

Geometriai optika

Orvosi Biofizika I. 2026. szeptember 15.

Kellermayer Miklós

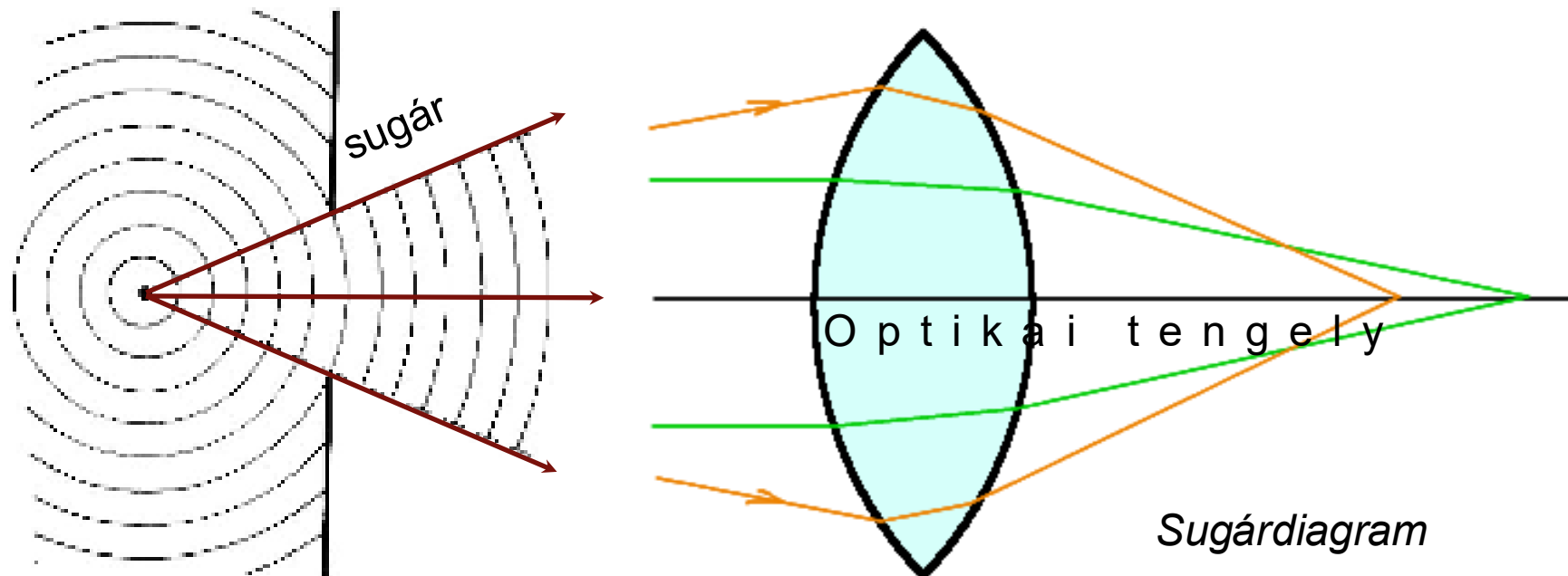
Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet



SEMMELWEIS
EGYETEM 1769

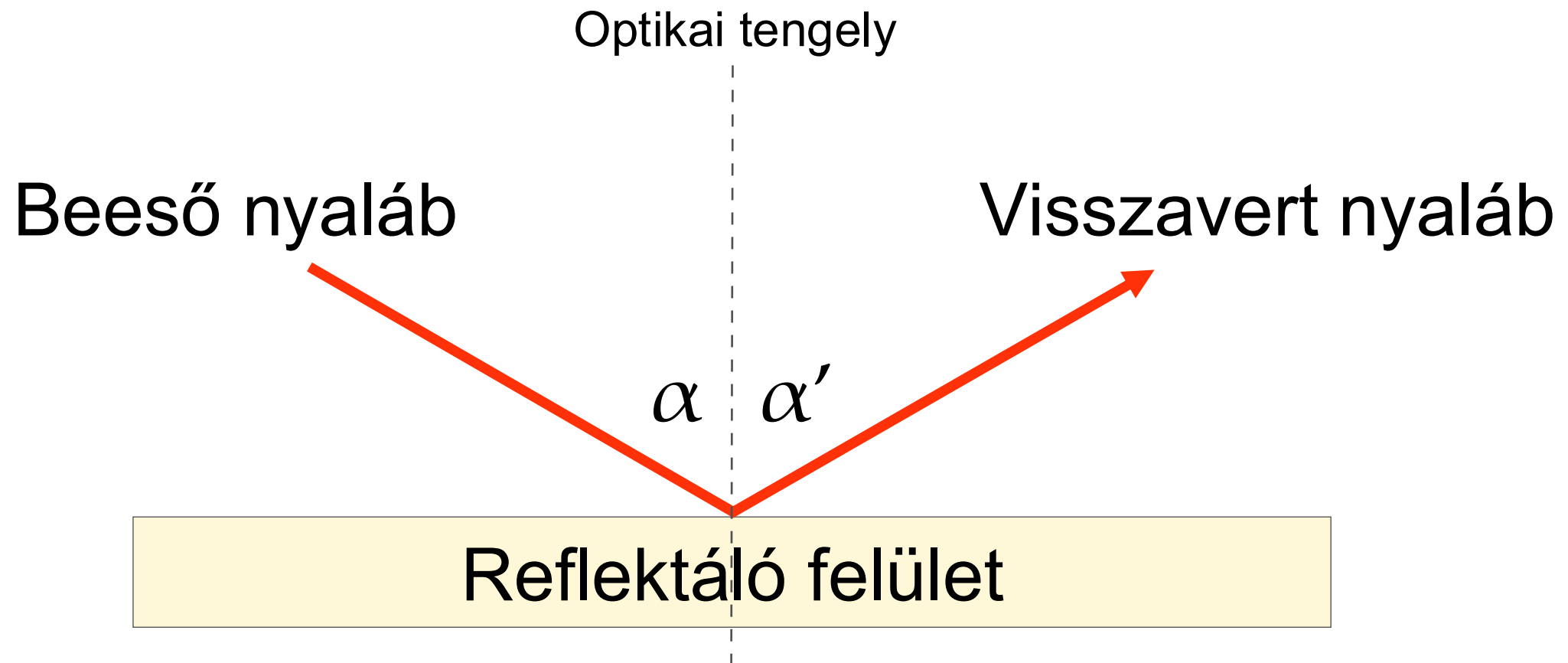
Geometriai optika

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



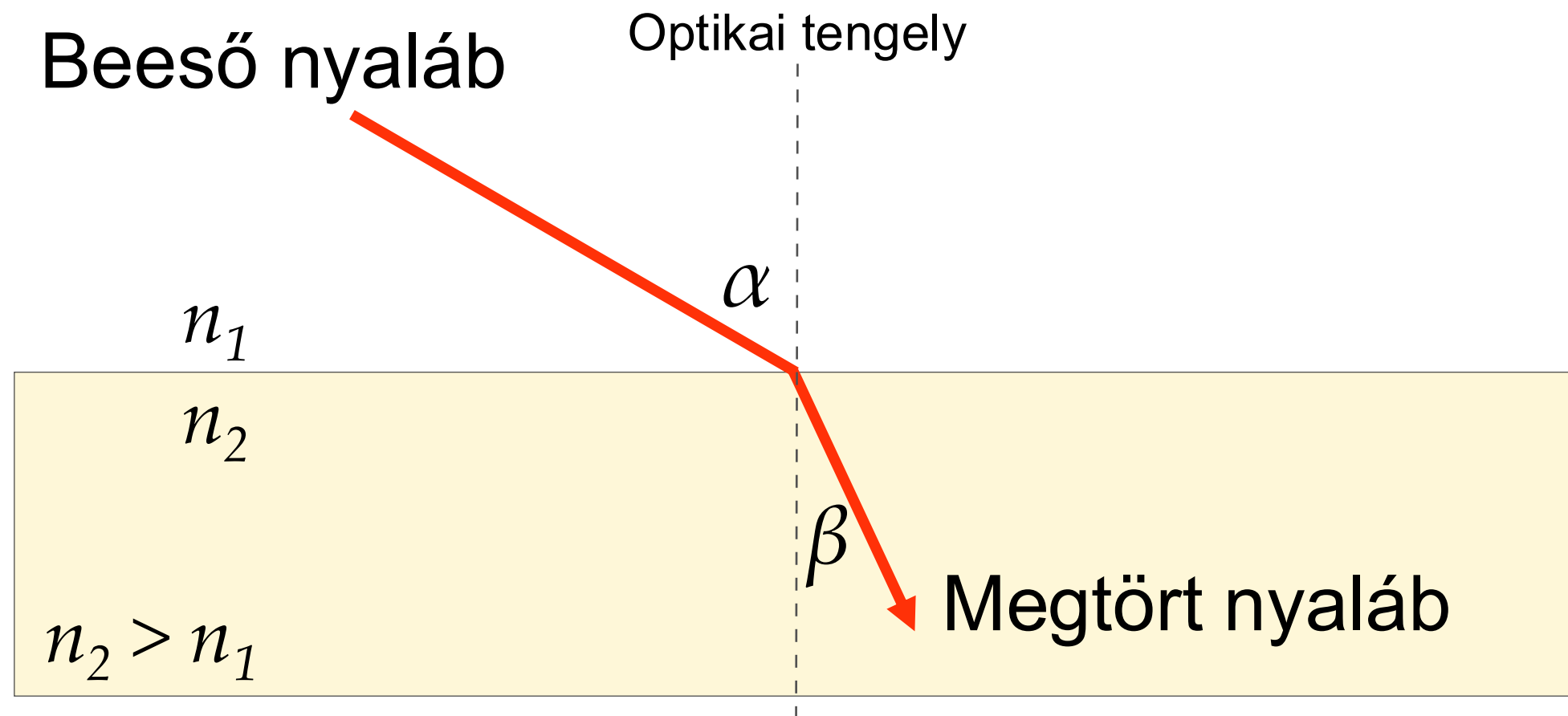
- Optikai nyaláb („fénysugár”): absztrakció, matematikai egyenes.
- A nyilak az energiaterjedés irányát jelölik.
- Optikai tengely: az optikai elemek (pl. lencsék) középpontján áthaladó egyenes.
- Reverzibilitás elve: az energiaterjedés (nyilak) iránya megfordítható.

Fényvisszaverődés: Reflexió



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

Fénytörés

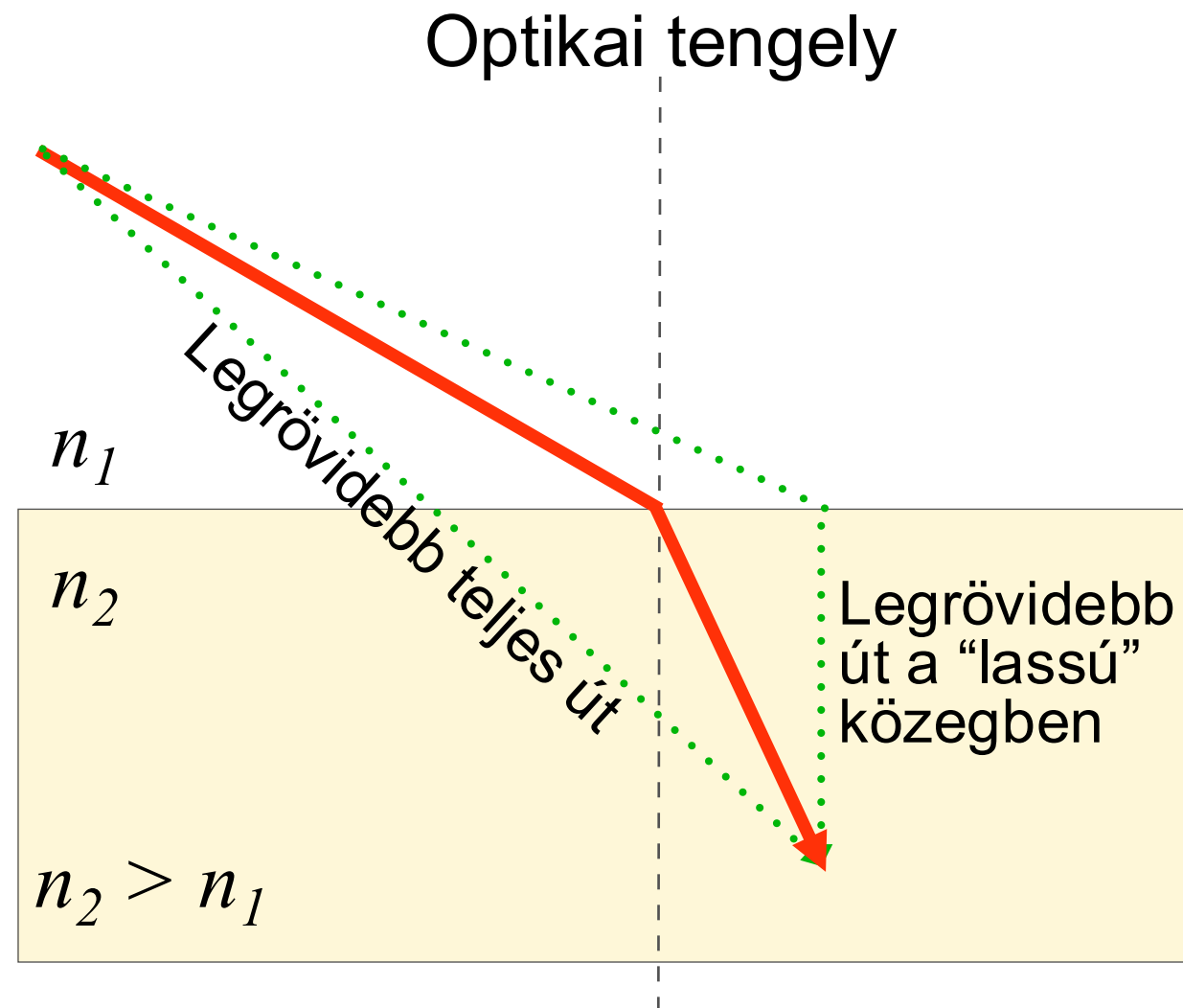


N.B.: $n_i = c_{\text{vákuum}} / c_i$

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

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

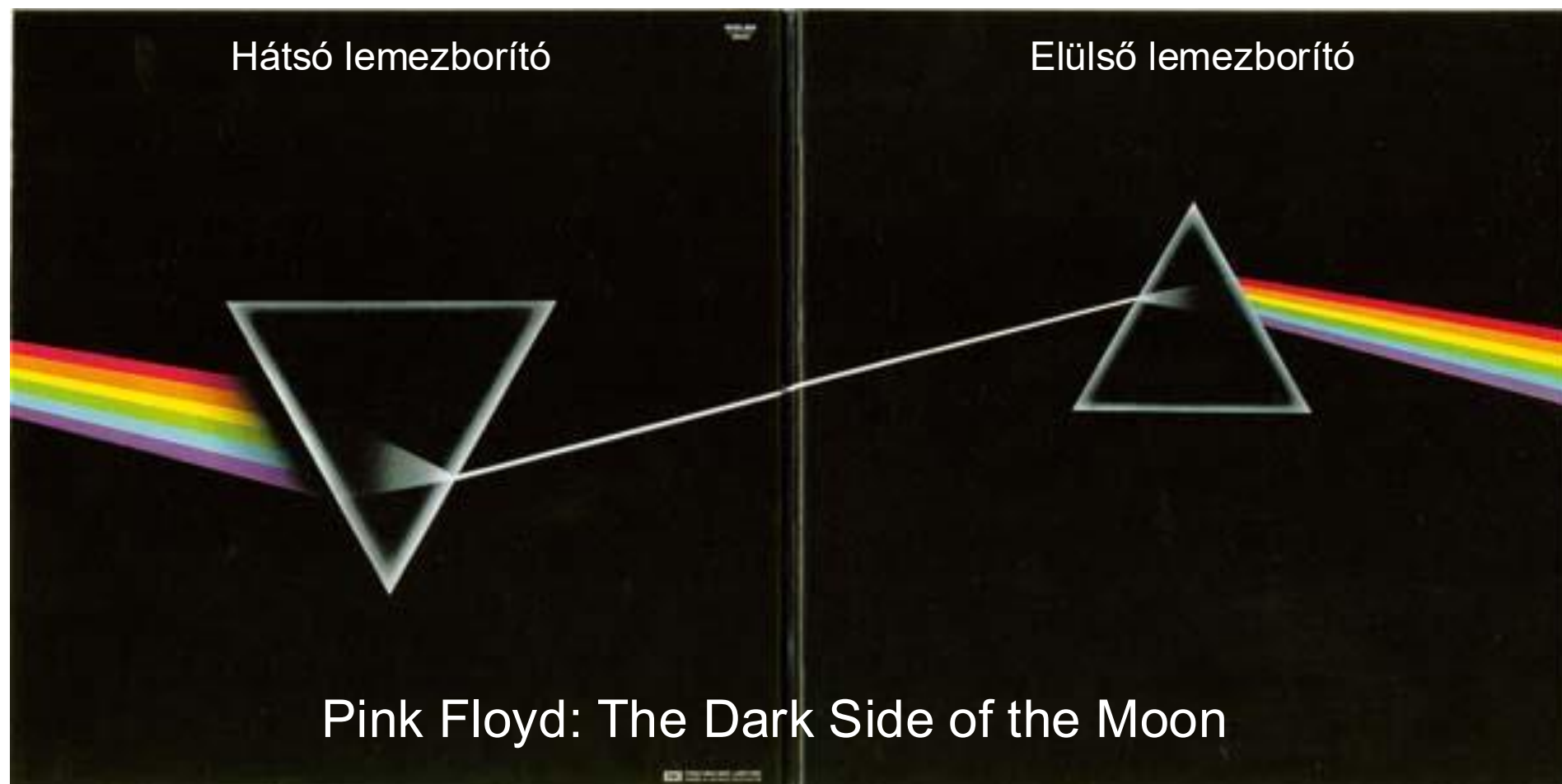
A fénytörés magyarázata: a legrövidebb idő Fermat-féle elve



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

Diszperzió

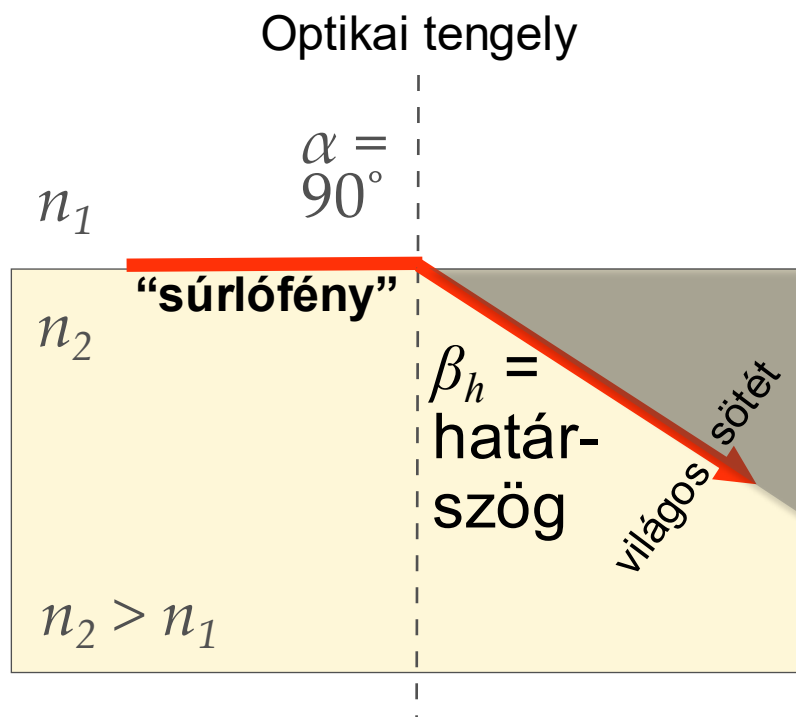
A törésmutató frekvenciafüggő!



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

A fénytörés analitikai alkalmazása: Refraktometria

A fénytörés határesetete



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

$$n_1 = n_2 \sin \beta_h$$

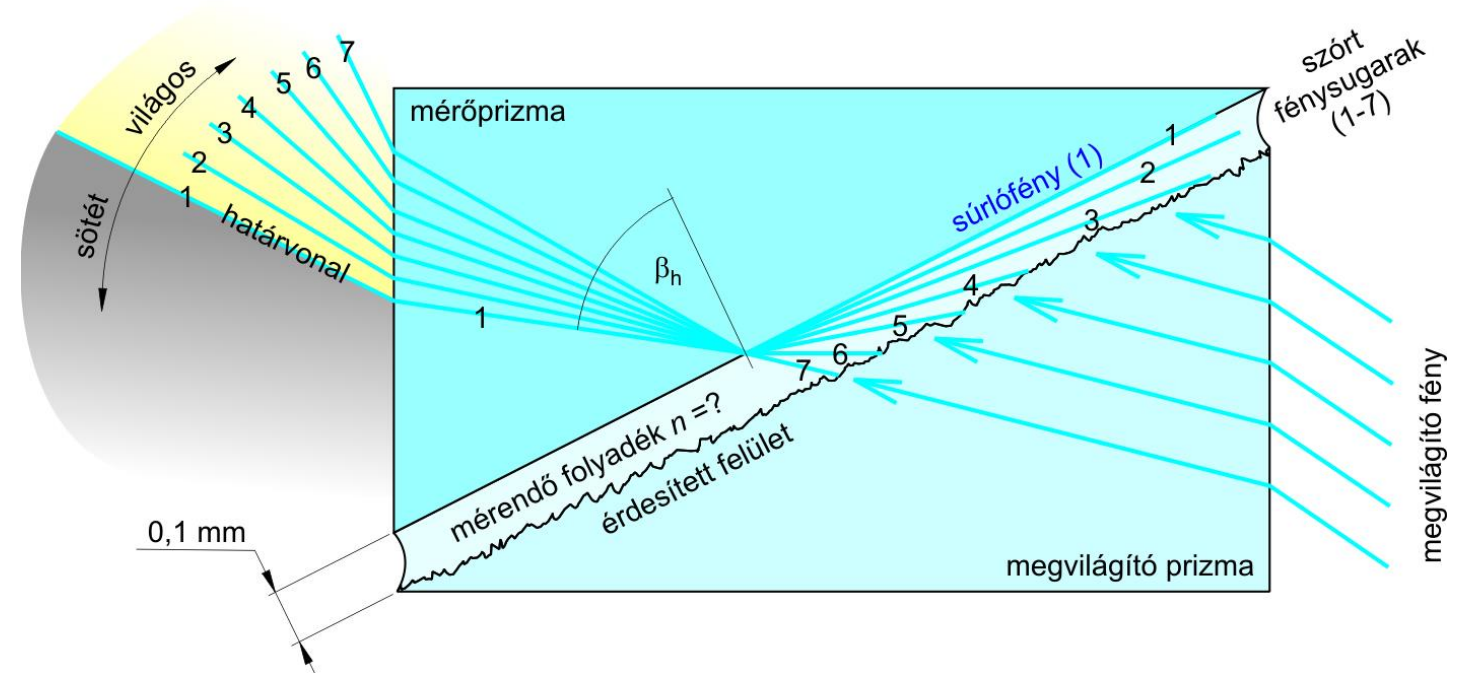
tehát n_2 ismeretében β_h megmérésével kiszámíthatjuk a beesési közeg törésmutatóját (n_1).

Refraktometria

Híg oldatok törésmutatója (n_1) koncentrációfüggő (c):

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

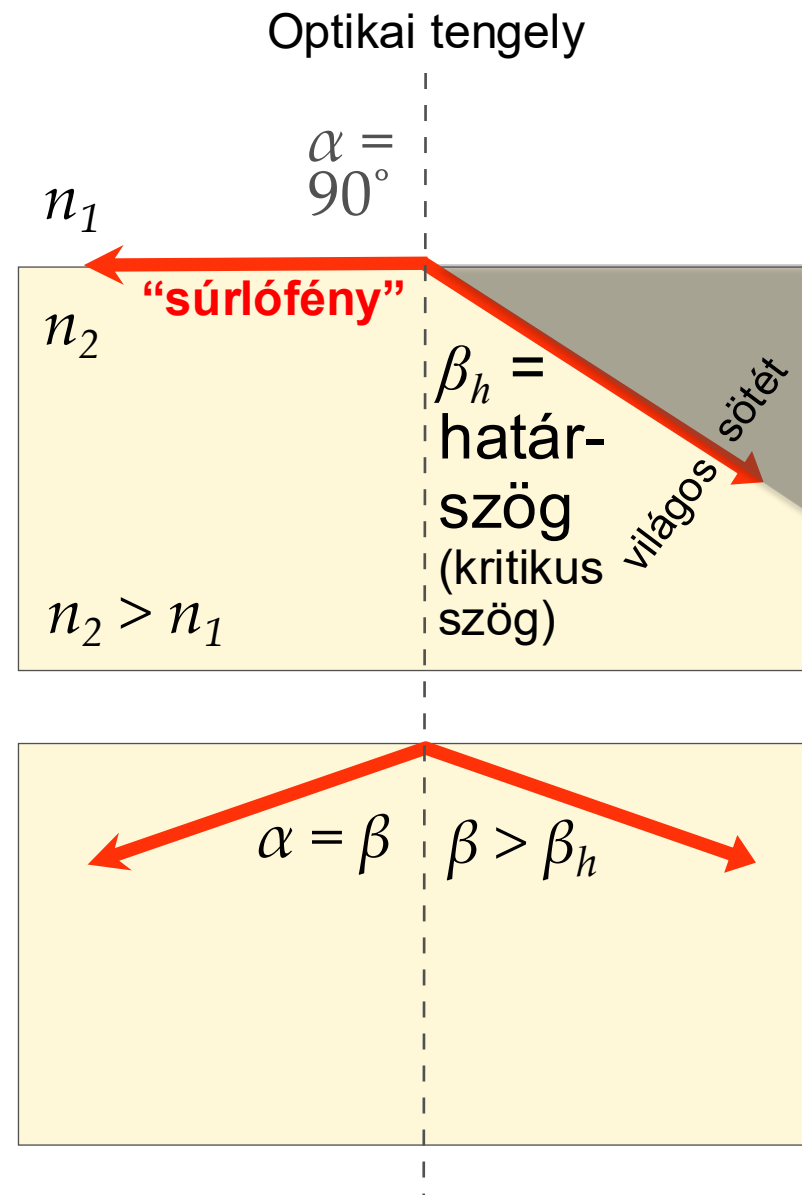
n_1 = oldószer törésmutatója, k = konstans



Alkalmazás feltételei:

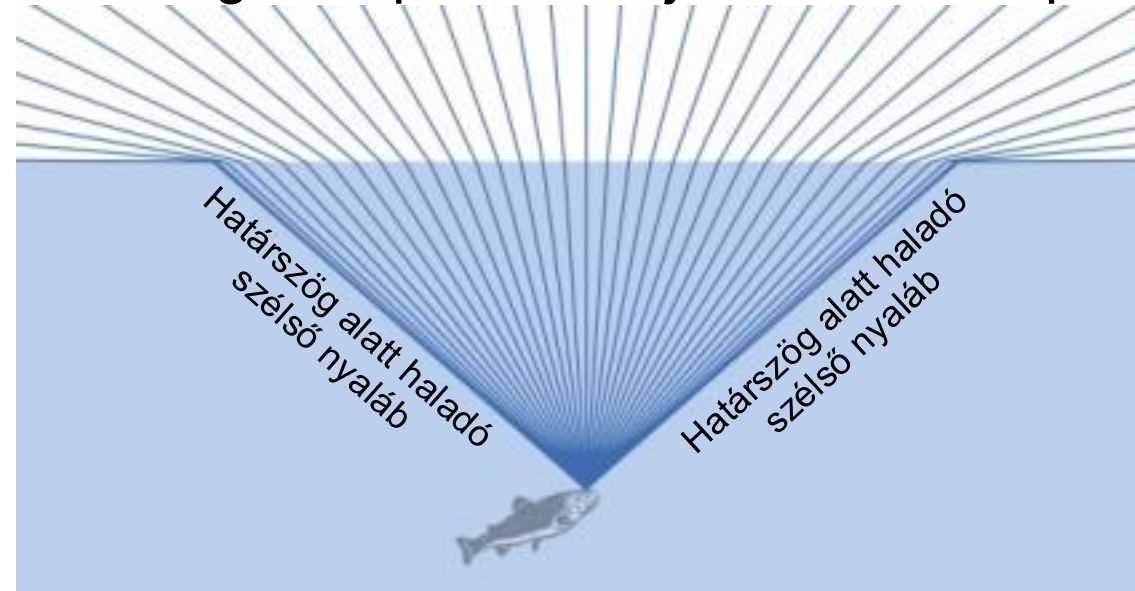
- A minta folyadék
- A minta átlátszó
- A minta törésmutatója kisebb mint a mérőprizmáé

Teljes belső visszaverődés

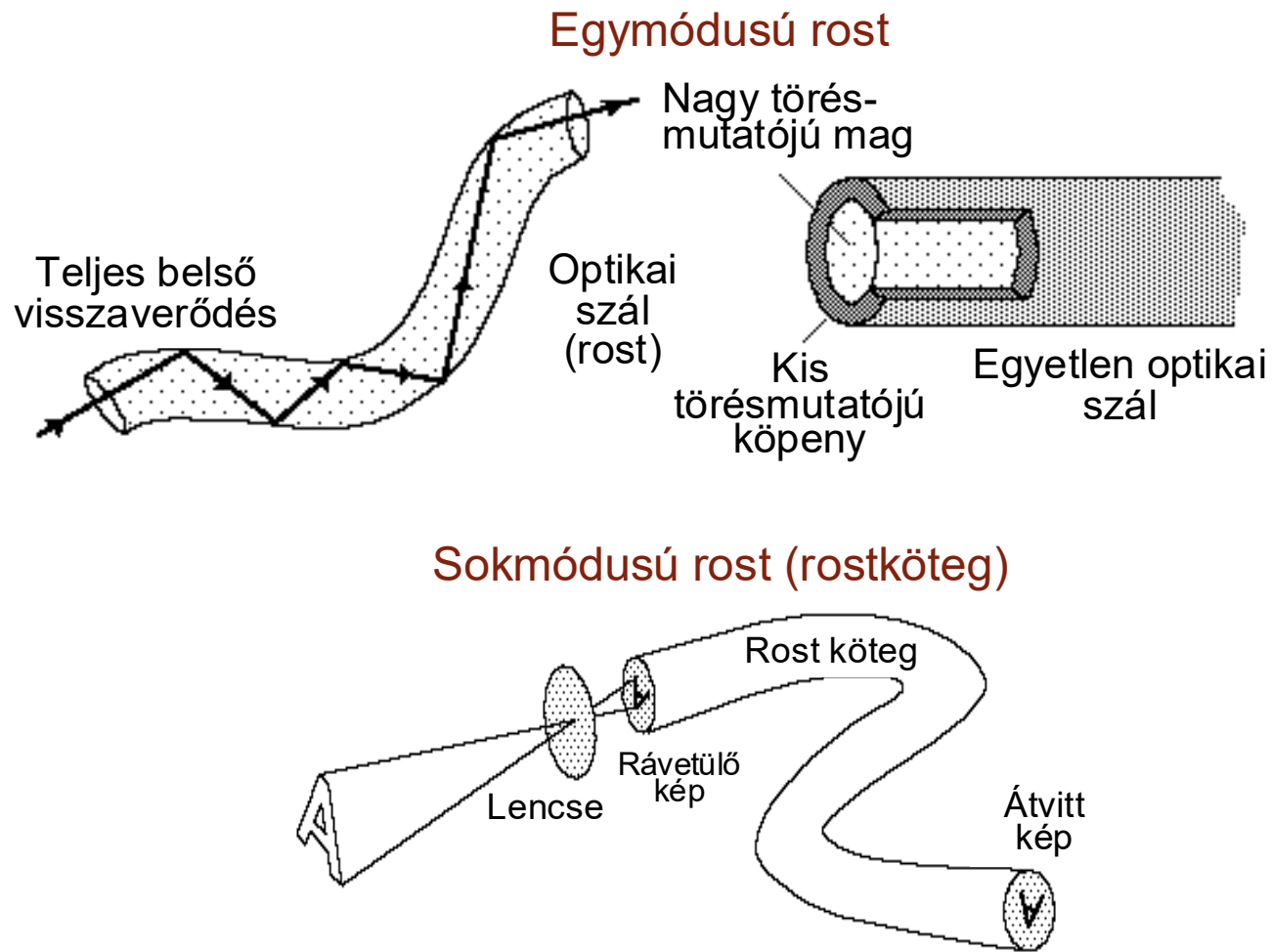


Fényvisszaverődés az optikailag sűrűbb közegben

A befogott kúpban: a teljes horizont képe



Teljes belső visszaverődés alkalmazása: optikai fényvezetés



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

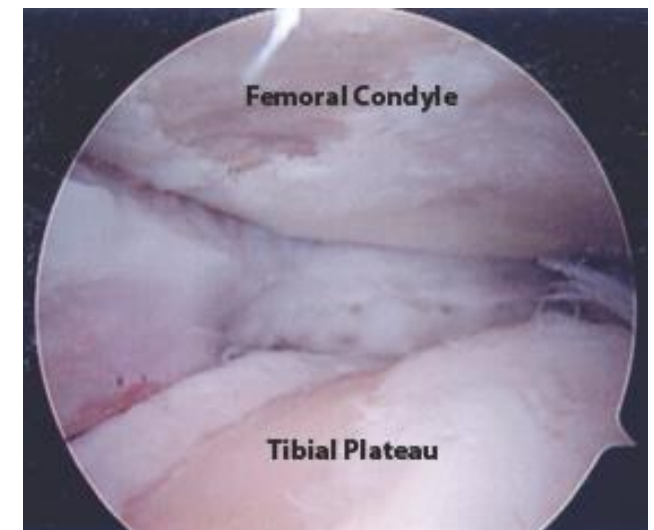
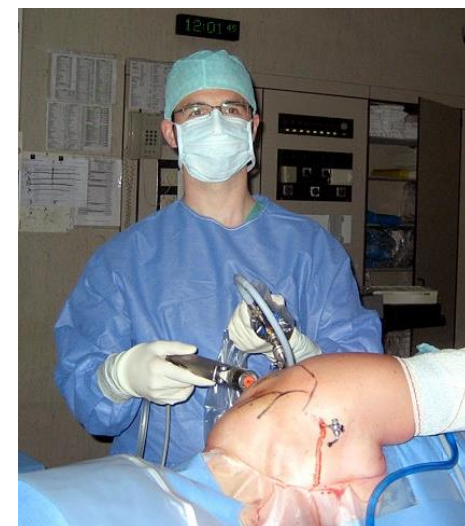
Endoscopy

CÉLOK

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

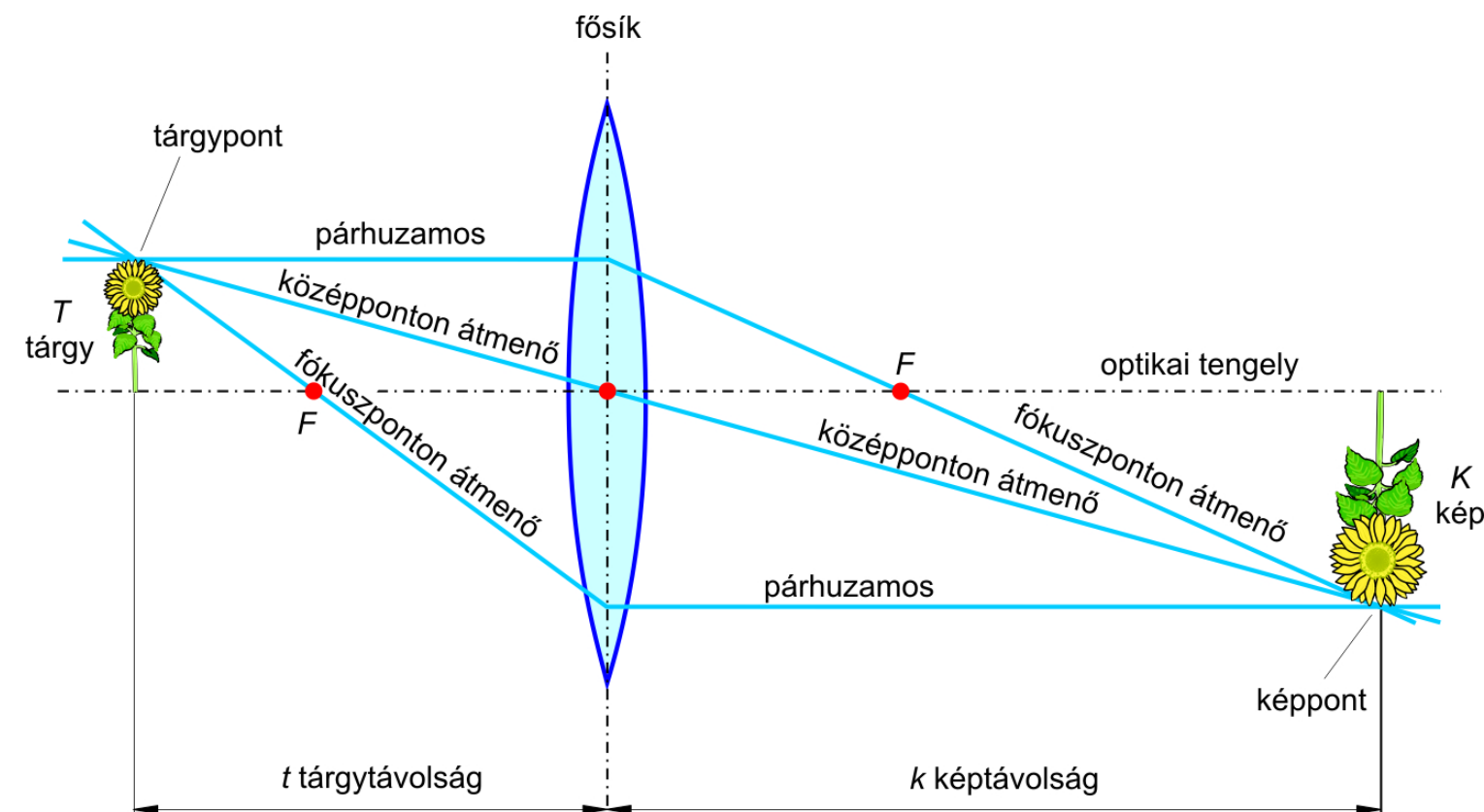
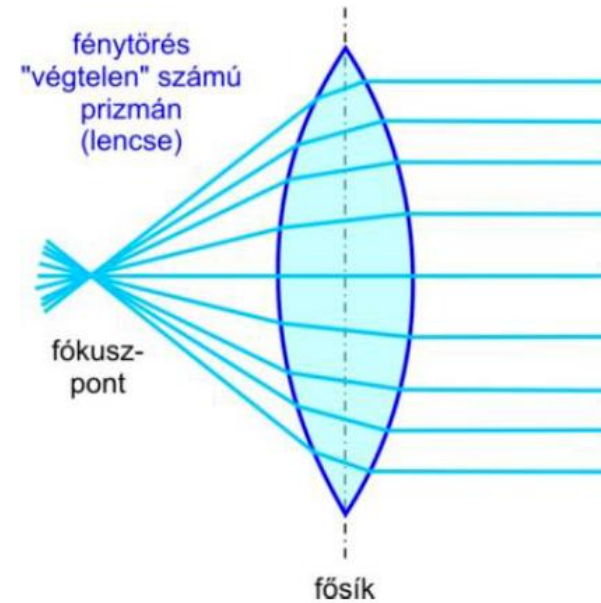
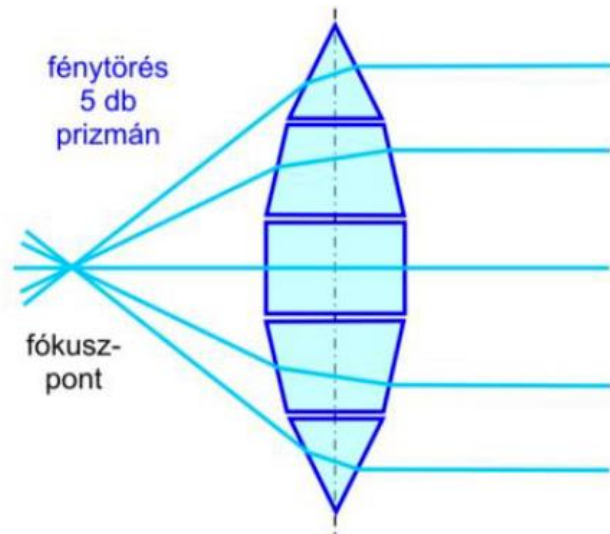
TÍPUSOK

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).



Arthroscopyás sebészet

Fénytörés görbült felületen



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

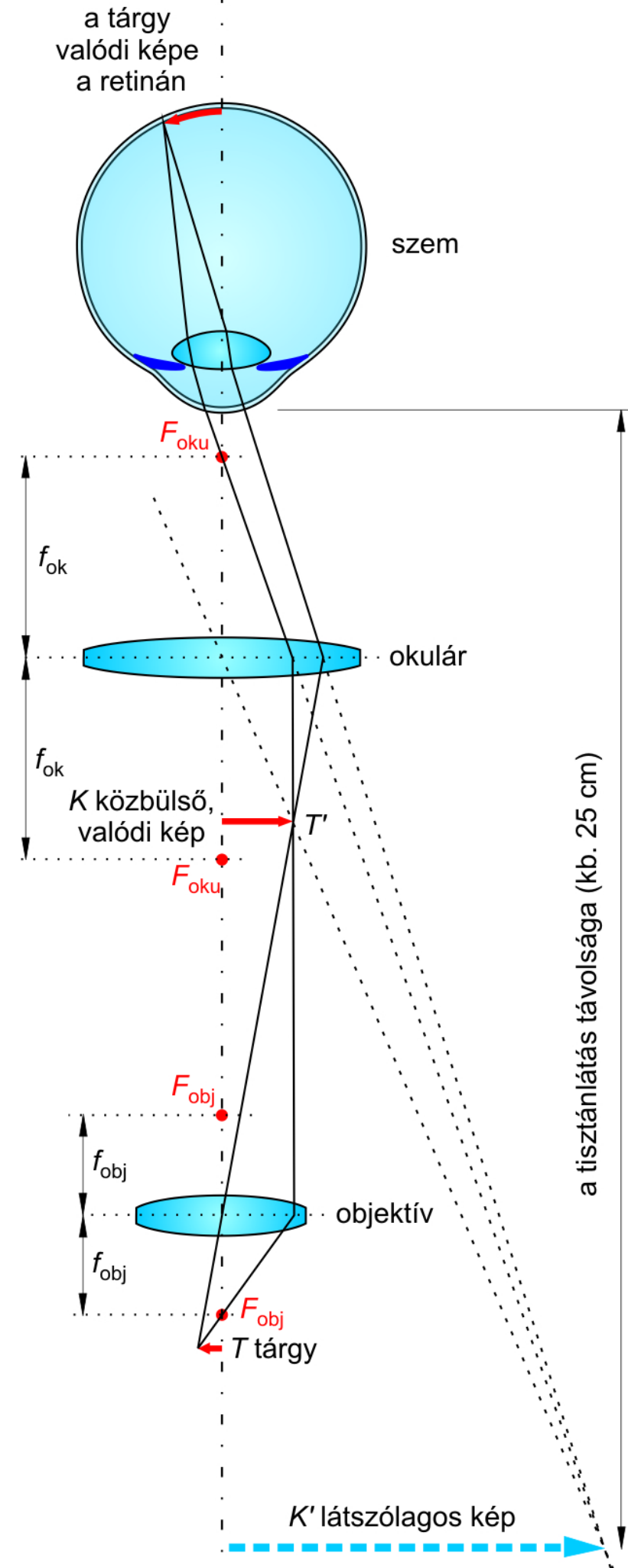
$$N = \frac{K}{T} = \frac{k}{t}$$

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

D =törőkéesség (dioptria, m^{-1})

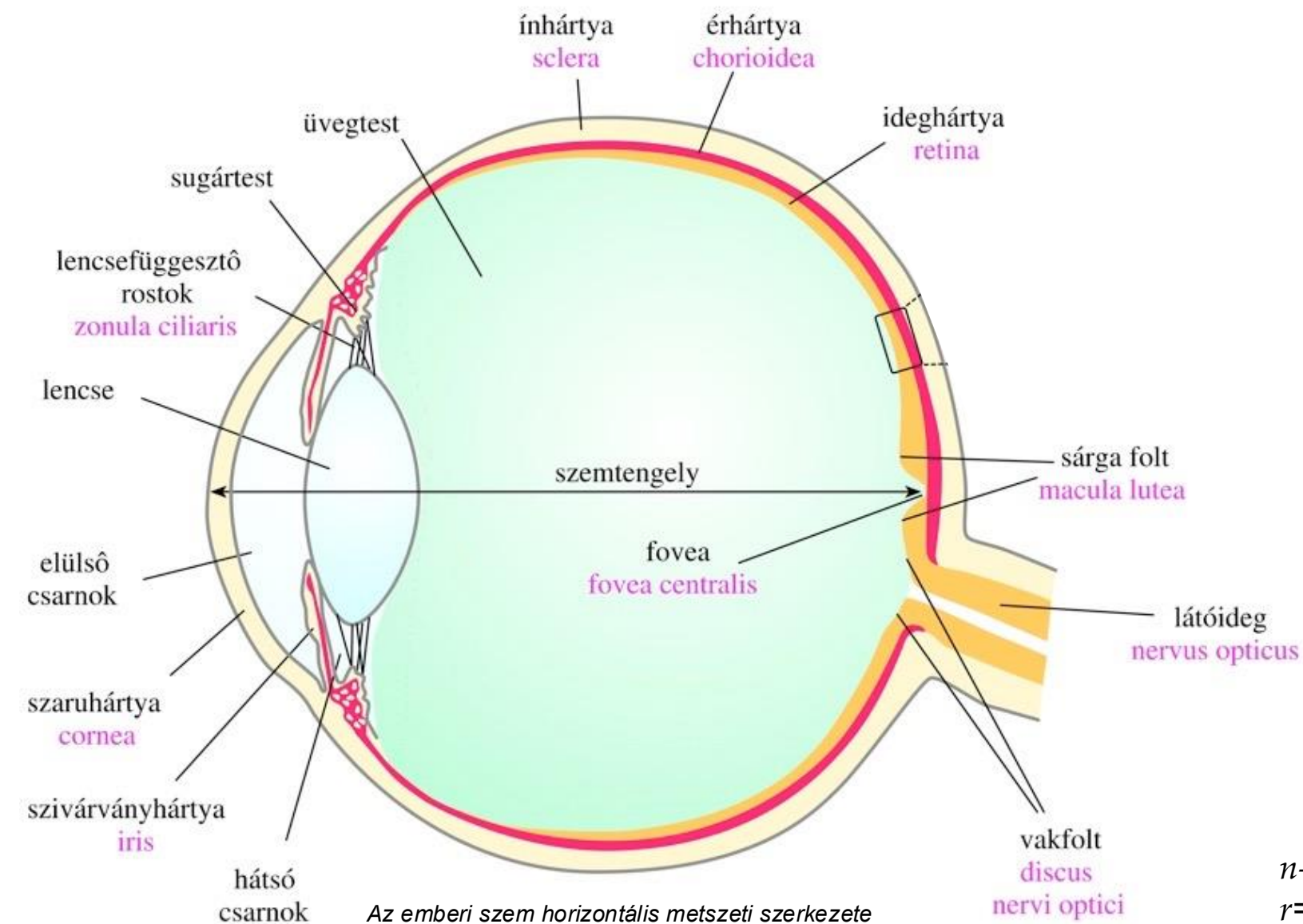
Képzalkotás az összetett fénymikroszkópban

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

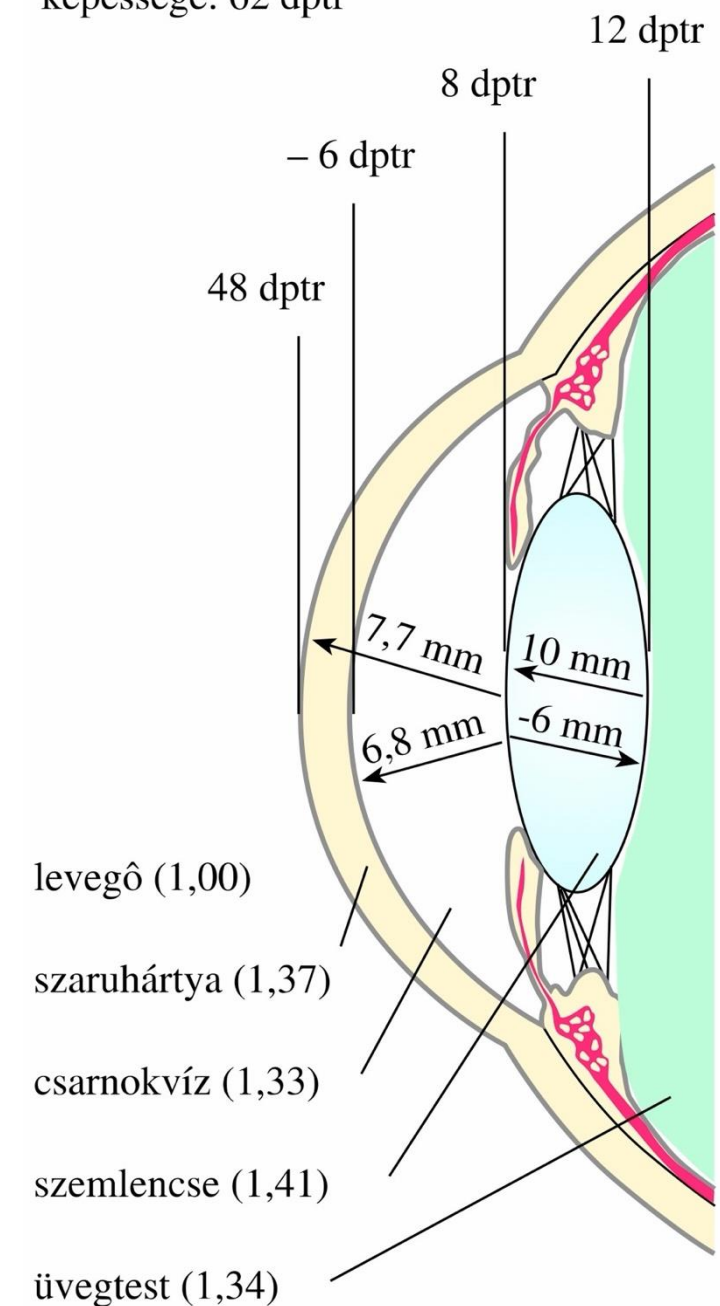


Optikai leképezés a szemben

A retinán kicsinyített, fordított állású valós kép keletkezik.



A szem teljes törőképessége: 62 dptr



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

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

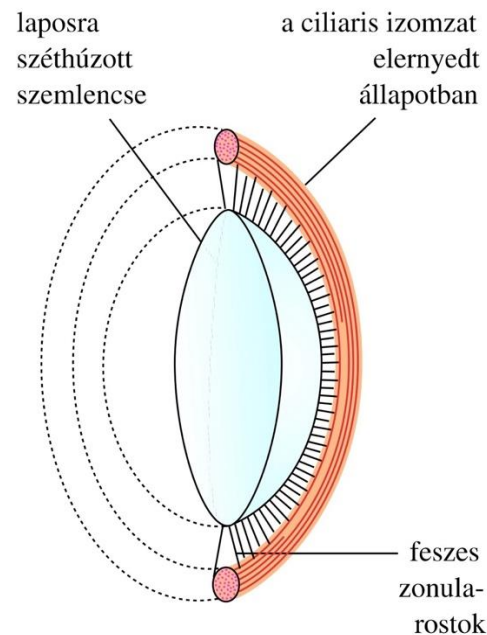
N.B.:

- $n - n'$ legnagyobb a levegő-cornea határfelületen.
- D változtatására két mechanizmus: n' és r változtatása!

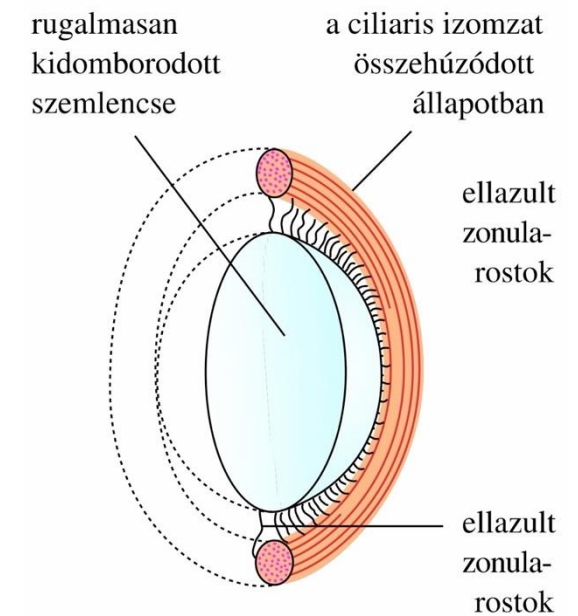
Akkomodáció

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

Távolba nézés:

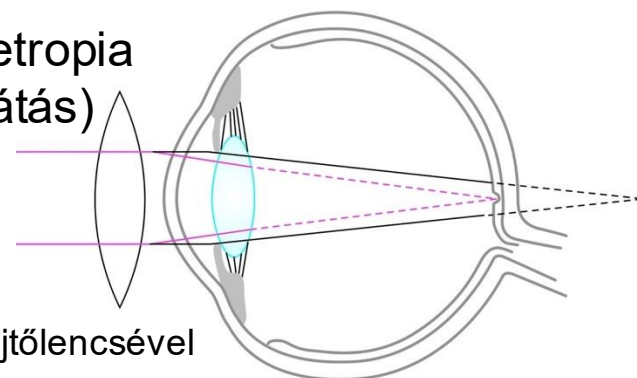


Közelre nézés:

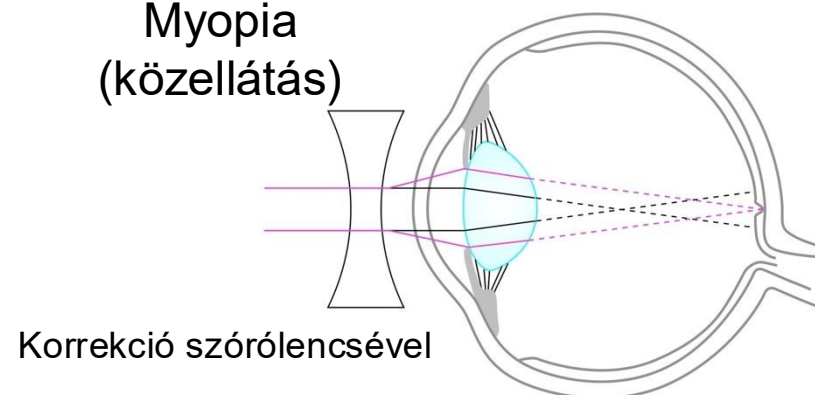


Refrakciós hibák

Hypermetropia
(távollátás)



Myopia
(közellátás)

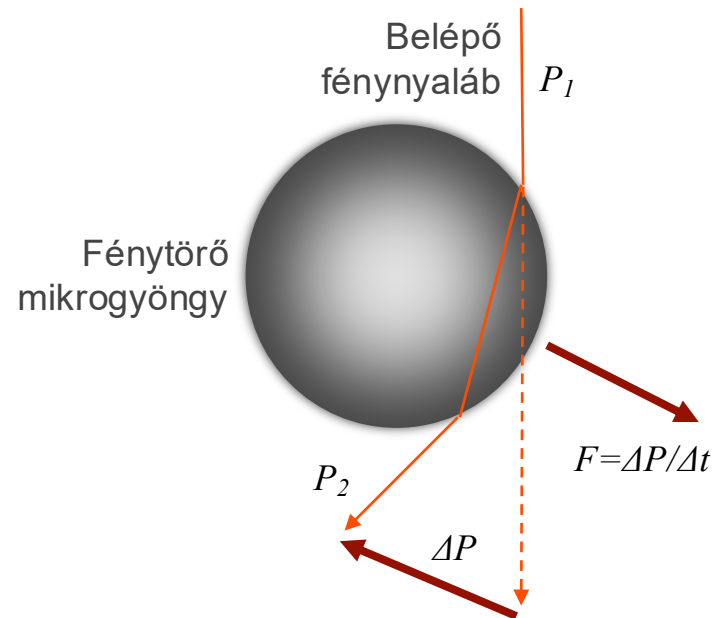


Presbyopia:

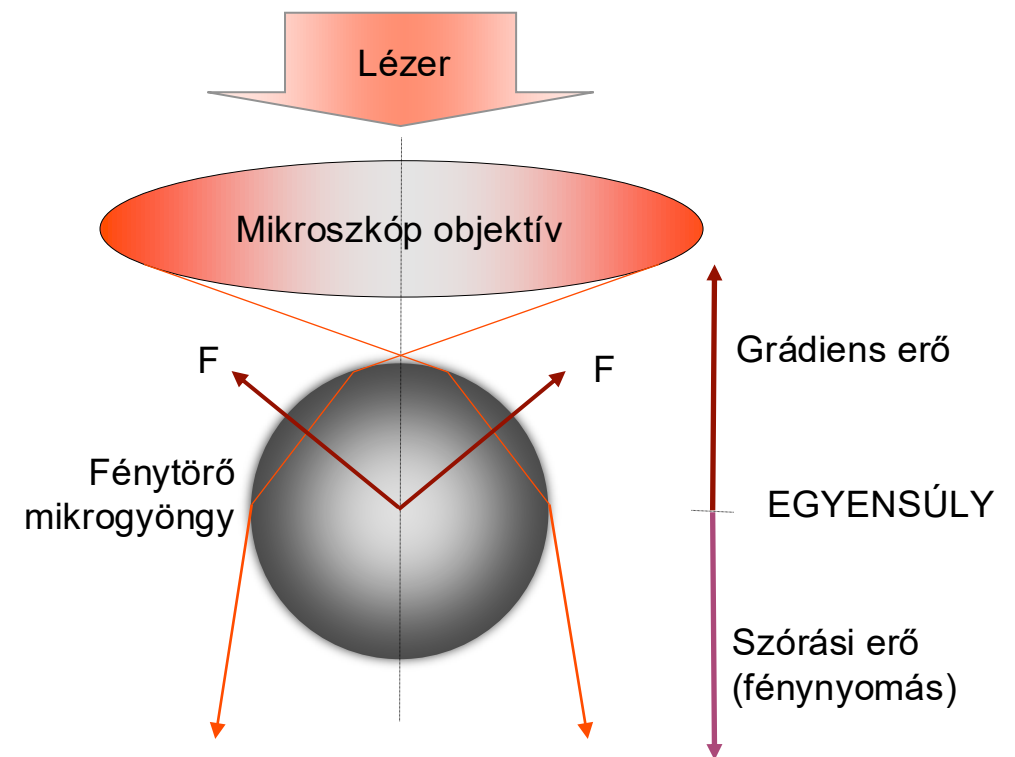
- Az akomodációs képesség csökken.
- Kor előrehaladtával fokozódik (>45 év).
- Közellátás romlik.

Mikromanipuláció refrakcióval

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

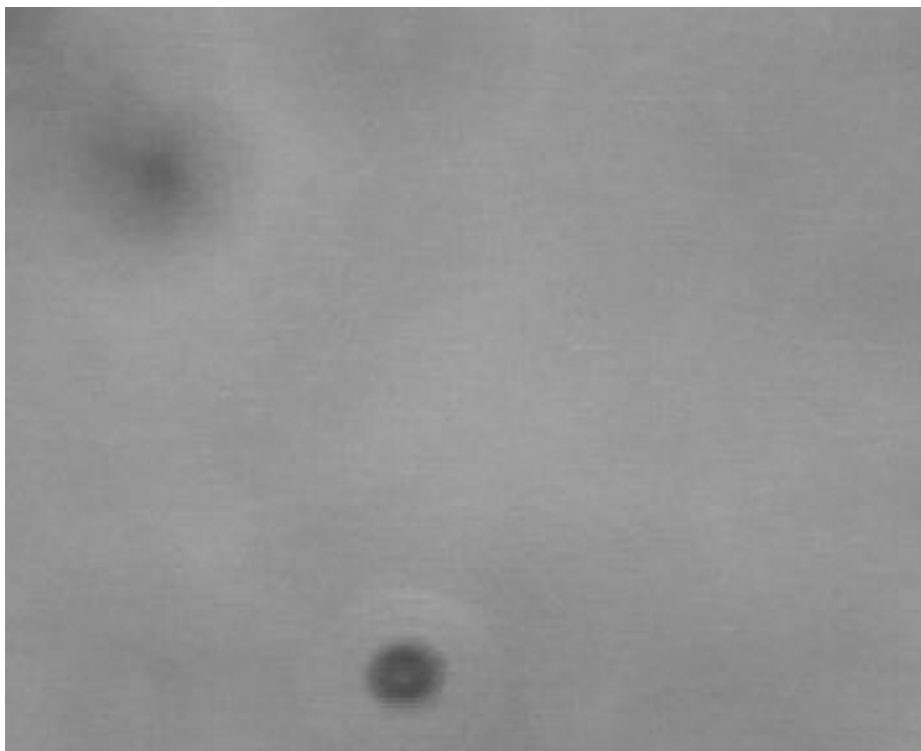


Fénytörő részecskék "optikai erőkkel" megfoghatók:

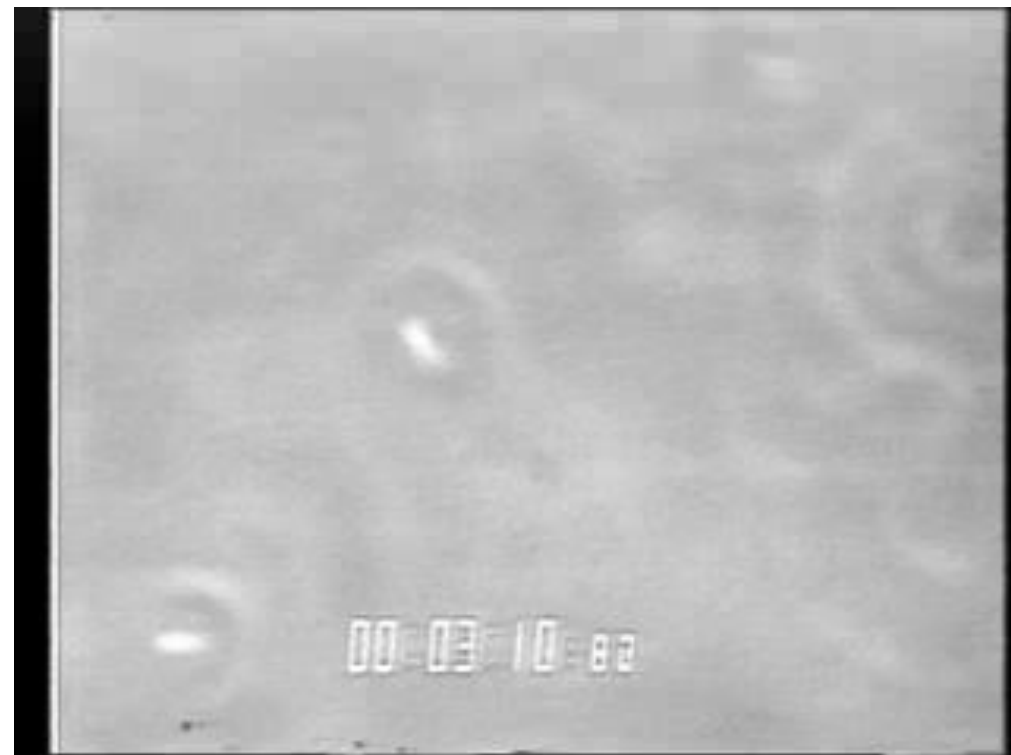


*Az **optikai csipeszben** a fotonok és a fénytörő részecske között **impulzuscsere** lép fel*

3 μm átmérőjű
latex (polistírol)
mikrogöngyök
optikai csipeszben



Baktérium
csapdázása optikai
csipesszel



OMHV



<https://feedback.semmelweis.hu/feedback/index.php?feedback-qr=DVKIJLXI99ESRN6S>