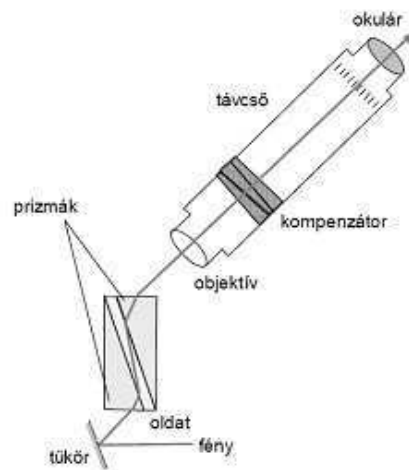


5. fejezet

Törésmutató mérése Abbe-féle refraktométerrel



Balra: az Abbe-féle refraktométer; jobbra: a műszer felépítése

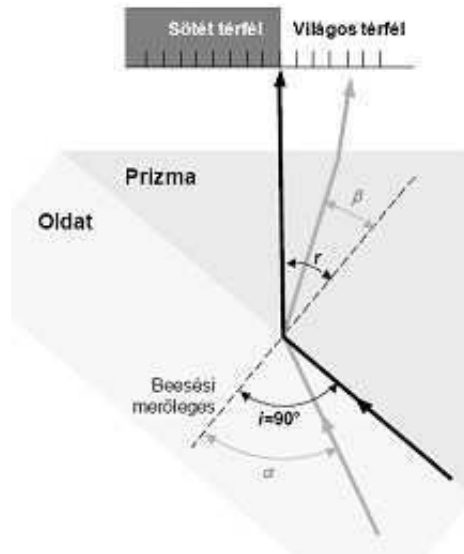
A fénysugár két, optikailag különböző közeg határfelületén irányát megváltoztatja, ez a jelenség a fénytörés. A fénytörés törvényei:

- (i) megtört fénysugár a beesési síkban van,
- (ii) A beesési szögek és az ezekhez tartozó törési szögek szinuszaik hányadosa állandó. Ezt az állandót, amely a két közeg anyagi minőségére jellemző, a második közegnek az első közegre vonatkoztatott **relatív törésmutatójának** nevezzük, jele $n_{2,1}$.

A fénytörést leíró Snellius-Descartes-féle törvény szokásos alakja:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{2,1}.$$

A vákuumra vonatkozó relatív törésmutatót **abszolút törésmutatónak** nevezzük. A törés oka a fény sebességének az adott közegben való eltérő volta. Pontosabban:



A törési törvény és a mérés elve

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{2,1} = \frac{c_1}{c_2},$$

ahol c_1 ill. c_2 a fény terjedési sebessége az első ill. második közegben. Ha c a fény terjedési sebessége vákuumban, akkor az előzőek alapján az első közeg abszolút törésmutatójára érvényes:

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

a második közeg abszolút törésmutatójára:

$$n_2 = \frac{c}{c_2}.$$

A relatív törésmutató definíciója alapján felírható:

$$n_{2,1} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{c/c_2}{c/c_1} = \frac{n_2}{n_1}.$$

Azaz relatív törésmutató megegyezik a két közeg abszolút törésmutatójának hányadosával.

Azt a közeget, amelynek abszolút törésmutatója nagyobb, optikailag sűrűbbnek nevezzük. Haladjon fény optikailag sűrűbb közegből a ritkább felé ($n_1 > n_2$, azaz $n_2/n_1 < 1$)! Ekkor

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} < 1,$$

ami csak akkor foroghat fenn, ha $\alpha < \beta$. β értéke határesetben derékszög lehet, az ehhez tartozó beesési szöget α_0 -al jelöljük. α_0 -nál nagyobb beesési szögeknél a fény nem lép a második közegbe, hanem a ritkább közeg határfelületén visszaverődést szenved. A teljes visszaverődés határszögénél nagyobb szög alatt beeső fénysugarak tehát a sűrűbb közegben maradnak és ugyanakkora szöggel verődnek vissza, mint amekkorával beestek.

Az α_0 szöget a teljes visszaverődés határszögének nevezzük. Értéke:

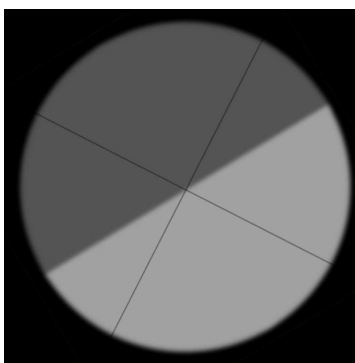
$$\sin \alpha = \frac{\sin \alpha}{\sin 90^\circ} = n_{2,1} = \frac{n_2}{n_1}.$$

Ez alapján egy közeg törésmutatója kiszámítható, ha a teljes visszaverődés határszögét megmérjük. A törésmutató több tényezőtől, így pl. a hőmérséklettől, a nyomástól, a fény hullámhosszától, oldatoknál a koncentrációtól is függ. A törésmutató hullámhossz szerinti függését **diszperzió**nak nevezzük. A diszperzió mértékéül két Fraunhofer-féle vonalra vonatkozó törésmutató különbségét veszik. Az $n_F - n_C$ (azaz 486,1 és 656,3 nm-re vonatkoztatva) értékét közepes diszperzióknak nevezzük. A törésmutatót rendszerint a nátrium D-vonalra adjuk meg (589,3 nm).

A törésmutató meghatározását Abbe-féle refraktométerrel végezzük. A mérés a teljes visszaverődés határszögének mérésén alapszik, és 1,3–1,7 törésmutatójú anyagok vizsgálatára alkalmas. Mérési pontossága $\approx 10^{-4}$ törésmutatóegység. Az eszköz lényeges alkotórésze az ún. Abbe-féle kettősprizma, egy végtelenre beállított távcső és az ún. kompenzátor (l. következő ábra).

A prizmarendszerre egy K kar van erősítve, amelynek forgatásával elérhetjük, hogy a határvonal az okulárban lévő fonalkereszt metszéspontjára essék. A leolvásómikroszkóp látómezőjében ekkor közvetlenül leolvashatjuk a törésmutató értékét. Használatba vétel előtt az eszközt ismert törésmutatójú folyadékkal (pl. desztillált víz) hitelesíteni kell. Ha a refraktométert összetett fényvel világítjuk meg, a törésmutató hullámhossztól való függése miatt éles határvonal helyett vékony spektrum-sávot látunk. Ennek megszüntetésére a készülékbe a C kompenzátor van beépítve. Ez két ún. Amici-prizma, amely a Na D-vonalát nem téríti ki, a két prizma eredő színszórása viszont szabályozható azáltal, hogy a prizmák relatív helyzetét megváltoztatjuk. Észleléskor a készüléket úgy kell beállítani, hogy az Amici-prizmák színszórása a mérőprizmából és a köztük levő folyadékból álló rendszer színszórásával ellentétesen egyenlő legyen.

A műszer működési elvét a következő ábra szemlélteti. A prizmákon és az oldaton áthaladó fény két határfelületen törik meg, ezek közül számunkra az oldat és a második prizma közti határfelület az érdekes.



A teljes visszaverődés határszöge leolvasható a refraktométerben – helyesen beállított látómezőben

Mivel a prizma törésmutatója nagyobb, mint az oldaté, a beeső fény a beesési merőlegeshez törlik. A határfelületet súroló, 90° -os beesési szög alatt érkező fénynyaláb határszög (r) alatt törlik meg. A 90° -nál kisebb szögben beeső fénysugarak r -nél kisebb szögben megtörve a jobb oldali tereket világítják meg, a bal tereket viszont sötét marad, mivel a határszögnél nagyobb szög alatt nem törlik meg fény. A látóteret sötét és világos részre osztó határvonal helyzete a határszög (r), az pedig az oldat törésmutatójának, tehát koncentrációjának függvénye. A törésmutató arányos a határszög szinuszával ($n = k \cdot \sin r$), a koncentráció pedig közelítőleg arányos a törésmutatóval. A refraktométer egyik skáláján közvetlenül a mért anyag törésmutatója olvasható le (20°C -on) 4 tizedes pontossággal, másik skáláján a tiszta nádcukoroldat százalékos szárazanyag-tartalmát adja meg a 0–85% intervallumban. Használatba vétel előtt az eszközt ismert törésmutatójú folyadékkal (pl. desztillált víz) hitelesíteni kell. Más oldat esetén a skálán leolvasott értéket korrigálni kell. A méréshez elegendő néhány csepp oldat. A mérőprizma átáramló vízzel termosztálható. Az Abbe-féle refraktométer zsírok, gyanták, szilárd, sötét, átlátszatlan anyagok vizsgálatára is alkalmas

réeső fényben. Lényeges része a flintüvegből ($n_D = 1,75$) készült kettős prizma. A mérendő 1-2 csepp folyadékot a prizmák közötti kb. 0,15 mm-es résbe helyezzük el. A törésmutató az anyagi minőségén kívül a hőmérsékletnek és az alkalmazott fény hullámhosszának is függvénye, ezért pontos méréseknél 0,2 °C pontosságú hőmérsékletszabályozás és monokromatikus megvilágítás (pl. a nátriumgőz által kibocsátott sárga színű, 589 nm-es fény (a Na D-vonala) szükséges. A refraktométert úgy kell megválasztani, hogy prizmájának törésmutatója nagyobb legyen a mérendő oldat törésmutatójánál. A refraktométereknek számos típusa ismeretes az egyszerű kis kézi eszközöktől a digitális kijelzésű automata hőszabályozós és nyomtatóval is ellátott nagy pontosságú műszerekig.

5.1. Feladatok

Eszközök: 1 db Abbe-féle refraktométer, 1 üveg desztillált víz, 10 üveg ismert koncentrációjú cukoroldat, 1 üveg ismeretlen koncentrációjú cukoroldat

1. Határozza meg a kiadott oldatok törésmutató értékeit! A hitelesítést a mérés előtt végezze el desztillált vízzel (szobahőmérsékleten $n_{\text{víz}} = 1,333$)!
2. Készítse el a koncentráció-törésmutató grafikont!
3. A grafikon alapján határozza meg az ismeretlen oldat törésmutatóját!