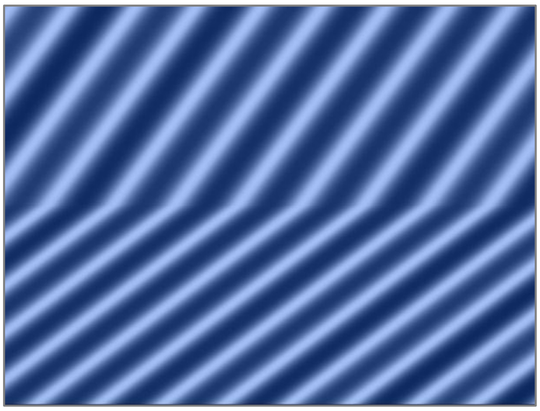
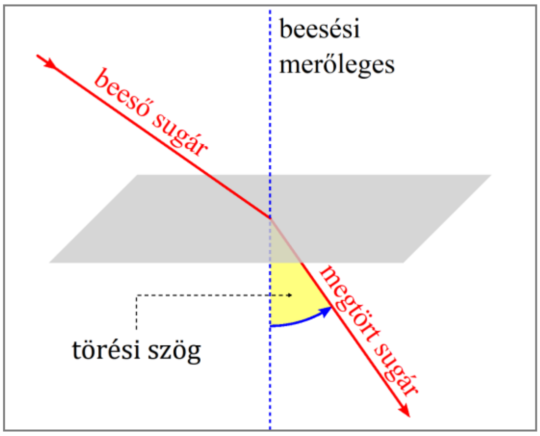
A hullámok törése

Láttuk, hogy ha a hullám új közeg határához érkezik, akkor a hullám egy része visszaverődik. A hullámok egy része azonban átjuthat a két közeg határfelületén, és az új közegben halad tovább. A társasházakban például a szomszédban keletkező hangot is halljuk, mert a hanghullámok egy része áthalad a falon.



Kísérletekkel igazolható, hogy az új közegben a hullámok általában megváltoztatják haladási irányukat. (Kivételt képeznek a határfelületre merőlegesen érkező sugarak.) *Az új közegbe belépő hullámok terjedési irányának megváltozását a hullámok törésének nevezzük.* A hullámok törése természetesen csak felületi vagy térbeli hullámoknál jöhet létre. A vonal menti hullámok is behatolhatnak az új közegbe, ez azonban a közeg egydimenziós jellege miatt nem jár irányváltozással.



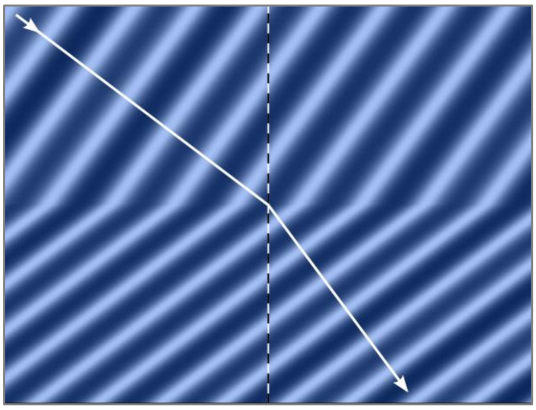
A törés leírására a már megismert fogalmakon túl a *törési szög* fogalmát kell értelmeznünk. Törési szögnek nevezzük a beesési merőlegesnek és a megtört hullámok sugarának a szögét.

A felületi hullámok törése vízhullámokkal végzett kísérletekkel tanulmányozható. (Mivel a hullámok terjedése a tapasztalatok szerint függ a víz mélységétől, ezért új közeg a vízmélység megváltoztatásával hozható létre.)

Ilyen kísérletekkel is igazolható, és elméleti úton is levezethető, hogy a *felületi hullámok törésekor a beesési szög szinuszának és a törési szög szinuszának a hányadosa állandó*, azaz

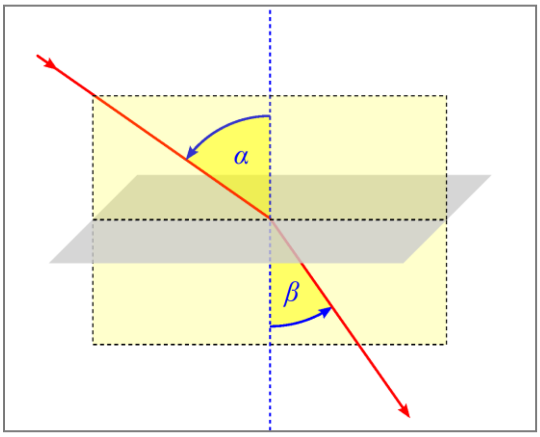
$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \text{állandó}.$$

Ezt az összefüggést felfedezőikről *Snellius–Descartes-féle törési törvény*nek nevezzük.



Hanghullámokkal végzett kísérletekkel és levezetéssel is igazolható, hogy *térbeli hullámok törésekor a beeső sugár, a beesési merőleges, valamint a megtört sugár egy síkban van, továbbá a beesési szög szinuszának és a törési szög szinuszának a hányadosa állandó*, azaz

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \text{állandó}.$$



Ha a hullám az 1. közegből lépett át a 2. közegbe, akkor *a Snellius–Descartes-féle törvényben szereplő állandót a 2. közegnek az 1. közegre vonatkozó törésmutatójának nevezzük*, és n_{21}-gyel jelöljük. (Ezt a hányadost gyakran csak a két közeg törésmutatójának vagy csak egyszerűen törésmutatónak hívjuk, és ilyenkor csupán n-nel jelöljük.) A törésmutató ezek szerint:

$$n_{21} = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}.$$

Mivel a törésmutató csupán két számérték hányadosa, így SI-mértékegysége:

$$[n_{21}] = \frac{[\sin\alpha]}{[\sin\beta]} = \frac{1}{1} = 1\,.$$

Kísérletekkel is szemléltethető és elméletileg is igazolható, hogy *a törésmutató megegyezik a két terjedési sebesség hányadosával*. Képlettel:

$$n_{21} = \frac{c_1}{c_2}.$$

Mivel törés közben a hullámok frekvenciája (és periódusideje) nem változik meg, a $c = \lambda \cdot f$ összefüggés miatt:

$$n_{21} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{\lambda_1 \cdot f}{\lambda_2 \cdot f} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}.$$

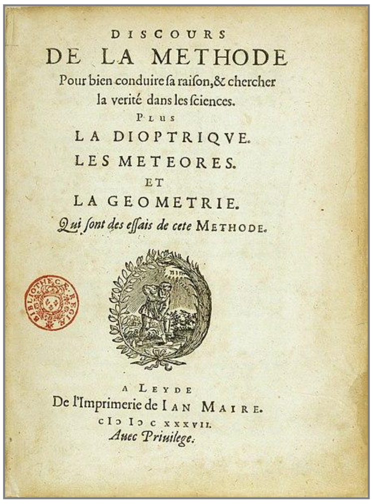
Ezek szerint *a hullámhosszak hányadosa is megegyezik a törésmutatóval*, azaz

$$n_{21} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}.$$

Tudjuk, hogy a határfelületre merőlegesen beeső hullámok nem törnek meg, a hullámhossz azonban a fenti összefüggésnek megfelelően ilyenkor is megváltozik.

Kiegészítések

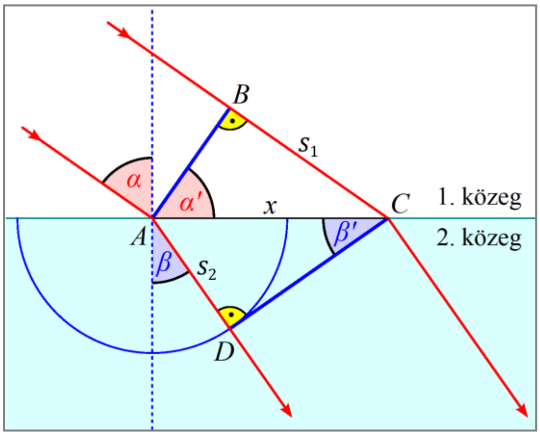
1. Willebrod *Snell van Roijen* vagy latinosan *Snellius* (1591–1626) holland fizikus 1615-ben, a fény törésével kapcsolatban fedezte fel a róla elnevezett törvényt. Eredményét azonban nem adta közre nyomtatásban, de 1620-tól már tanította a leydeni egyetemen.


DISCOURS
DE LA METHODE
Pour bien conduire sa raison, & chercher
la verité dans les sciences.
PLUS
LA DIOPTRIQVE.
LES METEORES.
ET
LA GEOMETRIE.
Qui sont des essais de cete METHODE.

A LEYDE
De l'Imprimerie de IAN MAIRE.
CIↃ IↃ C XXXVII.
Auec Priuilege.

2. A törvény másik felfedezője René *Descartes* (1596–1650), aki szintén a fénytöréssel kapcsolatban, Snelliustól függetlenül jutott el az összefüggéshez. Eredményét a *Discours de la methode* (Értekezés a módszerről) című művében 1637-ben tette közzé. (A könyv elérhetősége: https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b86069594/f5.item.)

3. *A Snellius–Descartes-féle törvény igazolható a Huygens–Fresnel-elv felhasználásával is.* A rajznak megfelelően az 1. közegben haladó hullámfront valamely időpontban az AB szakaszra illeszkedik. Jelölje Δt azt az időtartamot, amely alatt ez a hullámfront a B pontból a C-be jut. A terjedési sebesség definícióját felhasználva:



$$s_1 = c_1 \cdot \Delta t.$$

Ezen Δt időtartam végére az A-ból kiinduló, c_2 sebességgel haladó elemi hullám sugara

$$s_2 = c_2 \cdot \Delta t$$

nagyságú lesz. A Huygens–Fresnel-féle elv szerint az új hullámfrontot az elemi hullámok interferenciája hozza létre, ezért a megtört hullám hullámfrontja a Δt időtartam végén a DC szakaszra illeszkedik. Ha az AC szakasz hosszát x-szel jelöljük, akkor az ABC derékszögű háromszögből:

$$\sin \alpha' = \frac{s_1}{x}.$$

Az ADC derékszögű háromszögből:

$$\sin \beta' = \frac{s_2}{x}.$$

Az első egyenletet a másodikkal osztva:

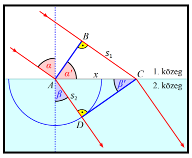
$$\frac{\sin \alpha'}{\sin \beta'} = \frac{s_1}{s_2} = \frac{c_1 \cdot \Delta t}{c_2 \cdot \Delta t} = \frac{c_1}{c_2} = \text{állandó}.$$

Az ábra alapján könnyen ellenőrizhető, hogy $\alpha' = \alpha$ és $\beta' = \beta$ (merőleges szárú hegyesszögek), ezért

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_1}{c_2} = \text{állandó},$$

azaz teljesül a Snellius-Descartes-féle törvény.

Képek jegyzéke

	**Rajz a törési törvény levezetéséhez** © http://fizikakonyv.hu/rajzok/0368.svg

Jelmagyarázat:

© **Jogvédett anyag**, felhasználása csak a szerző (és az egyéb jogtulajdonosok) írásos engedélyével.

W A ***Wikimedia Commons***-ból származó kép, felhasználása az eredeti kép leírásának megfelelően.