Az optikai jelátvitel alapjai

A fény két természete, terjedése

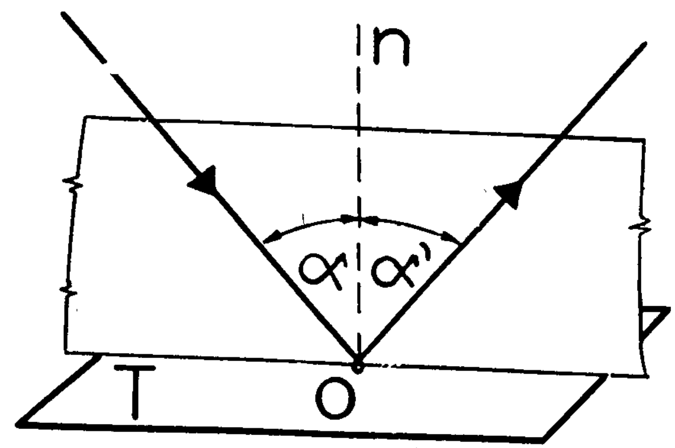
A fény kettős természete 1.

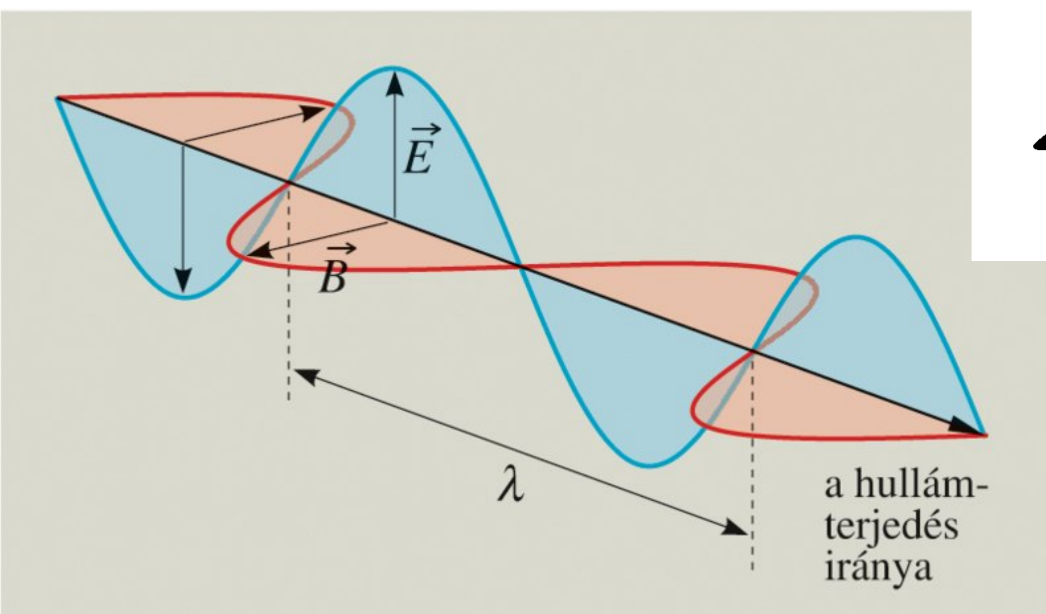
A fény:

- Elektromágneses hullám (EMH)
- Optikai jelenség

Egyes dolgokat a hullám természettel könnyű magyarázni, másokat optikai közelítésben.

A fény kettős természete 2.

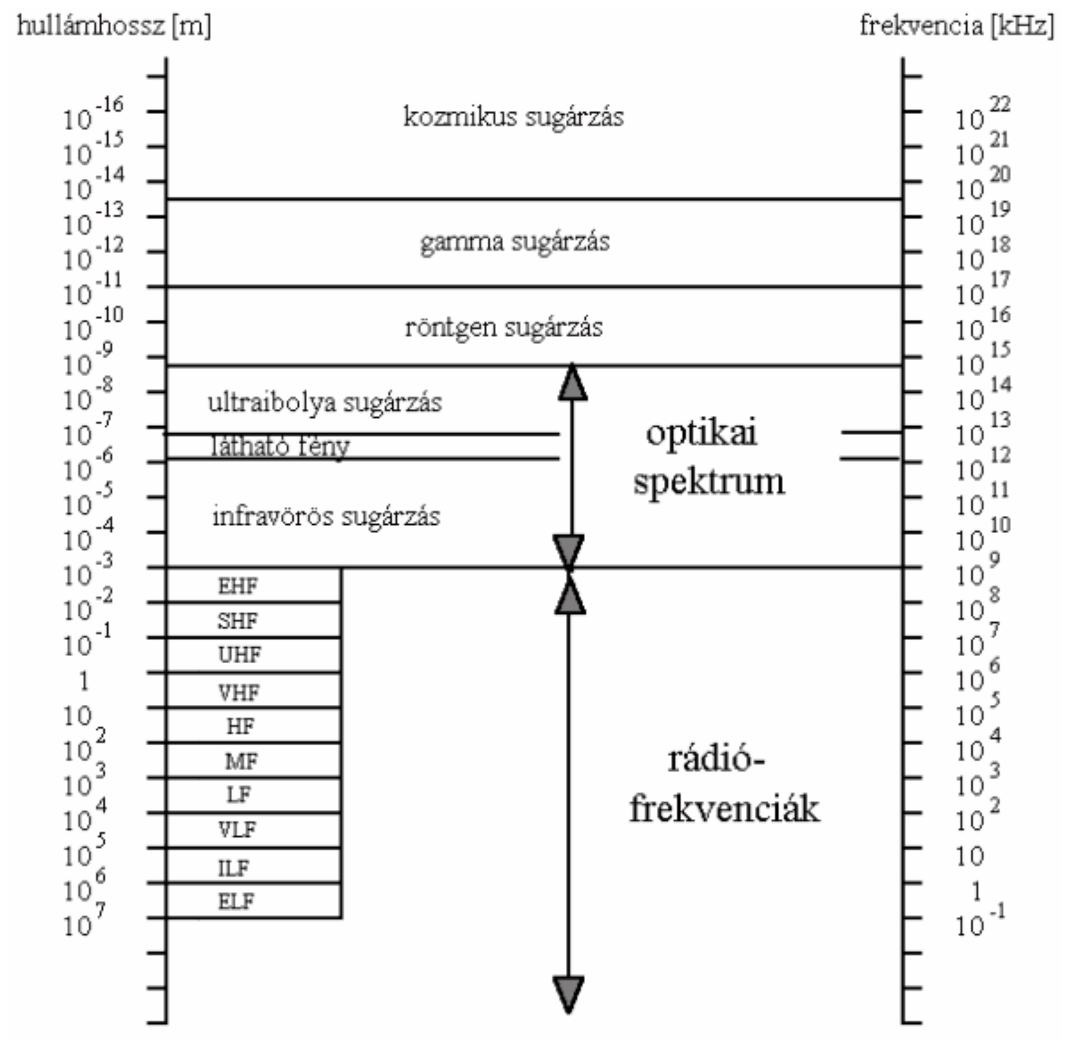




Hullámhossz

A látható fény tartománya 360-760nm hullámhossz, de fénytávközlési célra nem a látható tartományt használjuk, hanem az IR-t.

(csillapítás!)

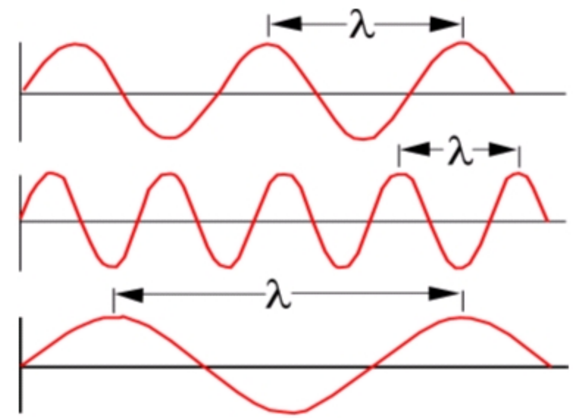


Hullámhossz 2.

Hullámhossz: A szinuszhullám egy önkényesen kiválasztott pontjának ismétlődése között mérhető távolság.

Jele: **λ**

Mértékegysége: **m** és annak törtrészei



Forrás: CCRS Tutorial

Frekvencia

A frekvencia jele: f

Mértékegysége Hz és annak többszörösei

A kettő át is számítható egymásba, az összefüggést közöttük a fény terjedési sebessége jelenti.

$c = 2{,}99792 \cdot 10^8$ m/s (300000 km/s) ; $\mathbf{c = f * \lambda}$

Maxwell !

A villamosságtan és a fénytan teljesen függetlenül fejlődött, csak egész későn, **Maxwell**

egyenletei teremtettek kapcsolatot közöttük.

$$n = \sqrt{\epsilon_r}$$

Ahol **n** az anyag optikai törésmutatója, $\boldsymbol{\varepsilon_r}$ pedig a dielektromos állandója.

A fény is EMH!

Ezen kívül azt is kimutatták, hogy az EMH-ok és a fény sebessége azonos:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 * \mu_0}}$$

Ahol:

ε_0 = 8,8543 * 10^{-12} As/Vm

μ_0 = 1,2567 * 10^{-6} Vs/Am

És ha nem vákuumban?

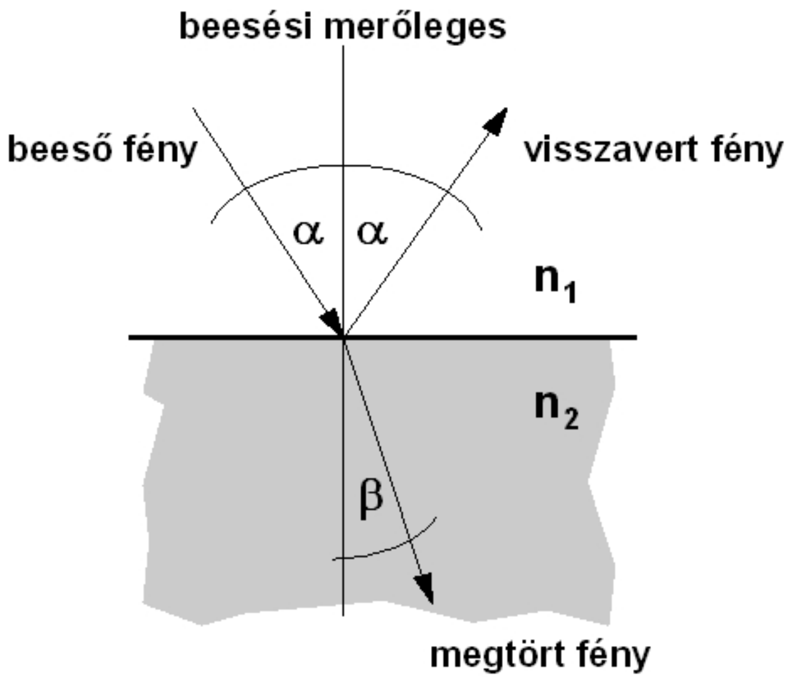
$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 * \mu_0 * \epsilon_r}} = c * \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{c}{n}$$

- c és v úgynevezett fázissebesség (ahogy egy szinuszhullám kiválasztott pontja (fázisa) halad
- **ε_r , v és n is fázisfüggő!**

Frekvenciafüggőség és diszperzió

- a fény periódikus erőtere az anyag elektronjait mozgásra kényszeríti, a rezgő elektronok is mágneses teret generálnak, az így kialakuló energia az eredetire szuperponálódik, és az eredő erőtér már más sebességgel halad
- az atomok és a rezgő elektronok kölcsönhatásban vannak egymással, így az egész rendszer frekvenciafüggő lesz (**diszperzió**) /szóródás/
- a sok résztvevő miatt több rezonanciafrekvencia is kialakulhat (**többszörös rezonancia**)

Fénytörés elmélete



$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

- optikailag „sűrűbb" közegben a fény lassabban halad, mint vákuumban
- a fény a különböző (abszolút) törésmutatójú közegekben más sebességgel halad, a tényezők fordítottan arányosak

Fénytörés

- merőlegest húzunk a “tükörre”
- a beeső fény és a merőleges közötti szög a beesési szög (**α**)
- a visszavert fénysugár és a merőleges közötti szög pedig a visszaverődési szög, ez is **α** (=)
- (részben) átlátszó anyagoknál a fénysugár megtörik, és úgy halad tovább egyenesen
- a második anyagban továbbhaladó fény és a merőleges közötti szög a törési szög (**β**)

Snellius - Descartes tv.

A szögek aránya és az anyagok törésmutatója összefüggésben van:

$$\frac{sin(\alpha)}{sin(\beta)} = \frac{n_2}{n_1}$$

A relatív törésmutató tehát az a szám, amely megmutatja, hogy az adott anyag mennyivel sűrűbb, mint a vákuum. A sűrűbb optikai közegbe lépő fény (n2>n1) törési szöge lesz a kisebb. Jelölése: pl.: $n_{2,1}$

Teljes visszaverődés 1.

Ha a beesési szöget növeljük, elérkezünk egy pontig, amikor a törési szög 90 fok. Ez a beesési szög a határszög. (α_h)

Ekkor:

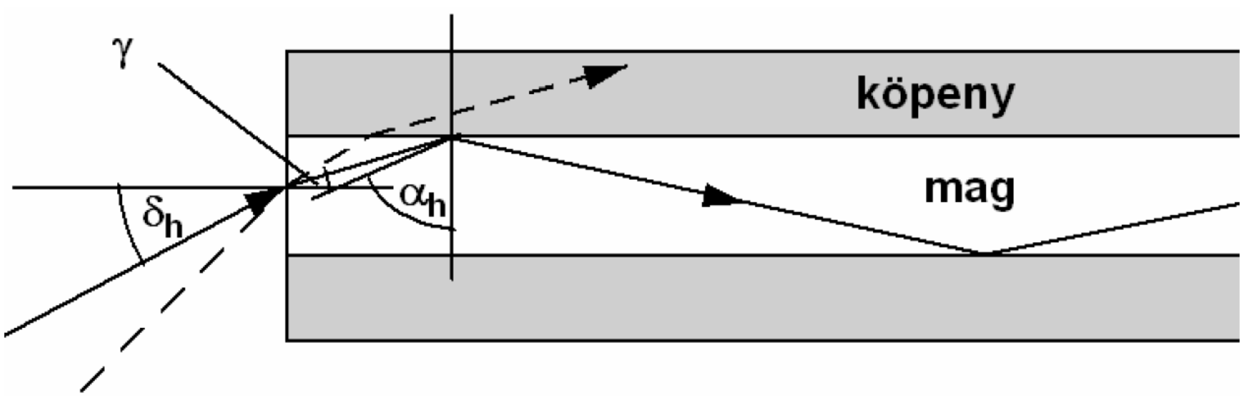
$$\frac{sin(\alpha_h)}{sin(90°)} = \frac{n_2}{n_1}$$

Ha tovább növeljük a beesési szöget, a fény nem a ritkább anyagban halad tovább, hanem teljes egészében visszaverődik (**totális reflexió**)

Teljes visszaverődés 2.

Ez azért jó, mert ilyenkor a fény nem szenved el veszteséget, a jelenséget ki lehet használni a fény szálban tartására! =>

Megfelelően nagy szög becsatoláskor, megfelelően kisebb törésmutatójú héj.



FV szálra alkalmazva:

A FV szál elején **δ** beesési szöggel érkező fénysugár **γ** törési szöggel indul el a szálban.

A fénytörés szerint:

$$\frac{\sin \delta}{\sin \gamma} = \frac{n_{mag}}{n_{levegő}}$$

Becsatolás FV szálba

$n_{levegő} = 1,$ => $\sin \delta = n_{mag} * \sin \gamma$

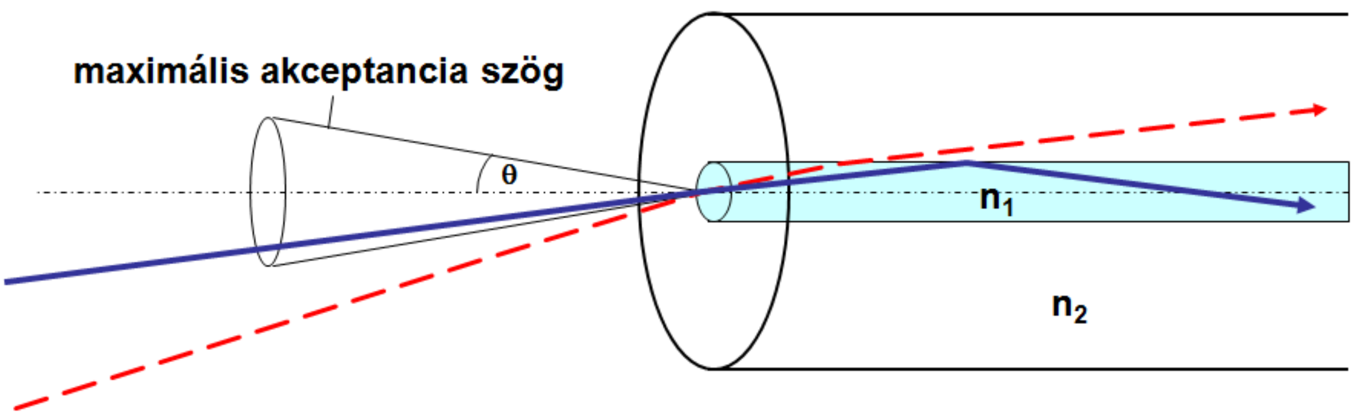
$\gamma = 90^{o} - \alpha$ => $\sin \gamma = \sin (90- \alpha) = \cos \alpha$

trigonometrikus egyenlet: $(cos^2\alpha = 1 - sin^2\alpha)$

$$sin\delta = n_{mag} * cos\alpha = n_{mag}\sqrt{(1 - sin^2\alpha)}$$

Akceptanciaszög

Azt a legnagyobb δ_h szöget, amelyen belül belépő fénysugarat még továbbvezeti a szál, akceptanciaszögnek nevezzük.



E szög szinusza a **numerikus apertúra**.

$$\sin \delta_h = NA$$

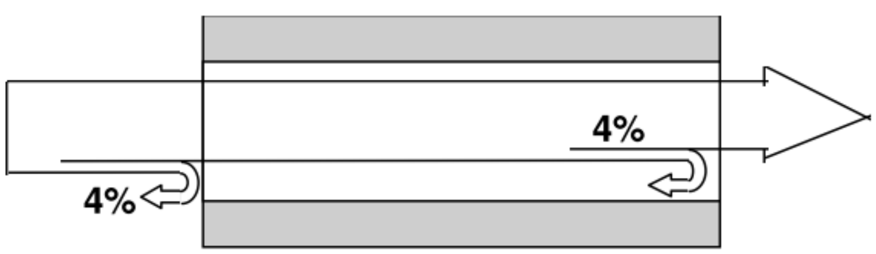
Numerikus apertúra

Ha tehát a belépési szögnél (akceptanciaszögnél) nagyobb szög alatt érkezik a fénysugár, akkor kilép a szálból (a héjba) => káros, veszteség, csillapítás!

$$NA = \sqrt{n_{\text{mag}}^2 - n_{\text{héj}}^2}$$

Fresnel - visszaverődés

Akkor sincs minden rendben, ha pontosan merőlegesen érkezik a fénysugár. Ilyenkor sem továbbítódik teljes egészében a fény, a veszteséget **Fresnel-reflexió**nak nevezik.



$$\delta = \left| \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right|^2$$