

GEOMETRIAI OPTIKA

KELLERMAYER MIKLÓS

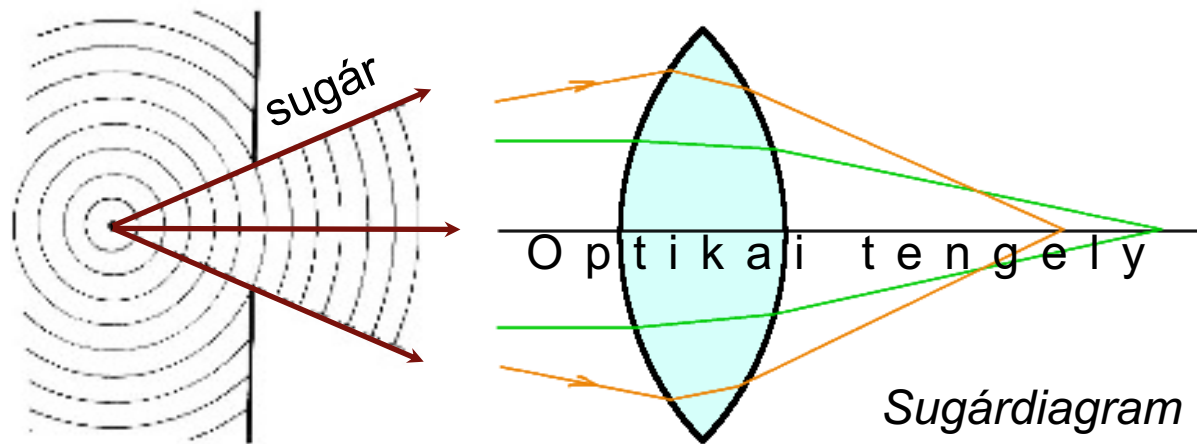
Geometriai optika

- Fényvisszaverődés, fénytörés, refraktometria
- Teljes belső visszaverődés, endoszkópia
- Fénytörés görbült felületen, optikai leképezés, lencsetörvény
- A fénymikroszkóp
- Az emberi szem optikája
- Mikromanipulálás fénytöréssel

Geometriai optika

Geometriai optika

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



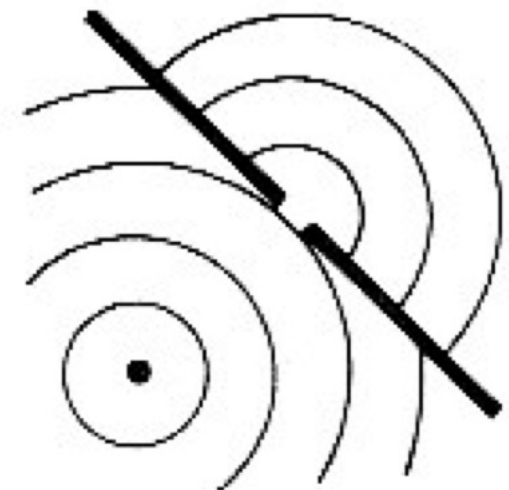
- Optikai nyaláb („fény sugar”): absztrakció, matematikai egyenes.
- A nyilak az energiaterjedés irányát jelölik.
- Optikai tengely: az optikai elemek (pl. lencsék) középpontján áthaladó egyenes.
- Reverzibilitás elve: az energiaterjedés (nyilak) iránya megfordítható.

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):

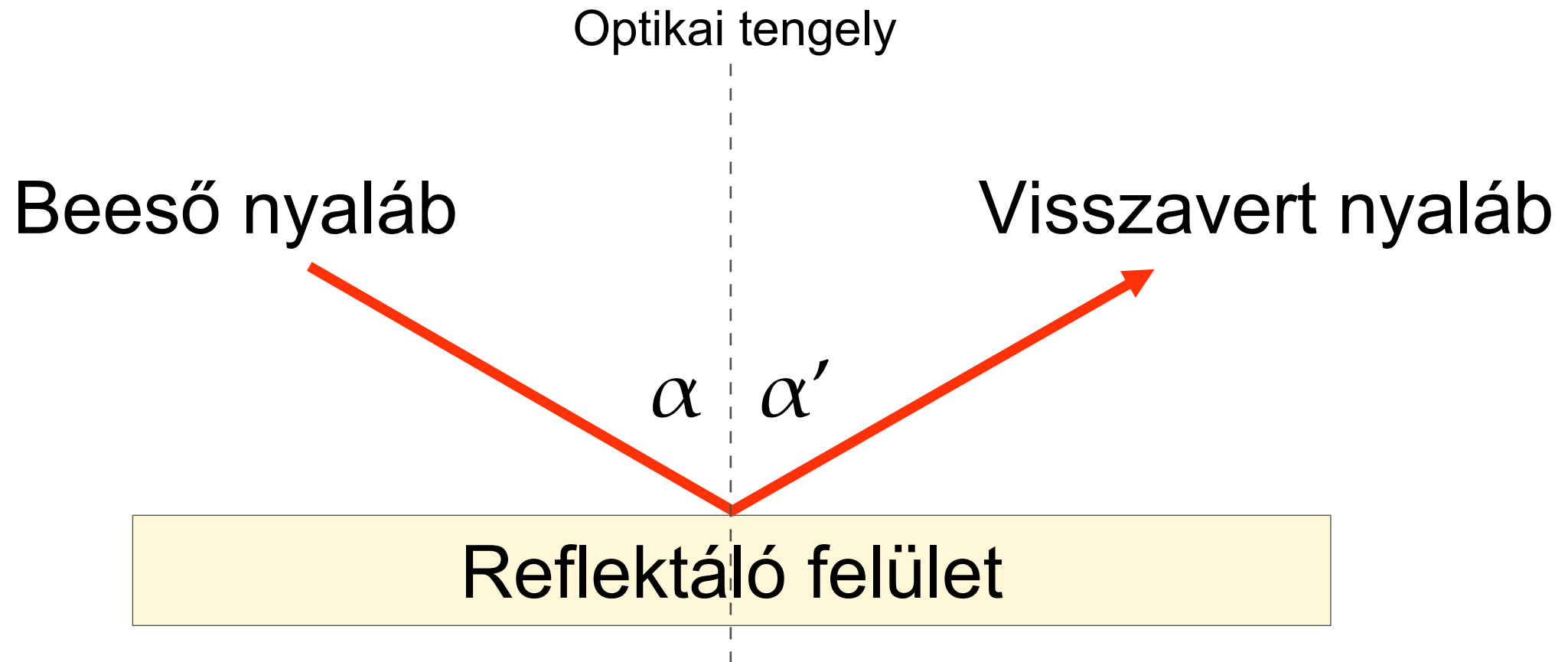
$$n_1 = \frac{c}{c_1}$$

(megj.: hullámoptika -
jövő hét)

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

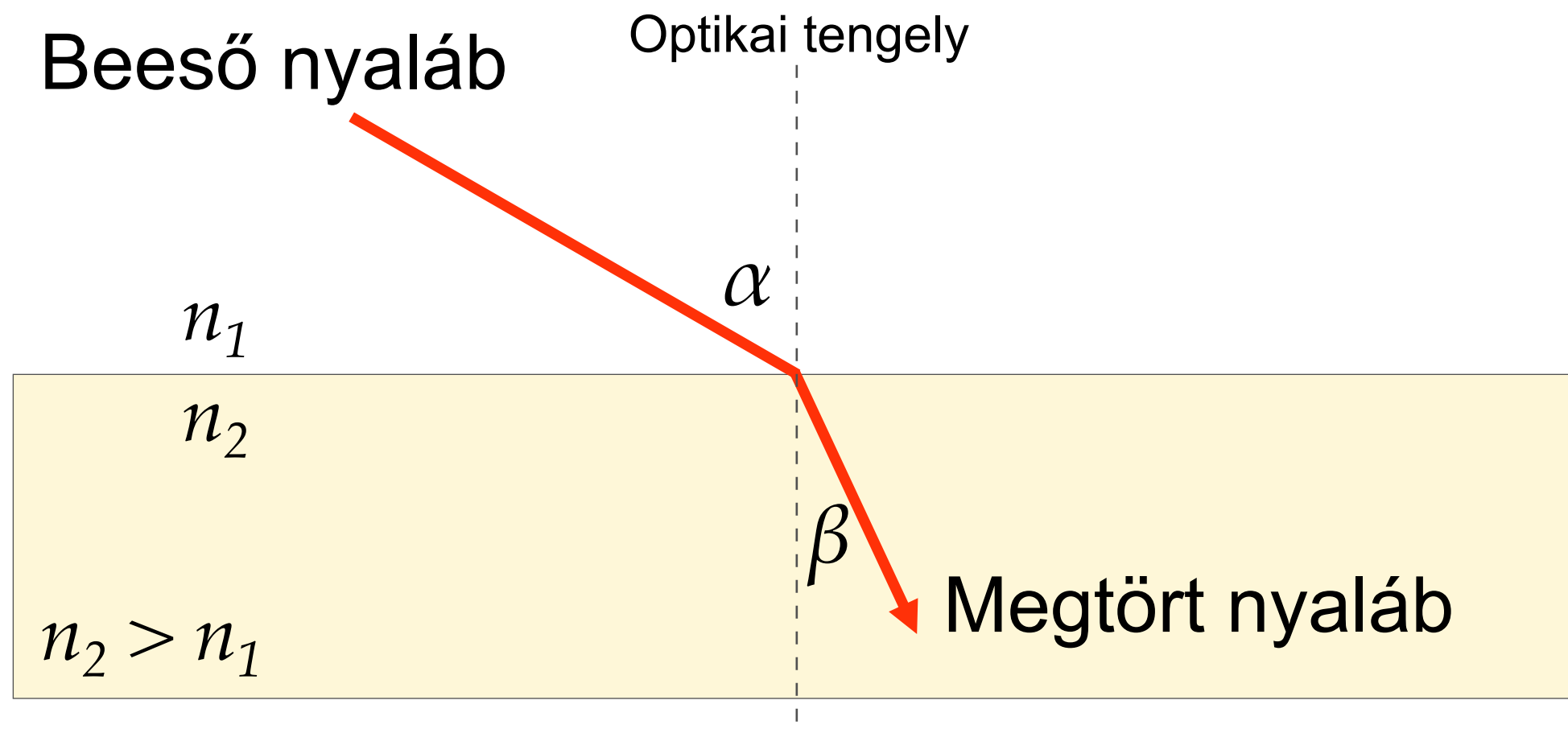


Fényvisszaverődés: Reflexió



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

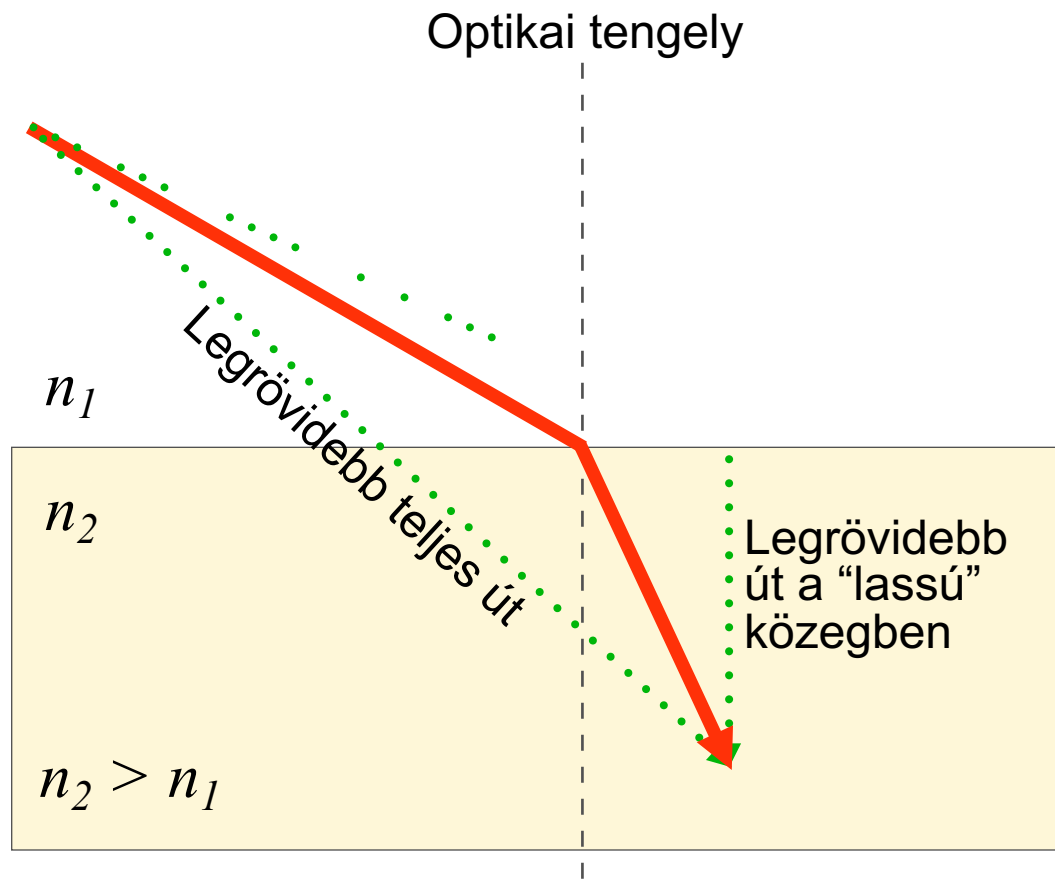
Fénytörés



- 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.

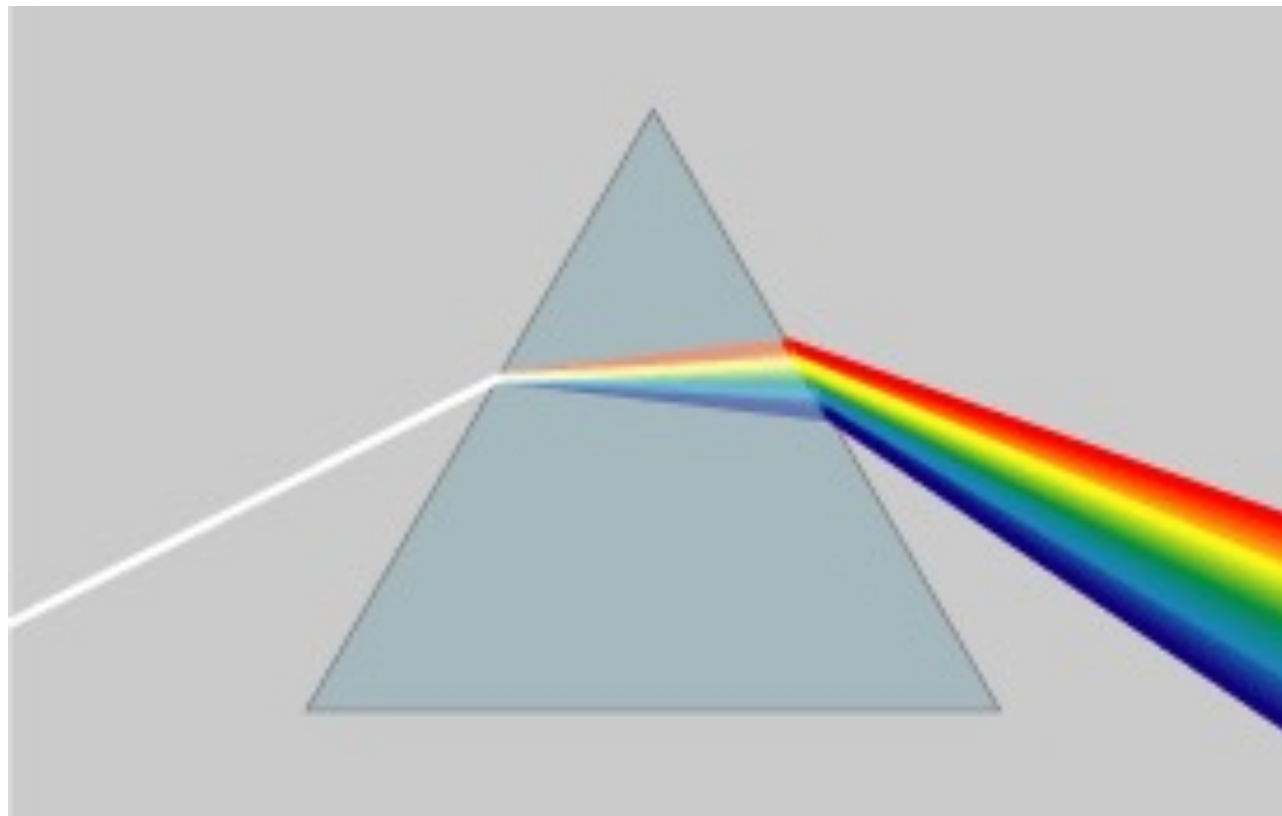
A Fermat-elv a természetben máshol is működik!



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

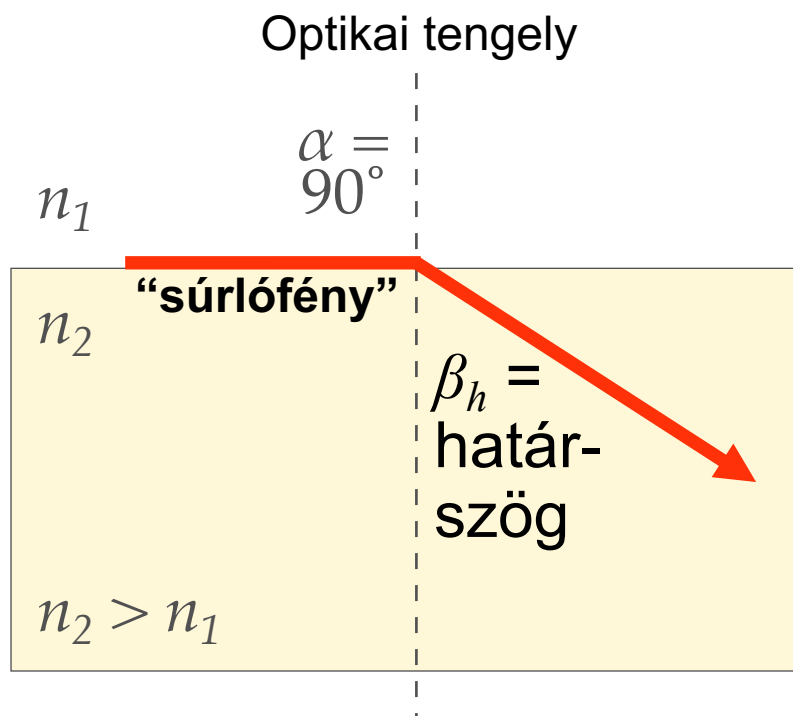
Diszperzióval érdekes helyeken találkozhatunk...



Pink Floyd: The Dark Side of the Moon

A fénytörés analitikai alkalmazása: Refraktometria

A fénytörés határesetete



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

$$n_1 = n_2 \sin \beta_h$$

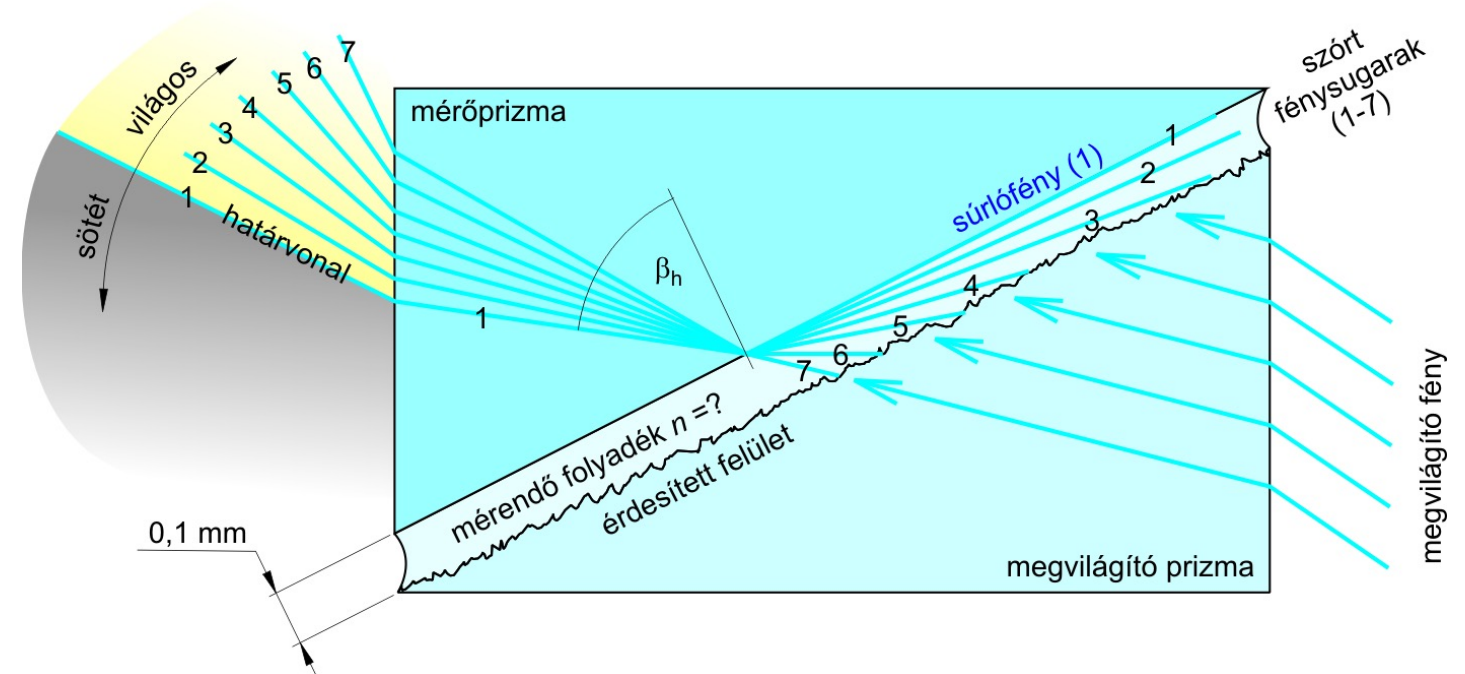
tehát n_2 ismeretében β_h megmérésével kiszámíthatjuk a beesési közeg törésmutatóját (n_1).

Refraktometria

Híg oldatok törésmutatója (n_1) koncentrációfüggő (c):

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

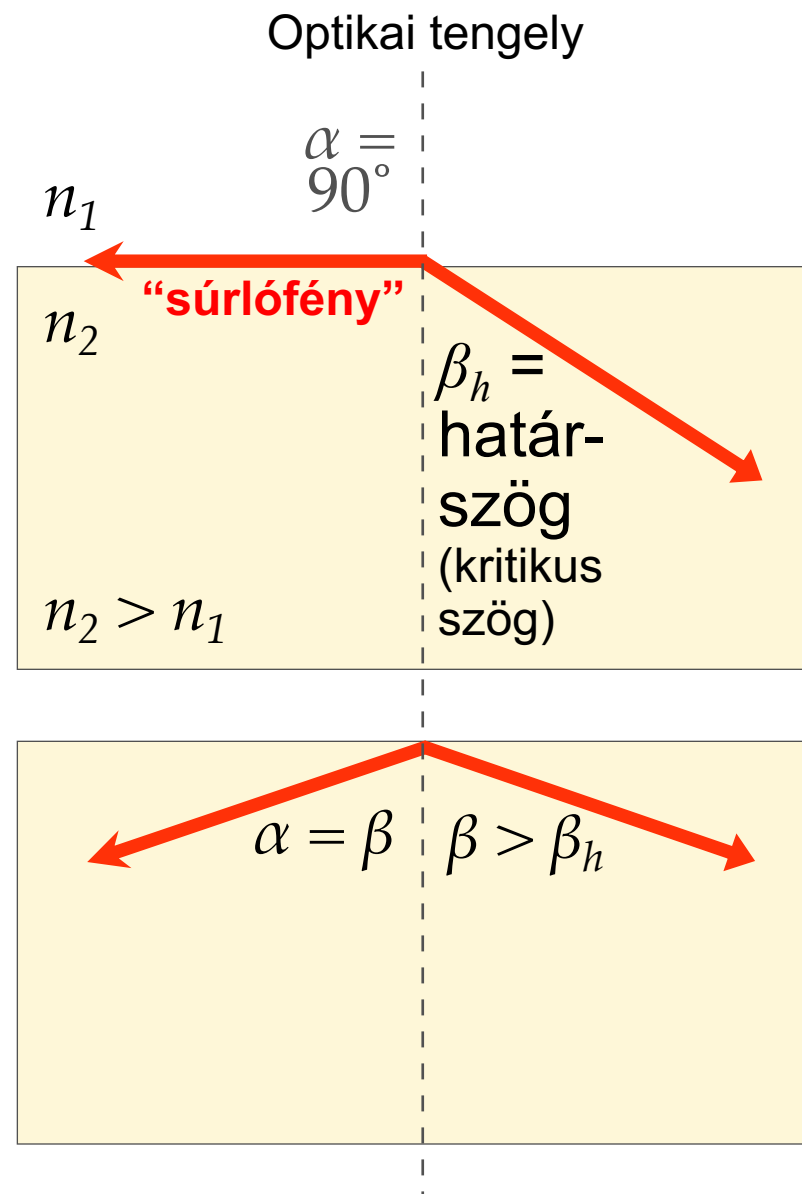
n_1 = oldószer törésmutatója, k = konstans



Alkalmazás feltételei:

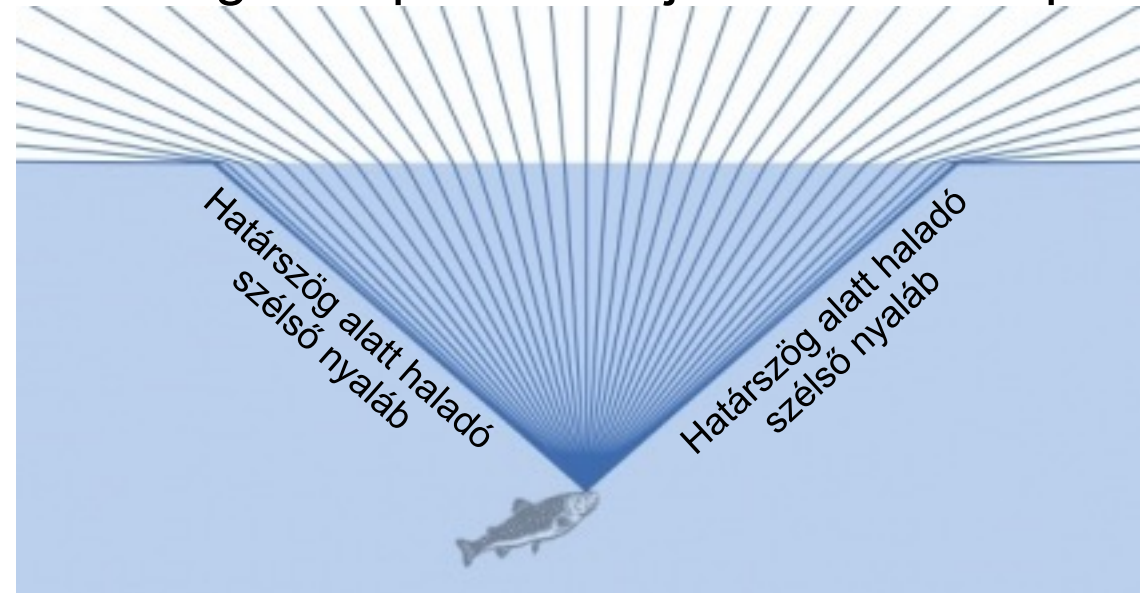
- A minta folyadék
- A minta átlátszó
- A minta törésmutatója kisebb mint a mérőprizmáé

Teljes belső visszaverődés



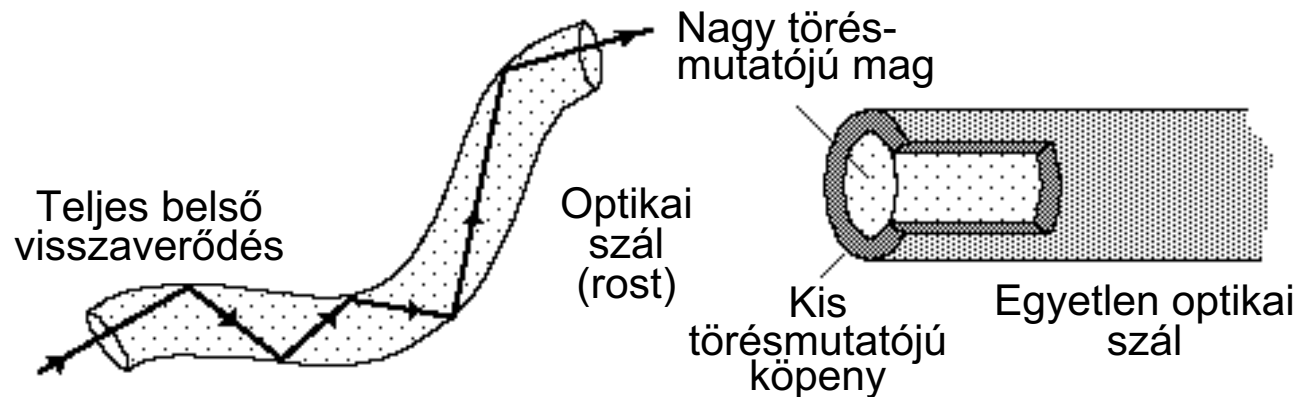
Fényvisszaverődés az
optikailag sűrűbb közegben

A befogott kúpban: a teljes horizont képe

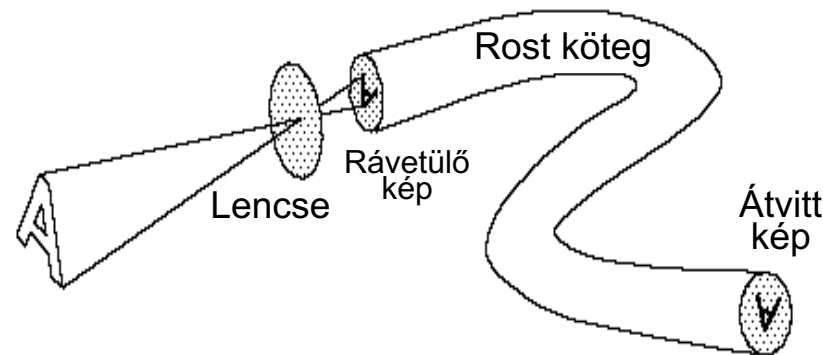


Teljes belső visszaverődés alkalmazása: optikai fényvezetés

Egymódusú rost



Sokmódusú rost



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

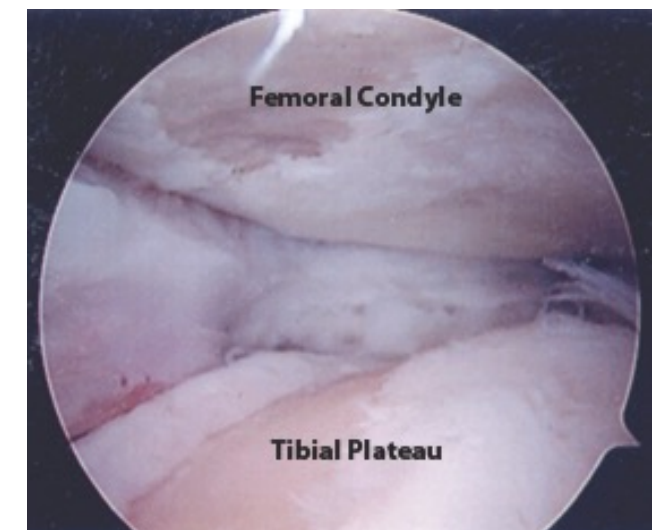
Endoscopy

CÉLOK

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

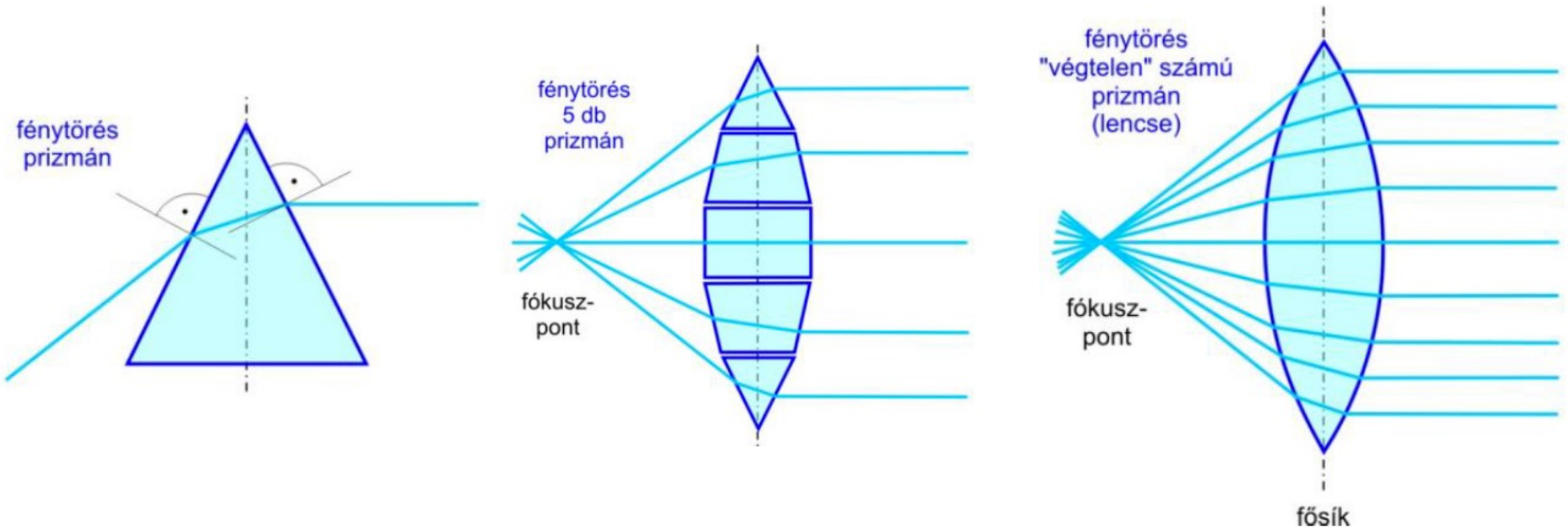
TÍPUSOK

Arthroscopia (ízületek); *Bronchoscopy* (légutak); *Colonoscopy* (colon); *Colposcopy* (vagina és cervix); *Cystoscopy* (cysta, ureter, urethrán keresztül); *ERCP* (endoscopyás retrográd cholangio-pancreatographia, kontrasztanyag bejuttatása az epeutakba és a ductus pancreaticusba); *EGD* (Esophago-gastroduodenoscopya); *Laparoscopy* (abdominalis szervek vizsgálata a hasfalán keresztül); *Laryngoscopy* (larynx); *Proctoscopy* (rectum, sigma); *Thoracoscopy* (pleura, mediastinum, pericardium a mellkasfalán keresztül).

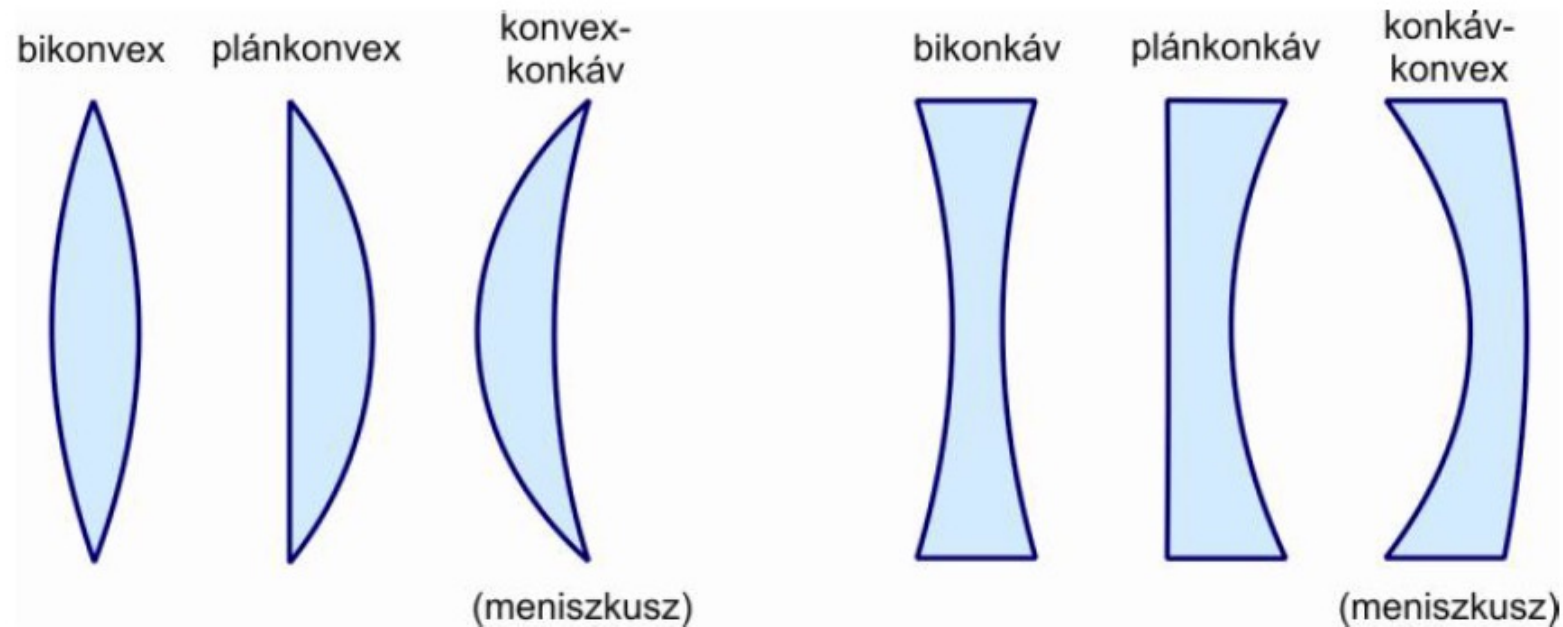


Arthroscopiás sebészet

Fénytörés görbült felületen

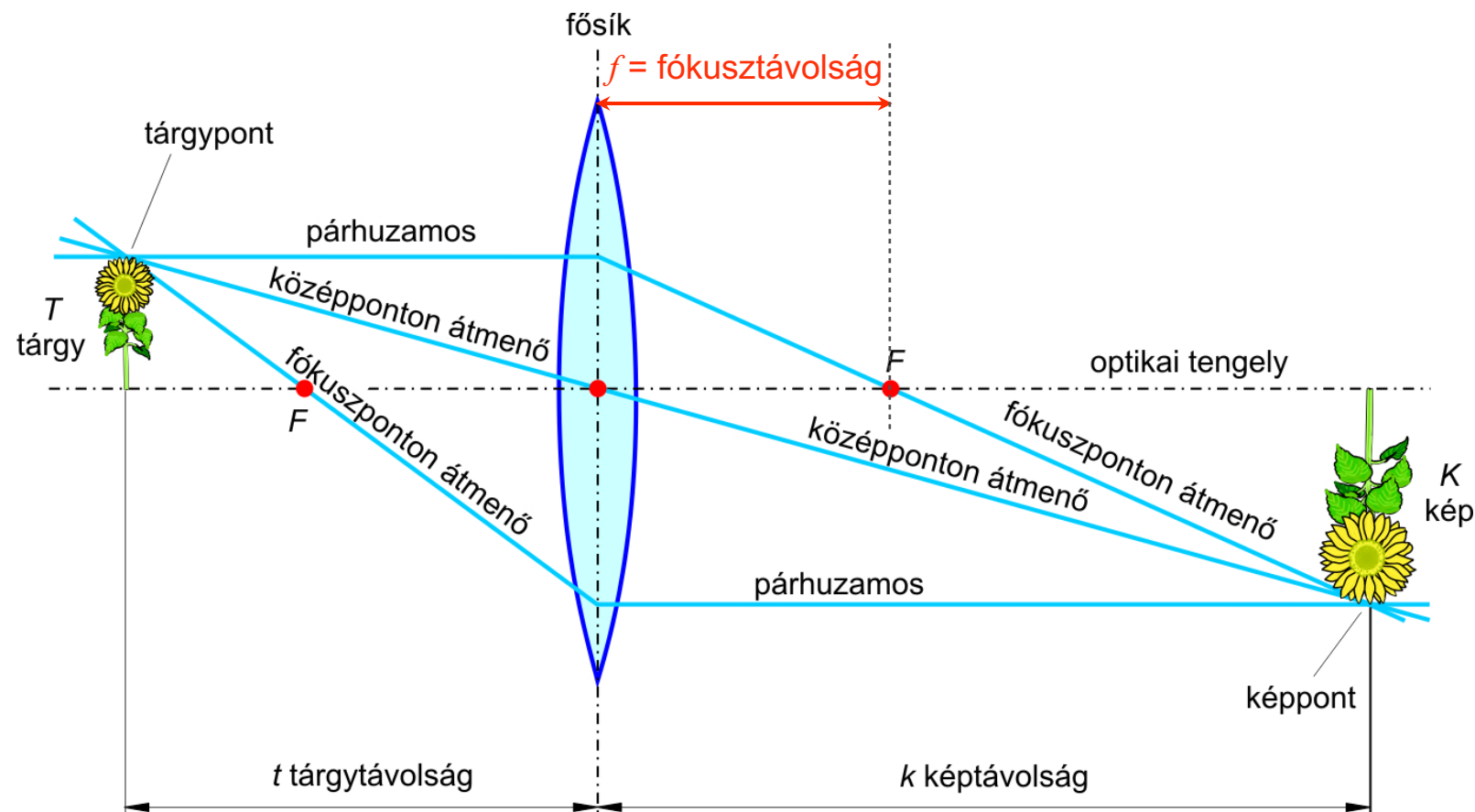


Lencsetípusok:



Optikai leképezés

Görbült felületű törőközeggel leképezést végezhetünk (egy tárgypontból 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 = törőképesség (dioptria, m^{-1})

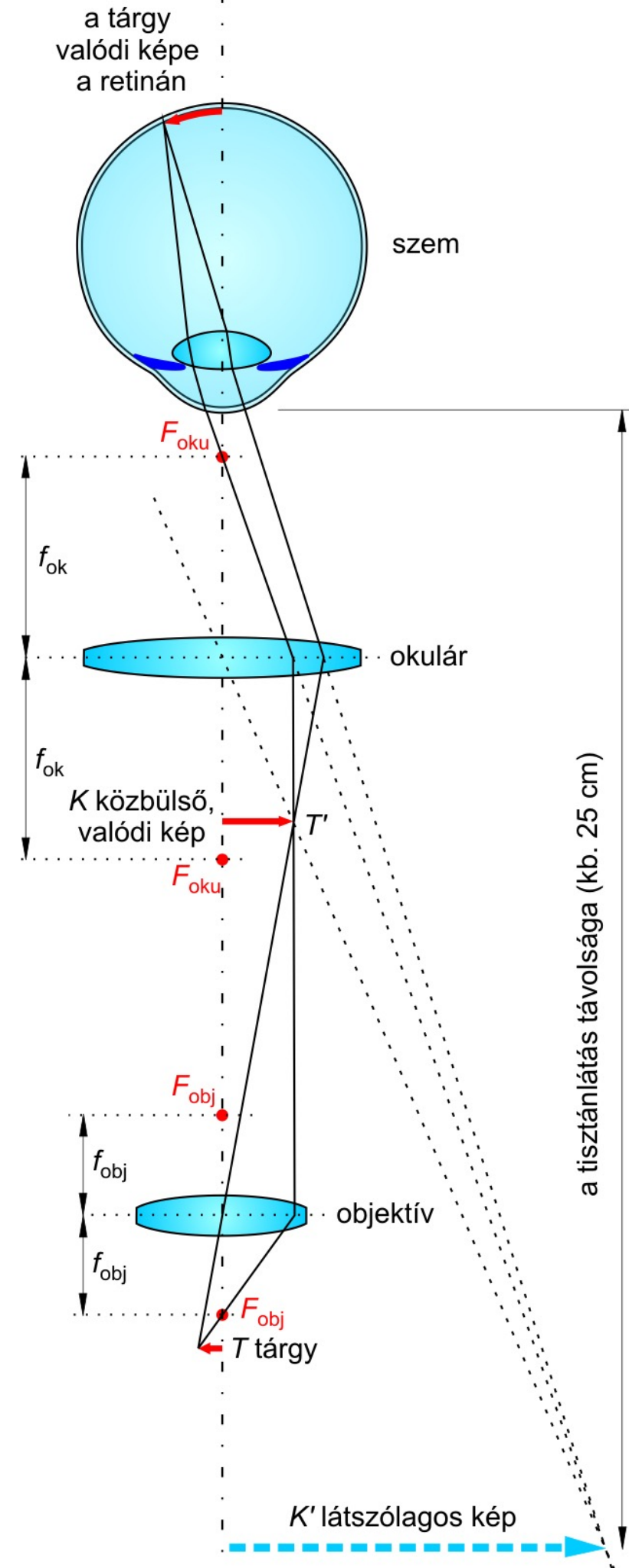
Törőfelület törőképessége

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

$n - n'$ = törőközegek törésmutató-különbsége
 r = törőfelület görbületi sugara

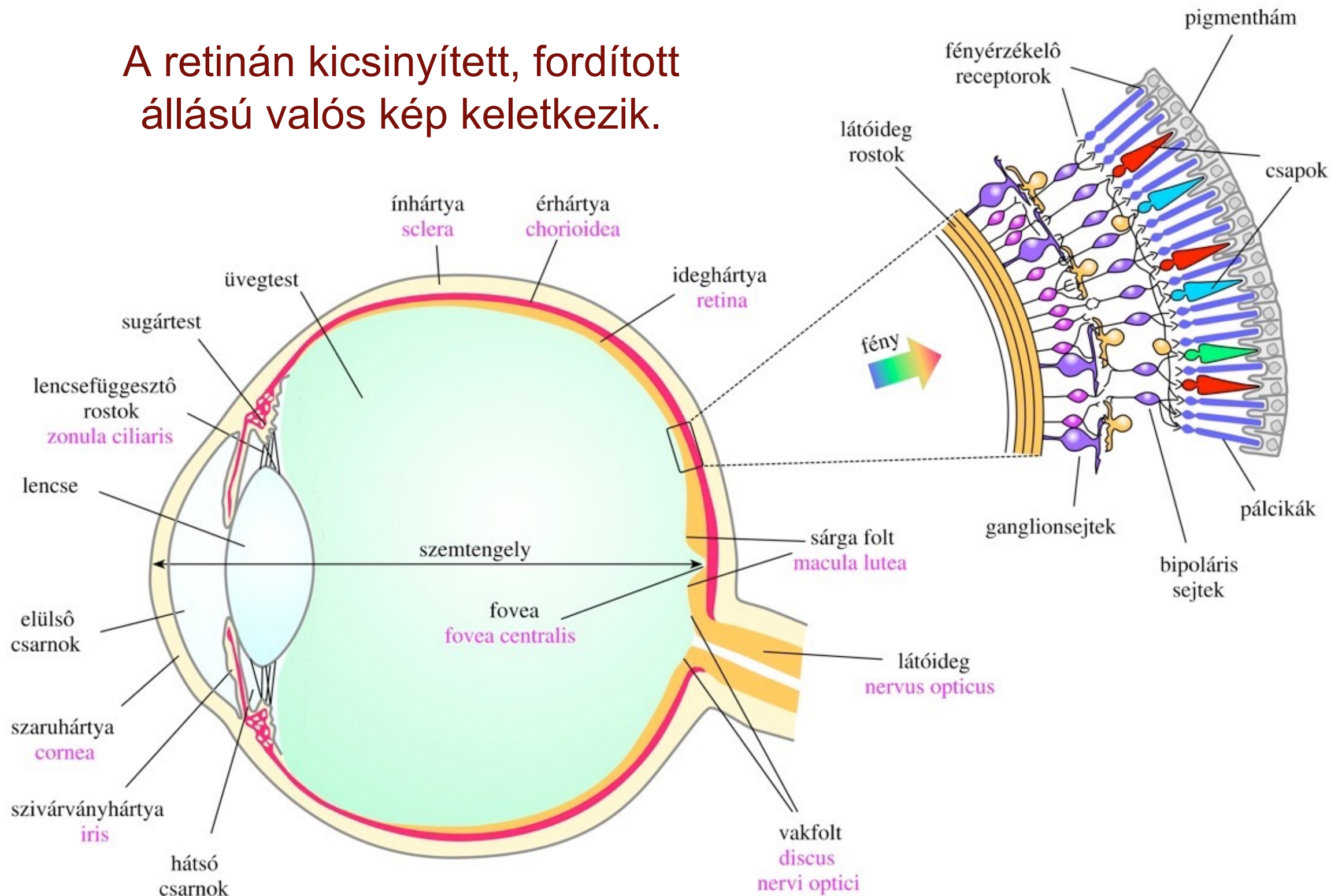
Képzalkotás az összetett fénymikroszkópban

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



Optikai leképezés az emberi szemben

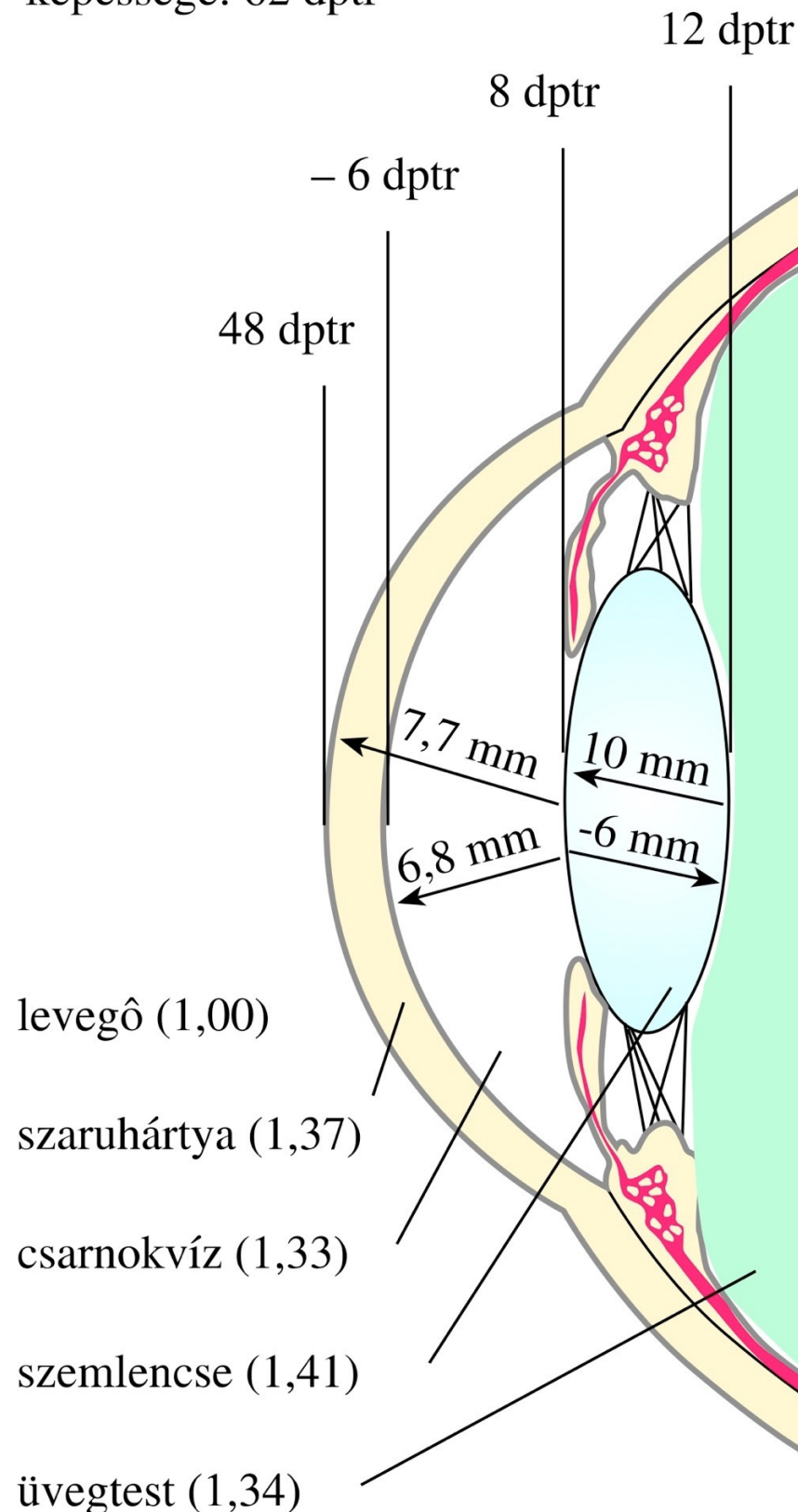
A retinán kicsinyített, fordított állású valós kép keletkezik.



Az emberi szem horizontális metszeti szerkezete

A szem optikája

A szem teljes törőképessége: 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 törőképessége (D):

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

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

N.B.:

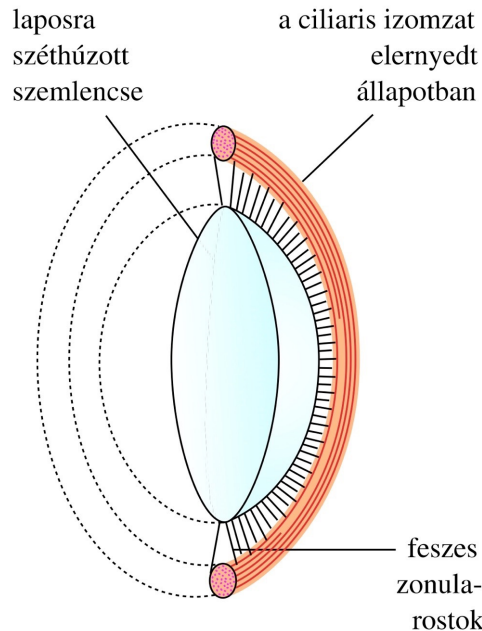
- 1) $n-n'$ legnagyobb a levegő-cornea határfelületen.
- 2) A törőképesség változtatására két mechanizmus kínálkozik (n' és r változtatása)!

Akkomodáció és refrakciós hibák

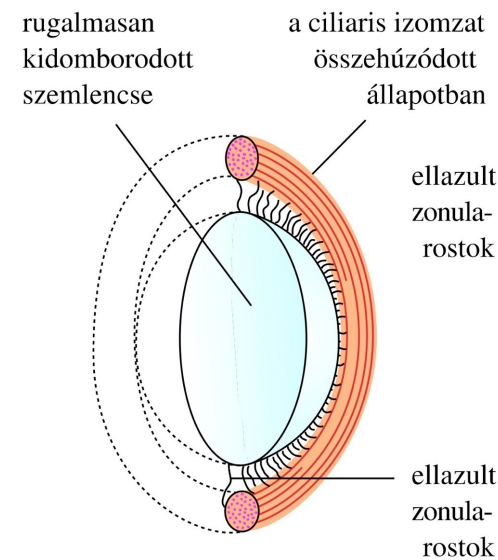
Akkomodáció:

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

Távolba nézés:



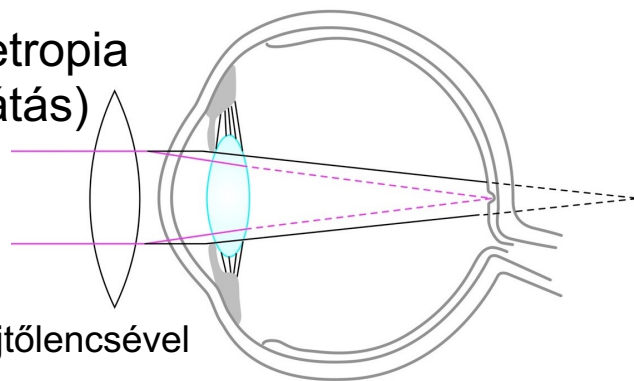
Közelre nézés:



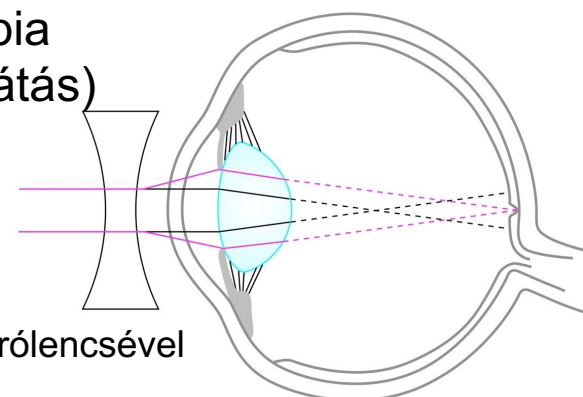
Presbyopia:

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

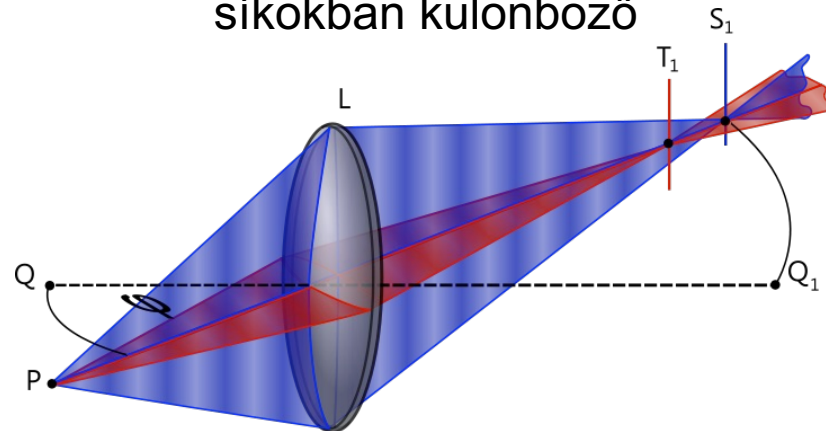
Hypermetropia (távollátás)



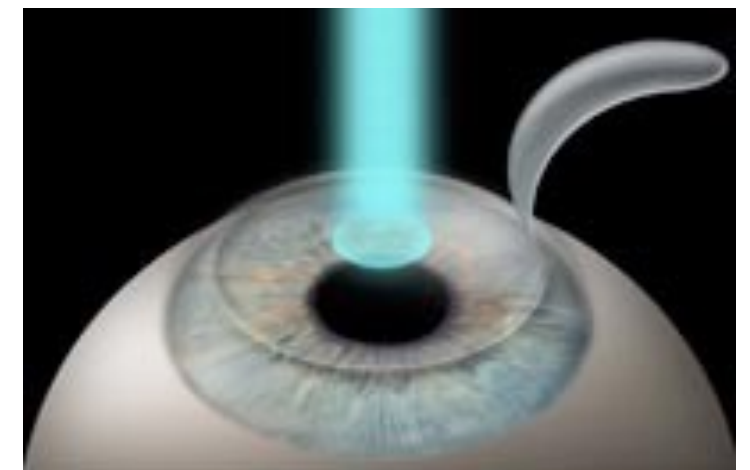
Myopia (közellátás)



Astigmatismus: a fókusztávolság az x- és y- síkokban különböző



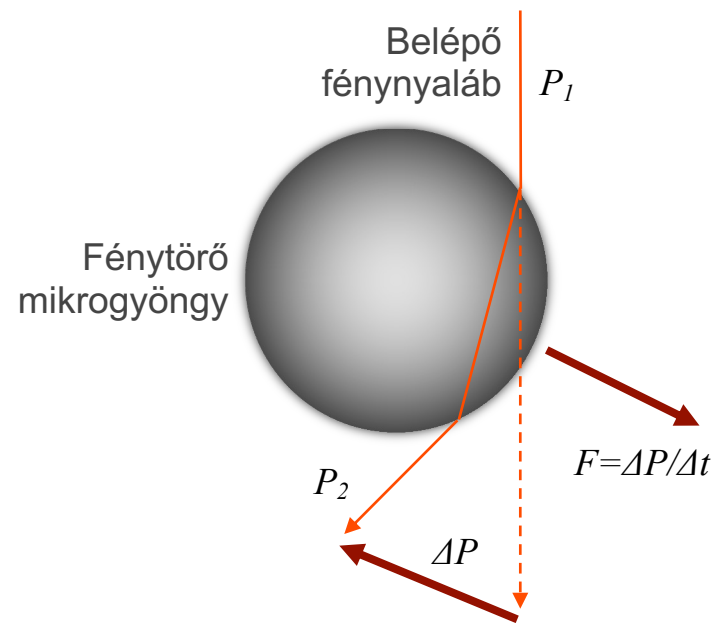
Refrakciós hiba végleges javítása: LASIK (Laser Assisted In Situ Keratomileusis)



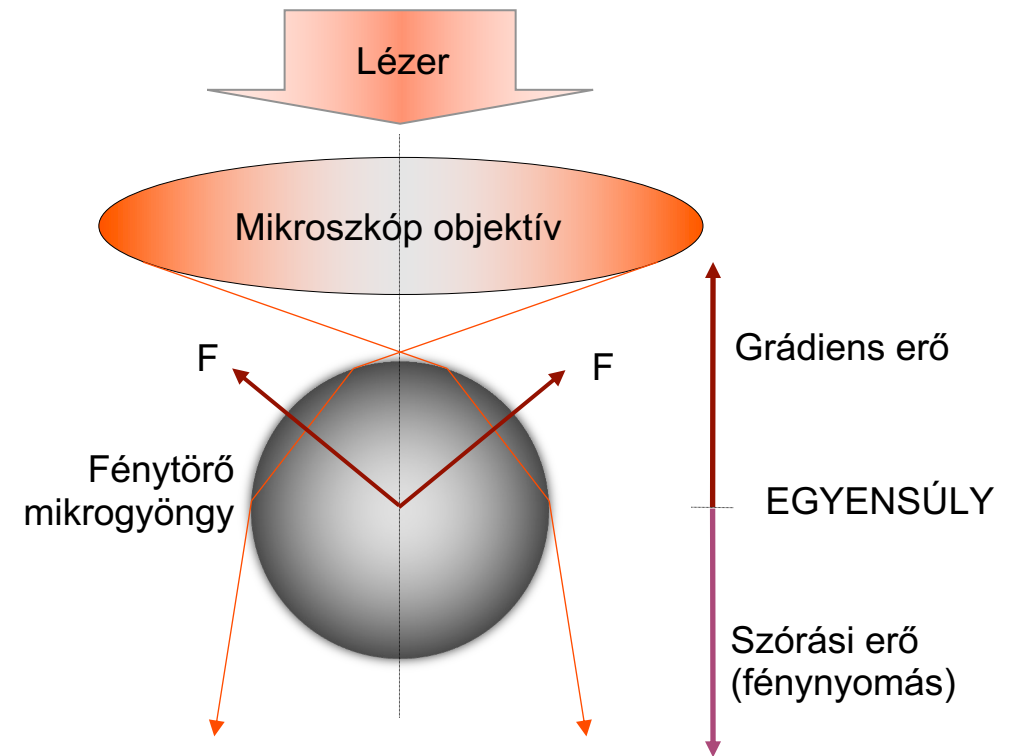
A szaruhártya lokális görbületi sugarát változtatjuk meg (lézersebészeti eljárással)

Mikromanipuláció refrakcióval

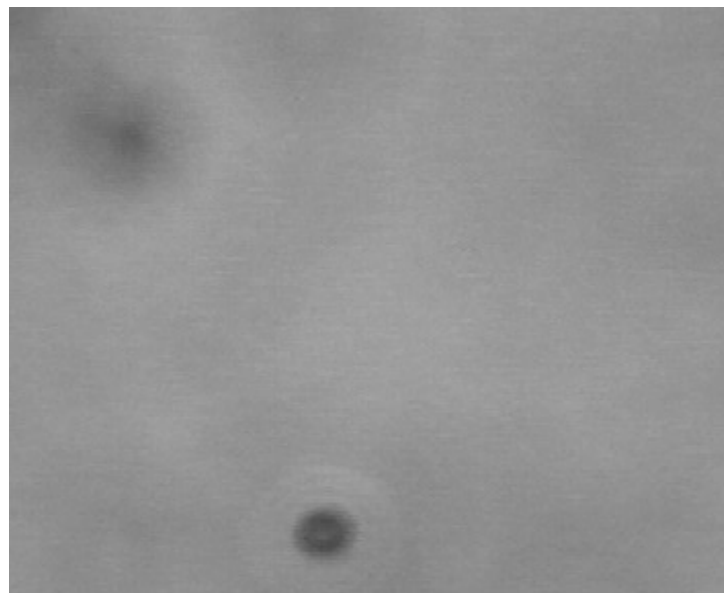
A refrakció fényimpulzus-változással (ΔP) jár (elméleti magyarázat később):



Fénytörő részecskék "optikai erőkkel" megfoghatók:

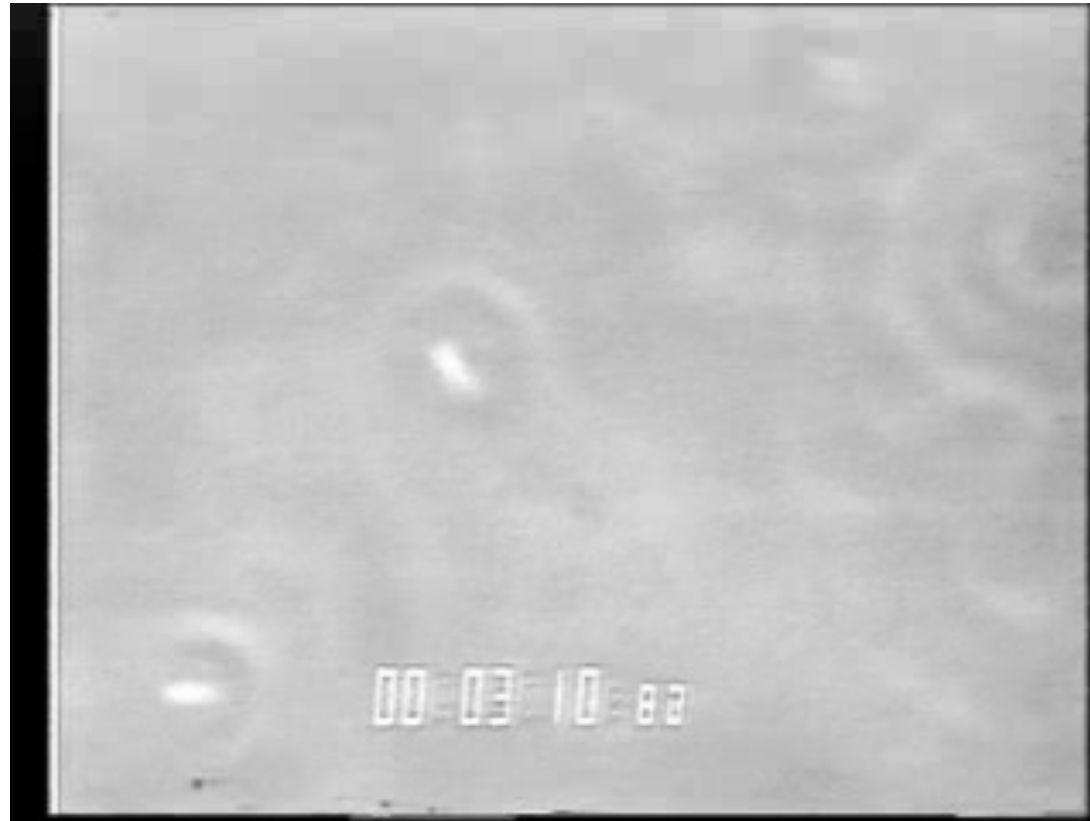


*Az **optikai csipeszben** a fotonok és a fénytörő részecske között **impulzuscsere** lép fel*



3 μm átmérőjű latex (polistírol) mikrogöngyök optikai csipeszben

Az optikai csipeessel élő sejtek is megfoghatók



Baktérium csapdázása optikai csipeessel

Csomókötés egyetlen molekulafonálra optikai csipeszszel

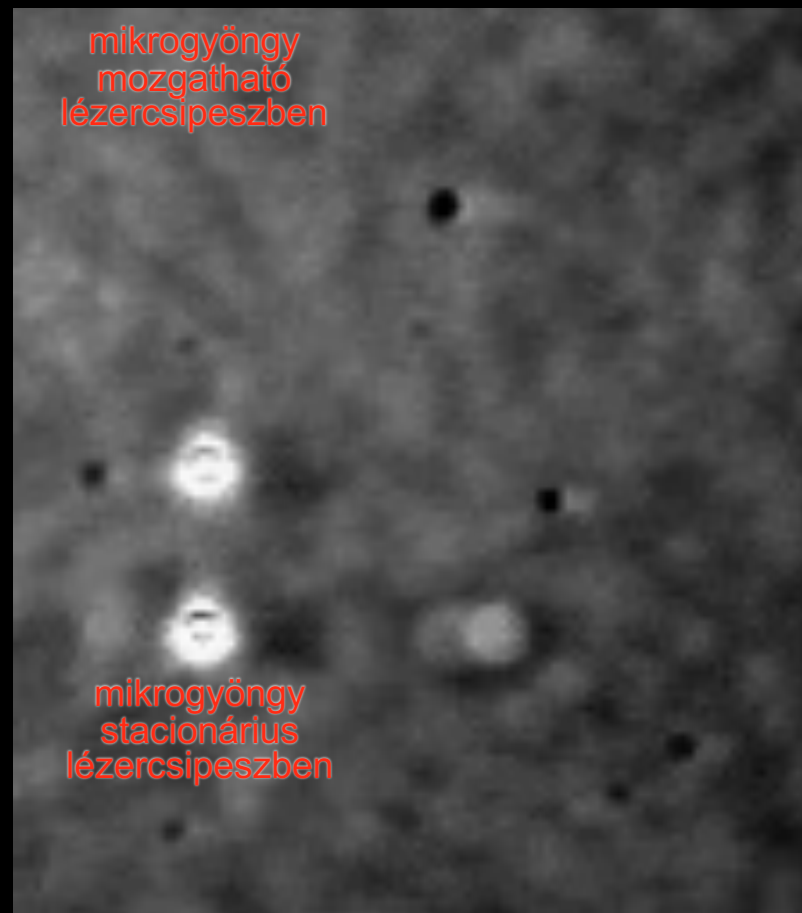
Aktin filamentum



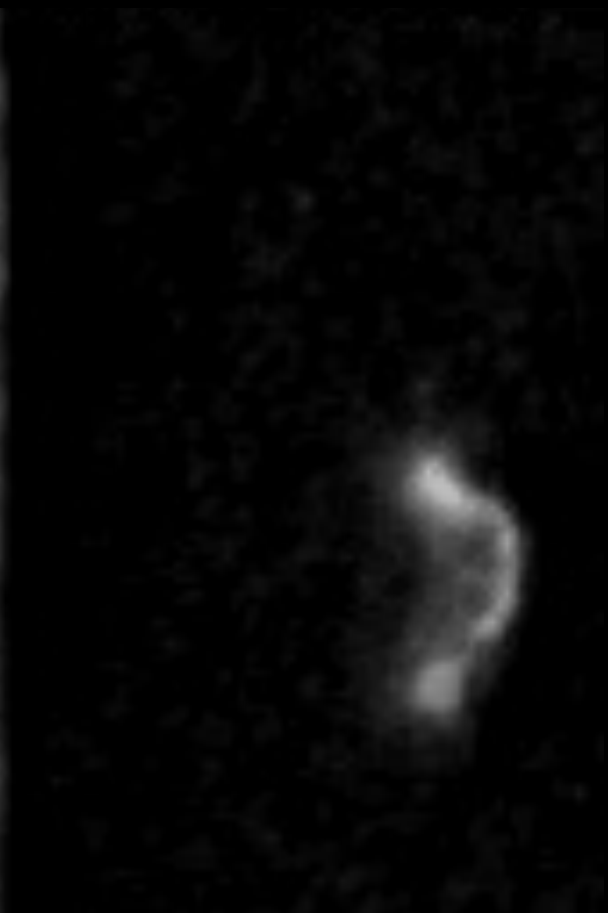
Fluoreszcencia kép

DNS

Fáziskontraszt kép



Fluoreszcencia kép



OMHV



<https://feedback.semmelweis.hu/feedback/pre-show-qr.php?type=feedback&qr=TEZZ279X8SO2WSGG>