

A FÉNY TERJEDÉSE ÉS KÖLCSÖNHATÁSAI I.

KELLERMAYER MIKLÓS

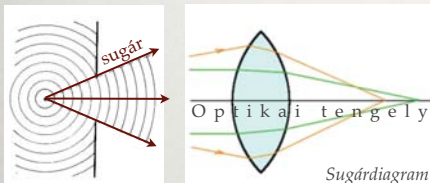
A FÉNY TERJEDÉSE ÉS KÖLCSÖNHATÁSAI I.

- Geometriai optika, hullámoptika
- Fényvisszaverődés, fénytörés, refraktometria
- Teljes belső visszaverődés, endoszkópia
- Fényelhajlás optikai rácson
- Optikai leképezés, lencsetörvény
- A fénymikroszkóp

GEOMETRIAI ÉS HULLÁMOPTIKA

Geometriai optika

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



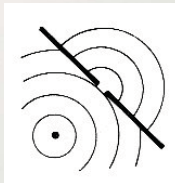
- Optikai nyaláb ("fényugár"): absztrakció, matematikai egyenes.
- A nyílak az energiaterjedés irányát jelölik.
- Optikai tengely: az optikai elemek (pl. lencsék) középpontján áthaladó egyenes.
- Reverzibilitás elve: az energiaterjedés (nyílak) iránya megfordítható.

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):

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

Hullámoptika

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

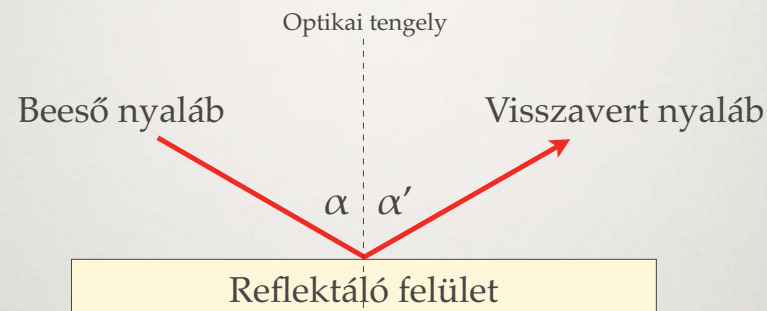


A fény mint hullám fontos paraméterei:

- Periódusidő (T)
- Frekvencia ($f = 1/T$)
- Terjedési sebesség (v, c)
- Hullámhossz (λ): egy T alatt megtett távolság:

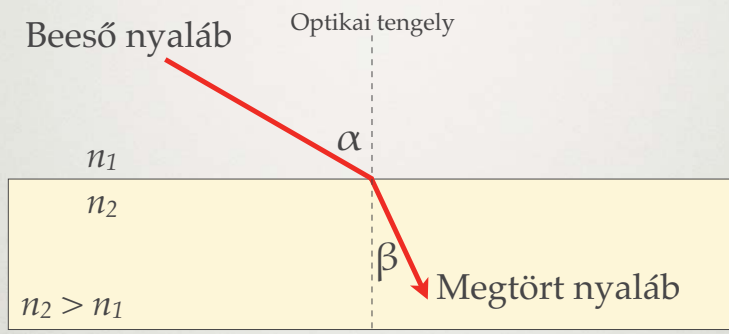
$$\lambda = cT = \frac{c}{f}$$

FÉNYVISSZAZVERŐDÉS: REFLEXIÓ



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

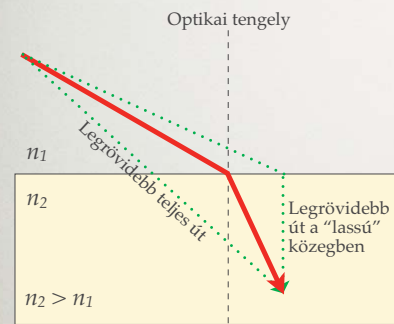
FÉNYTÖRÉS



- 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.

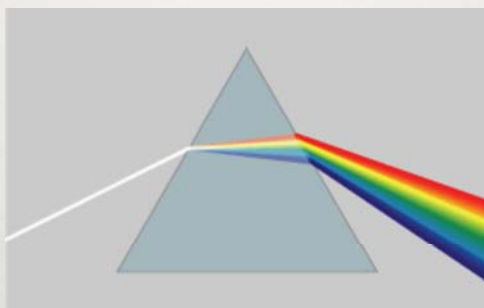
A Fermat-elv a természetben máshol is működik!



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

DISZPERZIÓ

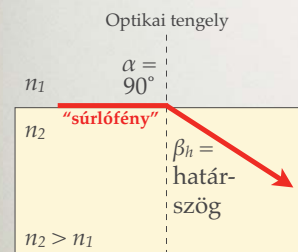
A törésmutató hullámhosszfüggő!



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

A FÉNYTÖRÉS ANALITIKAI ALKALMAZÁSA: REFRAKTOMETRIA

A fénytörés határesetek



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

$$n_1 = n_2 \sin \beta_h$$

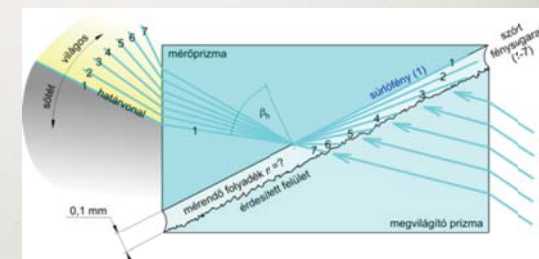
tehát n_2 ismeretében β_h megméréssel kiszámíthatjuk a beesési közeg törésmutatóját (n_1).

Refraktometria

Híg oldatok törésmutatója (n_1) koncentrációfüggő (c):

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

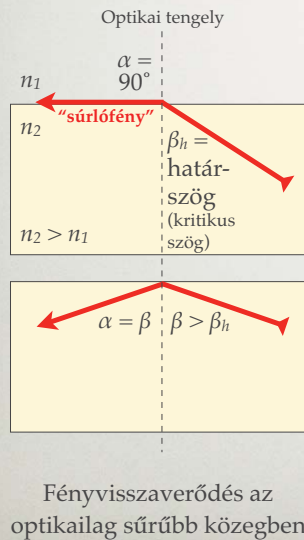
n_1 = oldószer törésmutatója, k = konstans



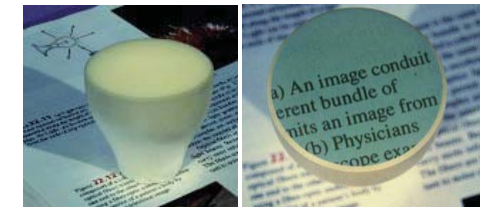
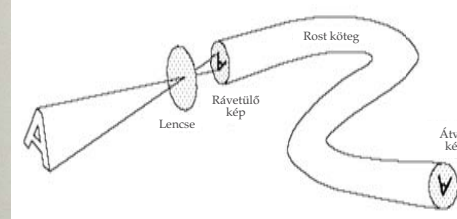
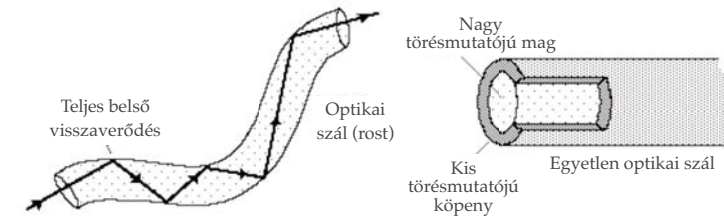
Alkalmazás feltételei:

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

TELJES BELSŐ VISSZAAVERŐDÉS



TELJES BELSŐ VISSZAAVERŐDÉS ALKALMAZÁSA: OPTIKAI FÉNYVEZETÉS



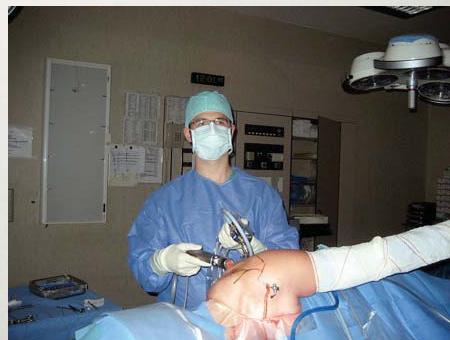
Ha az optikai szálak geometriája megtartott, akkor a köteg a képet hűen továbbítja.

OPTIKAI SZÁLAK ORVOSI ALKALMAZÁSA: ENDOSCOPIA

- **Arthroscopia:** ízületek diagnosztikus vizsgálata és terápiás beavatkozásai (arthroscopos sebészet)
- **Bronchosocopia:** trachea és bronchusok (légutak) vizsgálata
- **Colonoscopia:** vastagbél (*colon*) vizsgálata
- **Colposocopia:** hüvely és méhnyak (*cervix*) vizsgálata
- **Cystoscopia:** húgyhólyag, húgyvezeték vizsgálata (húgyvezetéken keresztül)
- **ERCP (endoscopiás retrográd cholangio-pancreatographia):** kontrasztanyag bejuttatása az epeutakba és a hasnyálmirigy kivetetőnyílásába (*ductus pancreaticus*).
- **EGD (Esophago-gastroduodenoscopia):** felső gastrointestinalis tractus vizsgálata (gastroscopia).
- **Laparoscopia:** abdominalis szervek (gyomor, máj, belső női nemi szervek vizsgálata) a hasfalon keresztül.
- **Laryngoscopia:** gége (*larynx*) vizsgálata garaton keresztül.
- **Proctoscopia:** also gastrointestinalis tractus (*rectum, sigma*) vizsgálata.
- **Thoracosocopia:** mellhártya (*pleura*), mediastinum, pericardium vizsgálata a mellkashalon keresztül.

Célok:

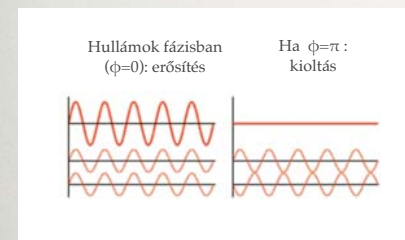
- **Diagnosztika:** lokális inspekció, biopszia, kontrasztanyag beadás
- **Terápia:** sebészet, kauterizáció (vérzéscsillapítás), idegentest eltávolítás



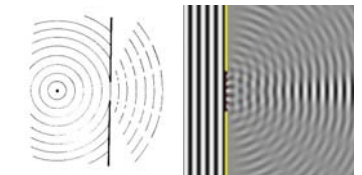
Arthroscopos térdműtét

HULLÁMOPTIKA: FÉNYELHAJLÁS OPTIKAI RÁCSON

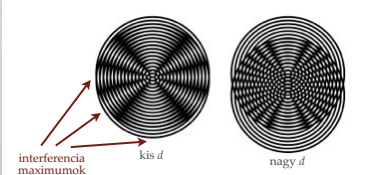
Interferencia jön létre: alapja a szuperpozíció elve



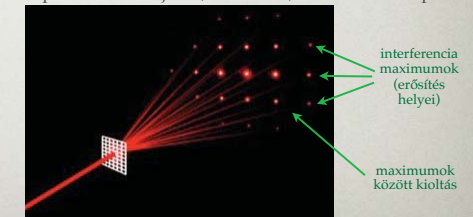
Hullámhosszal összemérhető nagyságú rés
($=d$ távolságra levő pontszerű rések, ahol $d \sim \lambda$)



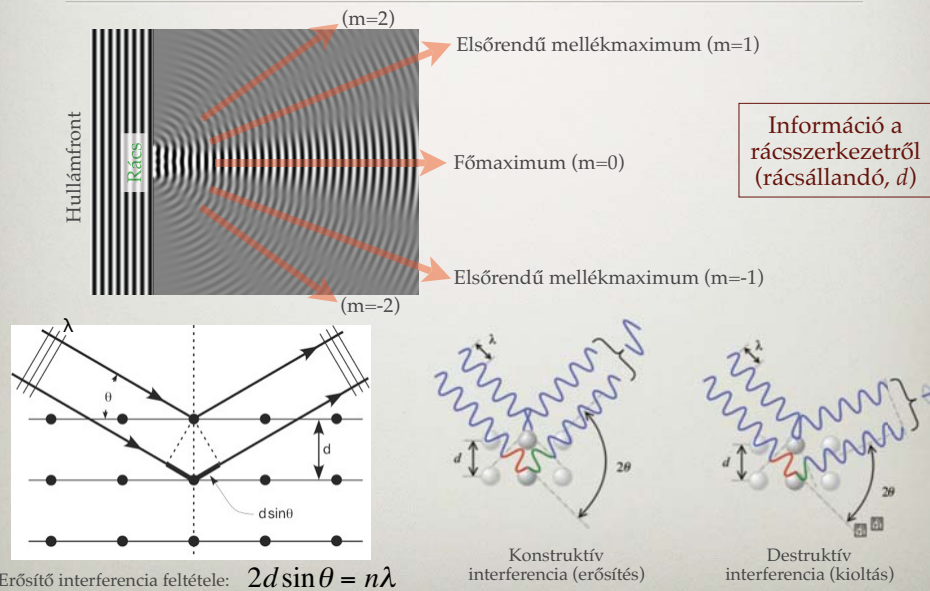
Kialakuló **interferencia mintázat** a pontszerű rések közötti távolságtól (d) függ



2D optikai rács elhajlási (diffrakciós) interferencia képe

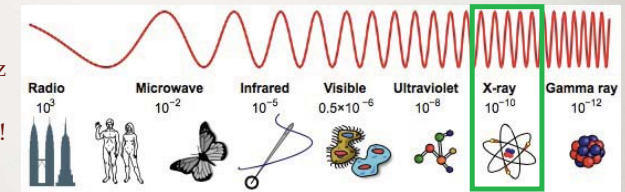


AZ ELHAJLÁSI INTERFERENCIA MINTÁZAT SZERKEZETI INFORMÁCIÓT HORDOZ

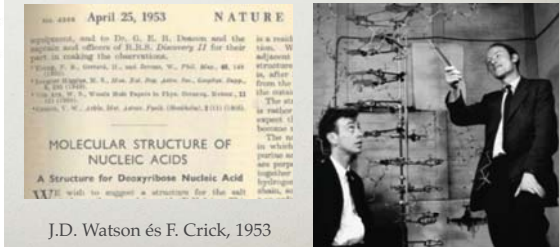
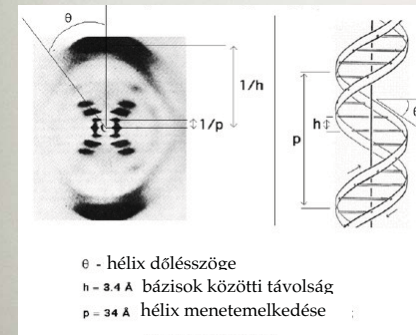


HULLÁMELHAJLÁS ALKALMAZÁSA

Ha a sugárzás hullámhossza az atomi mérettel összevethető, feltárható a molekulaszervezet!

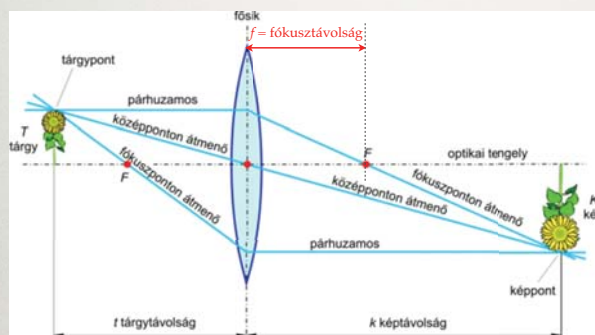


DNS szerkezet megfejtése röntgen-krisztallográfiával



OPTIKAI LEKÉPEZÉS

Görbült felületű törőközzeggel leképezést végezhetünk (egy tárgypontból a tér egy másik pontjára 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 =törőképeség (dioptria, m^{-1})

Törőfelület törőképesége

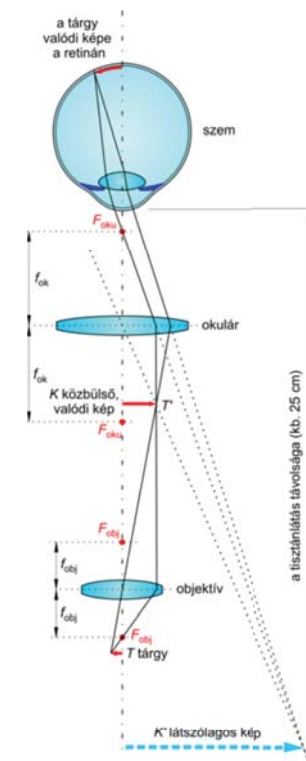
$$D = \frac{n - n'}{r}$$

$n - n'$ =törőközegek törésmutató-különbsége

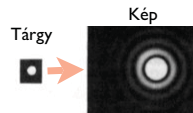
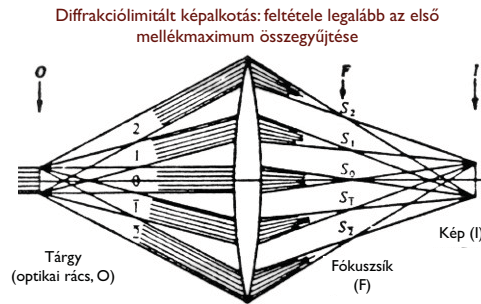
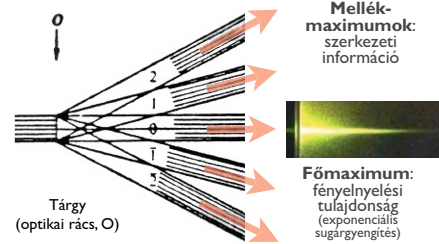
r =törőfelület görbületi sugara

Képképzés az összetett fénymikroszkópban

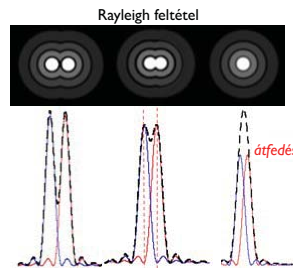
- Nagyított, fordított állású virtuális kép
- Leképezés feltétele: egy járulékos lencse (szemlencse) optikai útba helyezése



A fénymikroszkóp feloldóképességét a hullámoptika korlátozza



Diffrakció miatt: pontszerű tárgy képe elhajlási korong (Airy disk)



Legkisebb feloldott távolság (Abbé-képlet):

$$d = \frac{0.61\lambda}{n \sin \alpha}$$

λ = hullámhossz
 n = közeg törésmutatója
 α = optikai tengely és legszélső nyaláb által bezárt szög