

Törés

Ha hullám két felület határához érkezik, részben visszaverődik, részben megtörik. Hullámtanilag különböző lehet két közeg akkor is, ha ugyanazon anyag, de más hőmérsékletű rétegének a sűrűsége is más. A következőkben a töréssel foglalkozunk hang, fény és más elektromágneses hullámok esetén, illetve a közeg sűrűségének változása okozta jelenségekre is kitérünk.

Matematikai leírás

Az új közegbe hatolva a hullám terjedési sebessége (c) megváltozik, hiszen az függ a közegtől, amelyben a hullám terjed. Mivel a *frekvencia* (f) kizárólag a hullámforrástól függ, a törés során nem változik. Ennek következtében viszont a hullámhossz (λ), ami a terjedési sebesség és a frekvencia hányadosaként számolható, ennek megfelelően változik. Képlettel:

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{c_1/f}{c_2/f} = \frac{c_1}{c_2}$$

A terjedési sebesség változása mellett a terjedés iránya is megváltozik. A változást a beesési szög (α) és a törési szög (β) viszonyával írjuk le. *Beesési szög* alatt a terjedés irányának a beesési merőlegessel bezárt szögét, *törési szögnek* pedig az új közegben a terjedés iránya és a beesési merőleges között bezárt szögét értjük. A beesési merőleges a két közeg határára, illetve az ahhoz az átlépés pontjában illeszthető érintősíkra merőleges. A két szög viszonyát a két közeg minősége, azok viszonya határozza meg. Minden közeg jellemezhető hullámtani szempontból a rá jellemző *abszolút törésmutatóval*. Ez vákuum esetén 1, levegő esetén 1,00029, amit szintén 1-nek szoktunk tekinteni. A levegőnél hullámtanilag sűrűbb közegek törésmutatója 1-nél nagyobb, a hullámtanilag ritkább közegeké 1-nél kisebb mértékegység nélküli szám. A Snellius-Descartes törvény, vagy törési törvény:

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21}$$

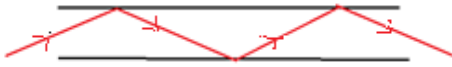
ahol n az abszolút törésmutató, 1-es index esetén az egyes közegé, vagyis amely közegből a hullám indul, 2-es index esetén a kettes közegé, vagyis amely közegbe a hullám átlép. n_{21} a kettes közeg egyes közegre vonatkoztatott törésmutatója, vagyis a *relatív törésmutató*.

Amennyiben a hullám a két közeg határára merőlegesen érkezik, irányváltoztatás nélkül folytatja útját. Látható, hogy ha a kettes közeg törésmutatója nagyobb, a relatív törésmutató 1-nél nagyobb, és a törési szög kisebb mint a beesési szög. Fordítva, ha a relatív törésmutató kisebb mint egy, a törési szög nagyobb mint a beesési szög.

Teljes visszaverődés

A beesési szög növelésével a törési szög is növekszik, hiszen mindkettő 0° és 90° közé esik. Ugyanezért, a törési szög nem növelhető, csak 90° -ig, ami azt jelenti, hogy az $n_{21} < 1$ esetben a beesési szöghöz is találunk egy ennek megfelelő határértéket. Erre a *határszög*re adódik, a Snellius-Descartes törvényben β helyére 90° -ot helyettesítve: $\sin\alpha_{\text{határ}} = n_{21}$. Ha a hullám ennél nagyobb szögben érkezik a határfelülethez, nincs átlépő hullám, a hullám teljes egészében visszaverődik. Éppen ezért a jelenséget teljes visszaverődésnek hívjuk.

A teljes visszaverődésen alapuló eszközök, jelenségek

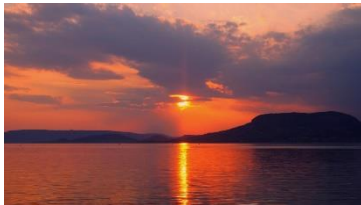


► Az optikai szálakba bejutó fénysugár a szál oldalfalánál mindig teljes visszaverődést szenved, így abból nem lép ki. Így vezeti a szál a fénysugarakat, illetve minden elektromágneses sugárzást.



► A képen látható dísz tárgyként használt eszköz is optikai szálakból áll, melyek a közös fényforrástól a szálak végéig vezetik a fénysugarakat.

A fentiekhez hasonló elv alapján működnek a jeltovábbításhoz, illetve a műtétek, vizsgálatok során használt, kamerával ellátott eszközök is.



► Mindenki által ismert jelenség a naplementekor látható „aranyhíd” tavak, vizek felszínén. Itt teljes visszaverődést figyelhetünk meg. A Nap alacsony állása miatt nagy – a határszögnél nagyobb - beesési szöggel a vízfelszínre érkező fénysugarak teljes visszaverődést szenvednek, vagyis nem lépnek be a vízbe. Ezek a visszavert sugarak jutnak a megfigyelő szemébe.

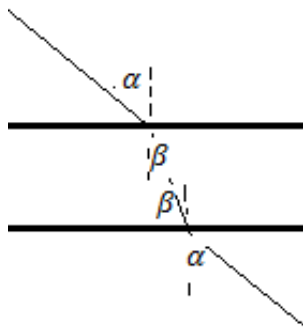
<https://hu.wikipedia.org/wiki/Délibáb>

teljes visszaverődés vízszugárban film: <https://www.youtube.com/watch?v=oZvs2rGxtWk>

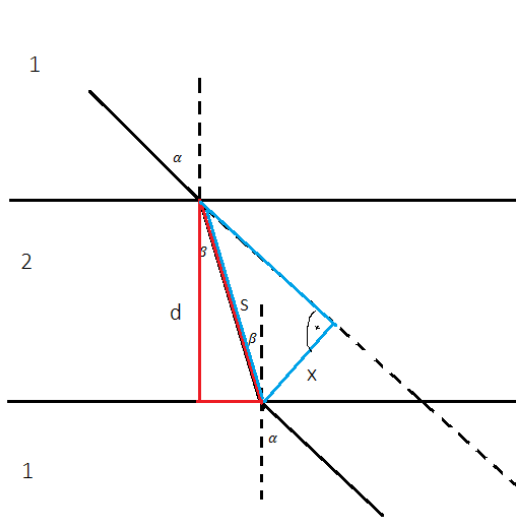
Fénytörésen alapuló optikai eszközök

Planparalel lemez

Plan vagyis sík, paralel, vagyis párhuzamos. Planparalel lemeznek a két párhuzamos síkkal határolt lemezt hívjuk. Az ábrán látható módon a beeső fénysugár először a levegőből a lemez anyagába hatoláskor, majd a kilépéskor törik. Mivel a belépéskor és kilépéskor felírható relatív törésmutatók egymás reciprokai, a kilépő fénysugár terjedésének iránya párhuzamos a belépő fénysugár terjedésének irányával, de ahhoz képest eltolódott. Az eltolódás mértéke függ a lemez és az azt körülvevő közeg anyagától, a lemez vastagságától, és a beesési szögtől.



► A planparalel lemezen áthaladva, a két törés következtében a fénysugár eredeti egyenesével párhuzamosan, de ahhoz képest eltolódva halad tovább.



Az első törés törési szöge megegyezik a második törés beesési szögével (β), hiszen váltószögek. Az első törésre felírható:

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

Az egyenlet mindkét oldalának reciprokát véve, a második törés leírását kapjuk, vagyis a kilépéskor a törőszög megegyezik a belépéskori beesési szöggel. Ebből következően a fénysugár a lemezen keresztülhaladva önmagával párhuzamosan toródott el. Az eltolódás mértékét az x távolsággal szeretnénk megadni. α ismeretében β a fenti egyenlőségből meghatározható. A piros háromszögben:

$$\cos \beta = \frac{d}{s}$$

amiből a lemez vastagságának (d) ismeretében számolható s , a fény útjának hossza a lemezben. Ezután a kék háromszögre felírjuk:

$$\sin(\alpha - \beta) = \frac{x}{s}$$

Ebből x , vagyis az eltolódás mértéke számolható.