai nyaláb („fényugár”): absztrakció, matematikai egyenes.
- A nyílak az energiaterjedés irányát jelölik.
- Optikai tengely: az optikai elemek (pl. lencsék) középpontján áthaladó egyenes.
- Reverzibilitás elve: az energiaterjedés (nyílak) iránya megfordítható.

A fény terjedési sebessége **vákuumban**: $c = 2,99792458 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$
Optikailag sűrűbb közegben a fény terjedési sebessége csökken (c_1).
 Ez kifejezhető az abszolút törésmutatóval (n_1):

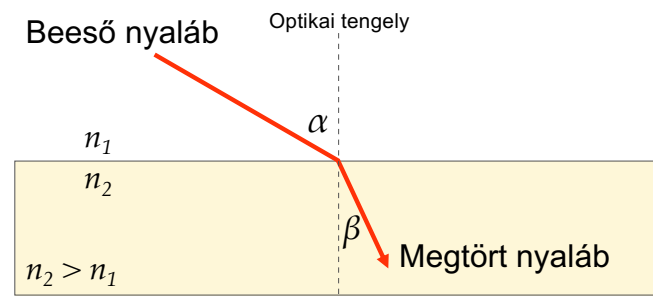
$$n_1 = \frac{c}{c_1}$$

Fényvisszaverődés: Reflexió



- α = beesési szög; α' = visszaverődési szög.
- Beeső és visszavert nyalábok azonos síkban vannak.
- Beesési és visszaverődési szögek azonosak ($\alpha = \alpha'$).

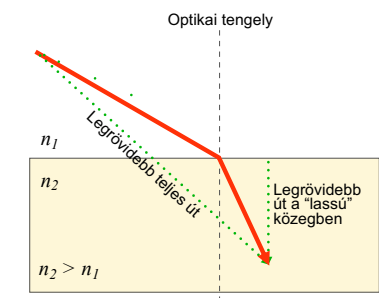
Fénytörés



- α = beesési szög; β = törési szög.
- Beeső és megtört nyalábok azonos síkban vannak.
- Snellius-Descartes törvény:

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

A fénytörés magyarázata: a legrövidebb idő Fermat-féle elve



A fény azt az utat járja be, amelyet a leggyorsabban (i.e., **legrövidebb idő** alatt) tud megtenni.

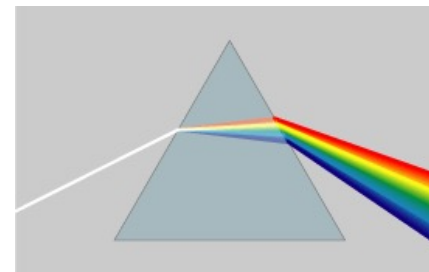
A Fermat-elv a természetben máshol is működik!



Hangyák (*Wasmannia auropunctata*) "útválasztása" különböző "ellenállású" közegek találkozásánál

Diszperzió

A törésmutató frekvenciafüggő!



- Nagyobb frekvencia - nagyobb törésmutató
- A prizma hullámhossz (fizikai szín) szerinti komponensekre bontja a fehér fényt

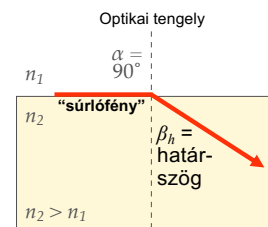
Diszperzióval érdekes helyeken találkozhatunk...



Pink Floyd: The Dark Side of the Moon

A fénytörés analitikai alkalmazása: Refraktometria

A fénytörés határeset



Mivel $\sin(90^\circ) = 1$, ezért a Snellius-Descartes-törvény alapján:

$$n_1 = n_2 \sin \beta_h$$

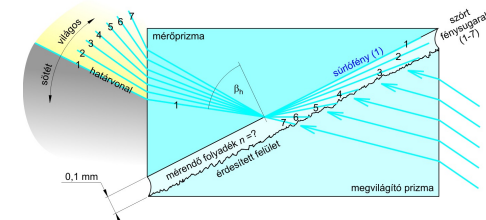
tehát n_2 ismeretében β_h megméréssel kiszámíthatjuk a beesési közeg törésmutatóját (n_1).

Refraktometria

Híg oldatok törésmutatója (n_1) koncentrációfüggő (c):

$$n_1 = n_0 + k \cdot c$$

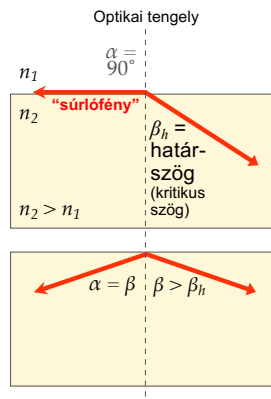
n_1 = oldószer törésmutatója, k = konstans



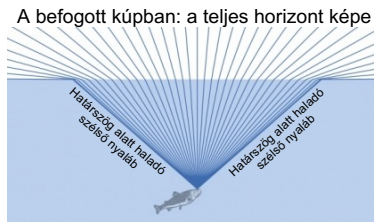
Alkalmazás feltételei:

- A minta folyadék
- A minta átlátszó
- A minta törésmutatója kisebb mint a mérőprizmáé

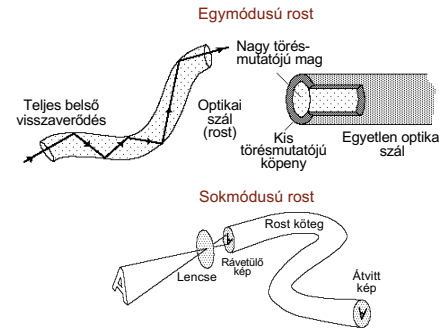
Teljes belső visszaverődés



Fényvisszaverődés az optikailag sűrűbb közegben



Teljes belső visszaverődés alkalmazása: optikai fényvezetés



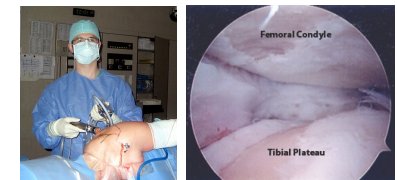
Ha az optikai szálak geometriája megtartott, akkor a köteg a képet hűen továbbítja.

Endoscopy

- CÉLOK
1. Diagnosztika: lokális inspekcio, biopszia, kontrasztanyag beadás
 2. Terápia: sebészet, kauterizáció (vérzéscsillapítás), idegentest eltávolítás

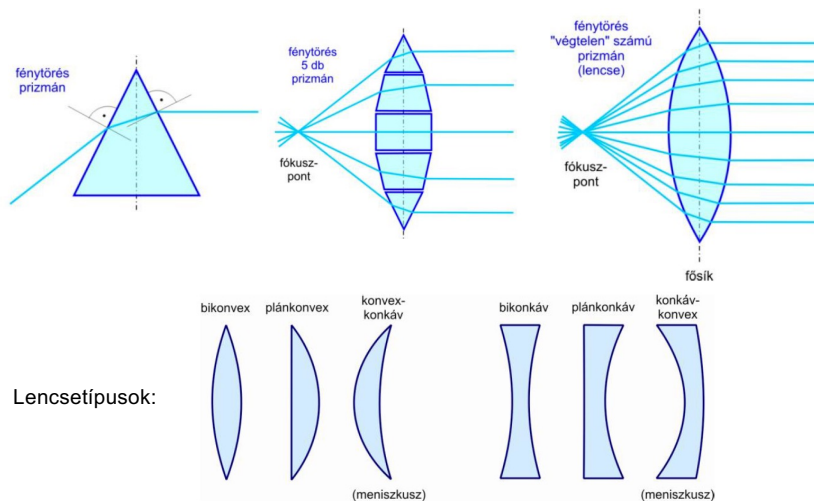
TÍPUSOK

Arthroscopia (ízületek); **Bronchosopia** (légutak); **Colonosopia** (colon); **Colposopia** (vagina és cervix); **Cystosopia** (cysta, ureter, urethrán keresztül); **ERCP** (endoscopy retrograde cholangio-pancreatography, kontrasztanyag bejuttatása az epeutakba és a ductus pancreaticusba); **EGD** (Esophago-gastroduodenosopia); **Laparosopia** (abdominalis szervek vizsgálata a hasfalon keresztül); **Laryngosopia** (larynx); **Proctosopia** (rectum, sigma); **Thoracosopia** (pleura, mediastinum, pericardium a mellkasfalán keresztül).



Arthroscopiás sebészet

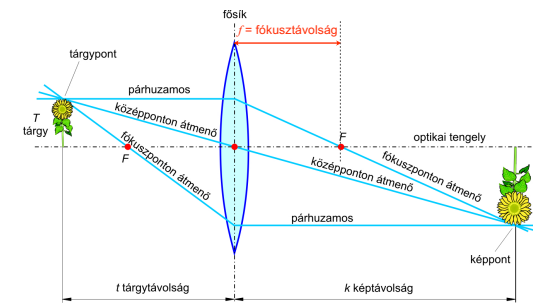
Fénytörés görbült felületen



Lencsetípusok:

Optikai leképezés

Görbült felületű törőközzel leképezést végezhetünk (egy tárgyponttól a tér egy másik pontján képet alkothatunk)



- Valós kép: kivetíthető
- Virtuális kép: járulékos lencsével leképezhető
- Nagyítás > 1 , ha a tárgy $2f$ -en belül

Nagyítás

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

Lencsetörvény

$$D = \frac{1}{f} = \frac{1}{t} + \frac{1}{k}$$

$D = \text{törőképesség (dioptria, m}^{-1}\text{)}$

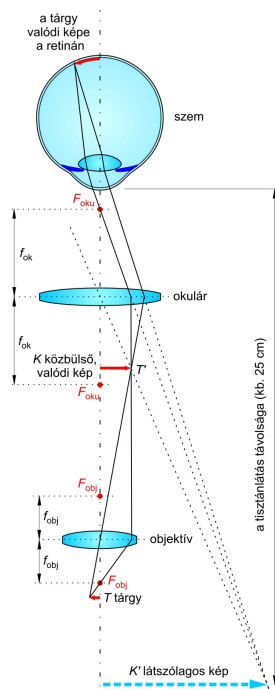
Törőfelület törőképessége

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

$n - n' = \text{törőközegek törésmutató-különbsége}$
 $r = \text{törőfelület görbületi sugara}$

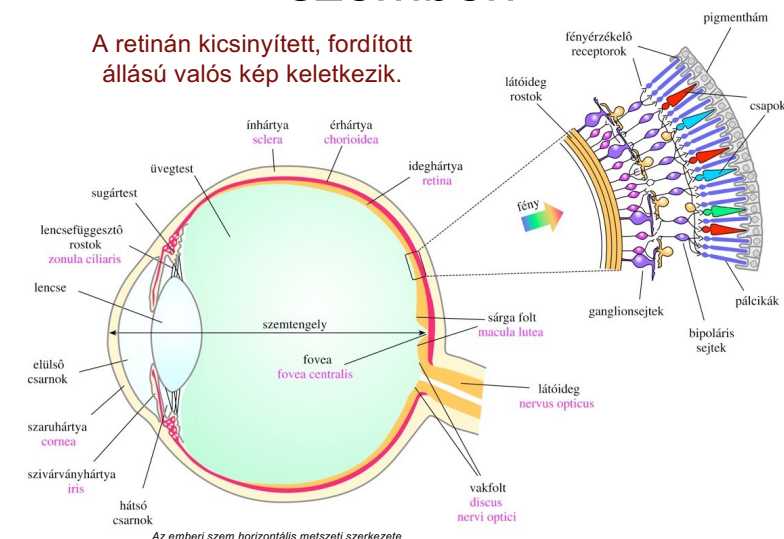
Képkotás az összetett fénymikroszkópban

- Nagyított, fordított állású virtuális kép
- Leképezés feltétele: egy járulékos lencse (szemlencse) optikai útba helyezése



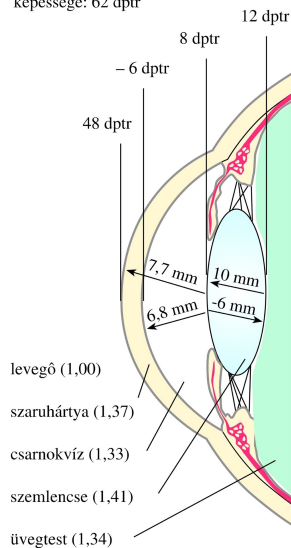
Optikai leképezés az emberi szemben

A retinán kicsinyített, fordított állású valós kép keletkezik.



A szem optikája

A szem teljes törőképsége: 62 dptr



Szembe jutó optikai teljesítmény (P):

$$P = J\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

J = intenzitás (W/m^2)
 d = pupilla átmérő

A pupilla átmérő függvényében:

$$\frac{P_{\max}}{P_{\min}} = \left(\frac{d_{\max}}{d_{\min}}\right)^2 = 16$$

$d_{\max} = 8 \text{ mm}$
 $d_{\min} = 2 \text{ mm}$

Törőfelületek törőképsége (D):

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

$n - n'$ = határoló törőközegek (levegő, a szem optikai közegei) törésmutatókülönbsége
 r = törőfelület görbületi sugara

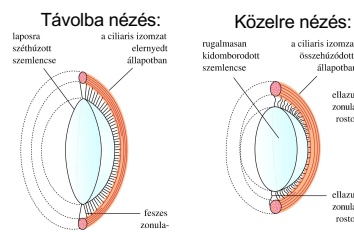
N.B.:

- 1) $n - n'$ legnagyobb a levegő-cornea határfelületen.
- 2) A törőképség változtatására két mechanizmus kínálkozik (n' és r változtatása)!

Akkomodáció és refrakciós hibák

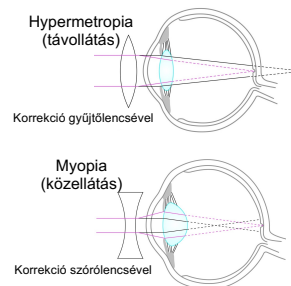
Akkomodáció:

- A szem törőképségének adaptálódása a tárgytávolsághoz.
- Alapja: a szemlencse görbületi sugarának megváltozása.
- Akkomodációs képesség: a közelpont és távolpont közötti, dioptriában kifejezett különbség.

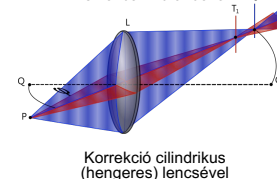


Presbyopia:

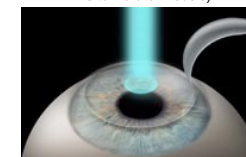
- Az akkomodációs képesség csökken.
- Kor előrehaladtával fokozódik (>45 év).
- Közellátás romlik.



Astigmatismus:
a fókusz távolság az x- és y-síkokban különböző



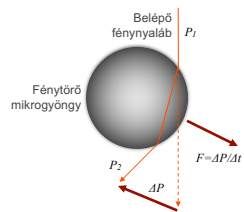
Refrakciós hiba végleges javítása: LASIK (Laser Assisted In Situ Keratomileusis)



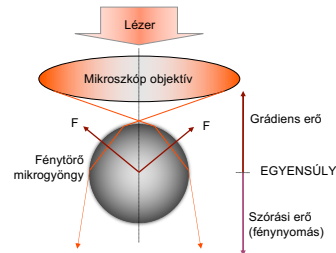
A szaruhártya lokális görbületi sugarát változtatjuk meg (lézsersebészeti eljárással)

Mikromanipuláció refrakcióval

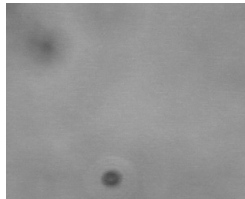
A refrakció fényimpulzus-változással (ΔP) jár (elméleti magyarázat később):



Fénytörő részecskék "optikai erőkkel" megfoghatók:

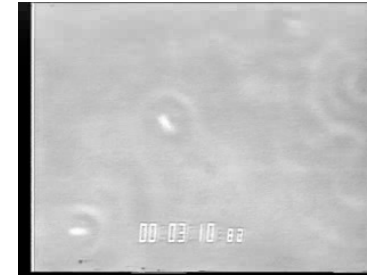


Az **optikai csipeszben** a fotonok és a fénytörő részecske között **impulzuscsere** lép fel



3 μm átmérőjű latex (poliszirol) mikrogöngyök optikai csipeszben

Az optikai csipesszel élő sejtek is megfoghatók



Baktérium csapdázása optikai csipesszel

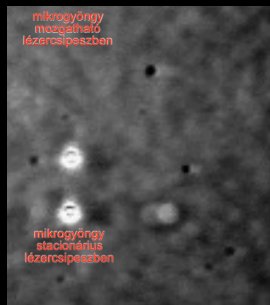
Csomókötés egyetlen molekulafonálra optikai csipesszel

Aktin filamentum

DNS

Fáziskontraszt kép

Fluoreszcencia kép



mikrogöngy
stacionárius
lézercsipesszben

Fluoreszcencia kép

Arai et al. Nature 399, 446, 1999.

OMHV



<https://feedback.semmelweis.hu/feedback/index.php?feedback-gr=ZKUHISSMI2C16AQM>