### 14.3. A fény törése, teljes visszaverődés

Essék egy fénysugár két különböző közeg határfelületére a beesési pontra állított merőlegeshez képest valamilyen szöggel (14.3.1. ábra). Az ábrán látható elnevezések szerint a beeső sugár, a megtört sugár és a beesési merőleges egy síkban van. Ha c1 az „1” jelű és c2 a „2” jelű közegben mérhető fénysebesség, valamint a szögek az ábra szerintiek, akkor a beesési szögtől függetlenül érvényes az alábbi, Snellius-Descates, törvény:

, (14.3.1.)



ahol n21 a „2” jelű közegnek az „1” jelűre vonatkoztatott relatív törésmutatója.

Ha az „1” jelű közeg vákuum, akkor

,

ahol n2 a „2” jelű közeg abszolút törésmutatója, és érvényes:

α

β

c1

1

2

c2

beeső sugár

beesési merőleges

megtört sugár

beesési v. törési pont

α - beesési szög

β - törési szög

14.3.1. ábra A fény törése

,

ahol a -ák a megfelelő hullámhosszak.

**A törésmutató függ a hullámhossztól a látható (400-720 nm) tartományon a legtöbb átlátszó anyagra a**14.3.2**. ábrán látható módon, azaz a kék színű fényt az anyag jobban megtöri, mint a vöröset.**

n

1,5

1,4

400  700 λ

14.3.2. ábra Az átlátszó optikai anyagok törésmutatójának hullámhossztól való függése

A sugármenetről elmondható, hogy ha a fény optikailag ritkább közegből (ahol a fénysebesség nagyobb) sűrűbb közegbe (amelyben a fénysebesség kisebb) lép át, a beesési merőlegeshez törik. Ha sűrűbb közegből a ritkábba lép át, akkor a beesési merőlegestől törik.

**Teljes visszaverődés:**

Ha a fény optikailag sűrűbb közegből lép az optikailag ritkább közegbe (14.3.3. ábra), akkor a törési szög nagyobb a beesési szögnél. Ha növeljük a beesési szöget, akkor eljutunk egy olyan szöghöz, amelyhez már 90o-os törési szög tartozik. Ezt a beesési szöget nevezzük határszögnek. Ennél nagyobb beesési szög esetén a fény már nem tud átlépni az optikailag ritkább közegbe, hanem teljes visszaverődést szenved.

3. sugár (teljesen visszaverődik

2. sugár (határszögben esik be)

1. sugár (egyszerű törés





h

Optikailag ritkább közeg

Optikailag sűrűbb közeg

14.3.3. ábra A teljes visszaverődés sugármenete

A határszög (h) az a beesési szög, amelyhez =90o-os törési szög tartozik:



és így

. (14.3.2.)

A teljes visszaverődés határszöge folyadékokban függ a folyadék összetételétől, mérésével az összetétel meghatározható. Az ilyen eszközöket refraktométereknek nevezzük.

A teljes visszaverődés jelenség felhasználható az informatikában, az adattovábbítási technológiákban, mert segítségével egy göbe átlátszó anyagon a fény végigvezethető, elgörbíthető (14.3.4. ábra).

üveg

β>βhatár

14.3.4. ábra A fény elgörbítése hajlított üvegrúddal, vagy szállal

Ez a jelenség eleinte csak érdekességként volt számon tartva. A 1968-70-es években kezdték el használni, endoszkópiára.

Az informatikai technológiákban először a távközlésben jelent meg.

Szükség volt az anyagok fejlesztésére, mert a csillapítás jelentős tényező volt. Ma már előállítható kvarcból olyan optikai szál, melynek csillapítása 1 km-en fél százalék. Jelenleg körülbelül 3 %/km csillapítású optikai szálakat használnak. Ezért erősítőket, jelismétlőket kell használni. Mivel a fény természetesen gyors (200000 km/s), és magas frekvenciájú (1014 Hz) nagy mennyiségű adat átvitelére képes.

**Az optikai szál szerkezete:**

Az optikai szál szerkezetét a14.3.5. ábrán mutatjuk be.

Teljes visszaverődést biztosító réteg (clad-réteg, vagy cladding)

Optikai szál (üveg)

Fény-át-nem-eresztő réteg (borítás)

14.3.5. ábra Az optikai szál szerkezete

A szálak mérete általában 0,1 mm vagy 25 mikron. Egy kábelben legalább 4-5, de lehet 25 optikai szál is. A közepében egy fémszál van, a borítás szintén fém. Hajlításnál van egy minimális sugár, amivel hajlítható, egyébként törés vagy idő előtti öregedés következhet be. Az összes réteg megléte esetén nem is lehetséges jobban hajlítani. A kialakítása miatt a távközlésben ez a legkevésbé zavarható közeg.

### Prizmák és a spektroszkóp

A prizma általában háromszög keresztmetszetű hasáb. A rajtuk keresztül haladó fénysugár útja függ attól, hogy a prizma, vagy a környezetének a törésmutatója a nagyobb. A14.3.6. ábrán egy, a környezetésnél nagyobb, a14.3.7. ábrán a környezeténél kisebb törésmutatójú prizmában haladó fény útját figyelhetjük meg.

ϕ törőszög

δ (deviáció, vagy irányeltérés)

nk np>nk

np

14.3.6. ábra A fény útja környezeténél nagyobb törésmutatójú prizmában

(például üvegprizma levegőben)

ϕ

np

nk

np<nk

14.3.7. ábra A fény útja a környezeténél kisebb törésmutatójú prizmában (levegőprizma üvegben)

A két ábrából megállapítható, hogy a környezeténél nagyobb törésmutatójú prizmában a fény a prizma vastagabb, a másik esetben a vékonyabb felé törik a teljes eszközön való áthaladás végére.

**A spektroszkóp működése:**

A prizmák egyik legfontosabb alkalmazása a spektroszkóp, melynek a vázlatát a14.3.8. ábrán adjuk meg.

szénrúd

szénrúd

ernyő

A

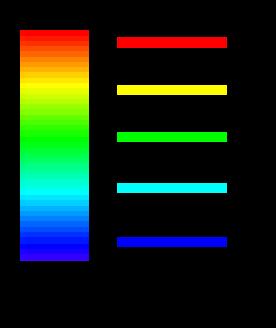
14.3.8. ábra A spektroszkóp vázlatos rajza

A spektroszkóp azt a jelenséget használja ki, hogy ha egy anyagot elég magas hőmérsékletre hevítünk, akkor az látható fényt bocsát ki magából, s ennek a fénynek az összetétele jellemző arra az anyagra, ami azt kibocsátotta. A készülék segítségével a vizsgált anyag összetételére lehet következtetni.

Az eszköz működése a következő: A két szénrúdra nagyfeszültséget kötünk, így ívkisülés keletkezik. Az alsó szénrúdba, vagy arra helyezzük a vizsgálandó anyagot. A keletkező villamos ív magas hőmérsékletre hevíti a vizsgálandó anyagmintát, melynek a fényét egy résen vezetjük keresztül, ami egy párhuzamos fénycsíkot különít el a kibocsátott fényből. A párhuzamos fénycsík egy olyan prizmára esik, amelynek a törésmutatója a 14.3.2. ábrán látható módon függ a fény hullámhosszától. Az ívfény eredetileg fehér fényéből a prizmán való áthaladás után kilépő különböző hullámhosszúságú fények más-más helyen jelennek meg mivel a rájuk vonatkozó törésmutató más és más. Mivel a kék fényre vonatkozó törésmutató a legnagyobb, a prizma vastagabb vége felé lép ki, míg a vörös, melyre a legkisebb ez az érték, kevésbé törik meg. A prizmával szemközti ernyőn a 14.3.9. ábrán láthat színskálát (spektrumot) látunk. A színek sorrendje a prizma vastagabb végétől:

Ibolya, kék, zöldeskék, zöld, sárgászöld, sárga, narancs, vörös. A hullámhossz tartomány a sorrendnek megfelelően 400-720 nm. Minden spektrum, vagy színkép rendelkezik az ábrának megfelelő folytonos, és a mellette bemutatott vonalas spektrummal is. Különösen a vonalak színe és elrendezése lehet jellemző az azt kibocsátó anyag szerkezetére. A résből kilépő fénycsíkba helyezett lencsével élessé tehető a kép.

Az ernyő mellé egy hullámhossz skála helyezésével meghatározhatjuk a csíkokhoz, vgy vonalakhoz tartozó fény hullámhosszát, ezzel szabványos spektrum táblázatok segítségével a vizsgált anyag összetételét. Pontosságát tekintve a módszer igen kifinomult: az anyag 10-6 %-os jelenléte is megállapítható. Anyag kimutatása esetén pedig mintegy 10-6 gramm a kimutatható minimum.



14.3.9. ábra A spektroszkóp ernyőjén az A nézetből látható kép