3. Folyadékok törésmutatójának mérése refraktométerekkel, refraktométer alkalmazása célkészülékként

A MÉRÉS CÉLJA:

Az oldatok törésmutatójának mérésére szolgáló alapkészüléknek (**Abbé-féle refraktométer**) és egy, a törésmutató mérésén alapuló szárazanyag tartalom és fagyáspontmérő célkészülék (**OG-101/B típusú refraktométer**) használatának a megismerése. Folyadékok abszolút törésmutatójának mérése, szörp-víz keverék szárazanyag tartalmának és etilén glikol-víz keverék fagyáspontjának meghatározása.

ELMÉLETI ISMERETEK

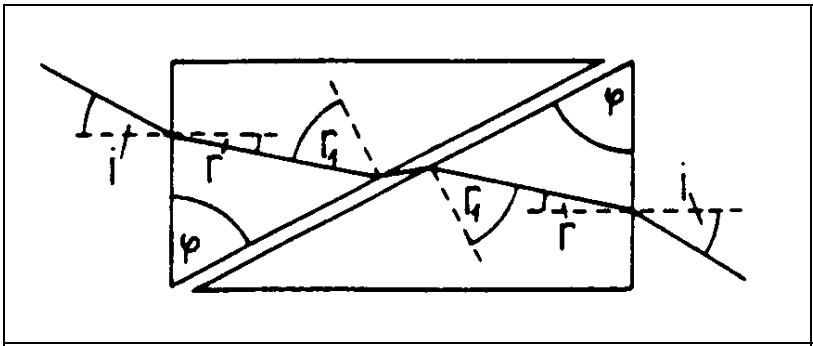
Keverék oldatok törésmutatója függ a koncentrációtól. **Teljes visszaverődés** akkor lép fel, amikor a fény optikailag sűrűbb közegből ritkább közeg felé, egy a határszögnél nagyobb beesési szöggel érkezik. Ha n_1 és n_2 az optikailag ritkább, ill. sűrűbb közeg abszolút törésmutatói ($n_1 < n_2$), akkor a teljes visszaverődés határszöge:

$$\sin \alpha_h = \frac{n_1}{n_2}. \qquad (3.1)$$

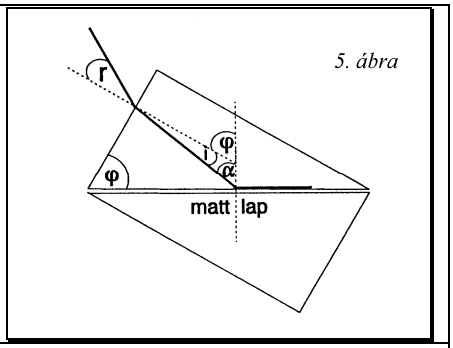
A törésmutatót a **teljes visszaverődés határszögének** méréséből állapíthatjuk meg. A teljes visszaverődés határszögének mérésén alapuló **Abbé-féle refraktométerben** a P prizmarendszert homogén módon világítjuk meg. A prizmarendszer két eleme közé helyezzük a folyadékot.

Az Abbe-féle refraktométer:

Az Abbe-féle refraktométer (3.3. ábra) lényeges része az n_D = 1,75 törésmutatójú optikai üvegből készült P **kettős prizma**, amely forgatható. A vizsgált folyadék törésmutatójának kisebbnek kell lenni a prizmák törésmutatójánál, ezért **1,3 és 1,7 közé eső törésmutatójú anyagok vizsgálatára alkalmas**.



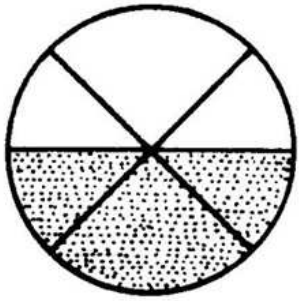
3.1.a. ábra Sugármenet



3.1.b. ábra Sugármenet

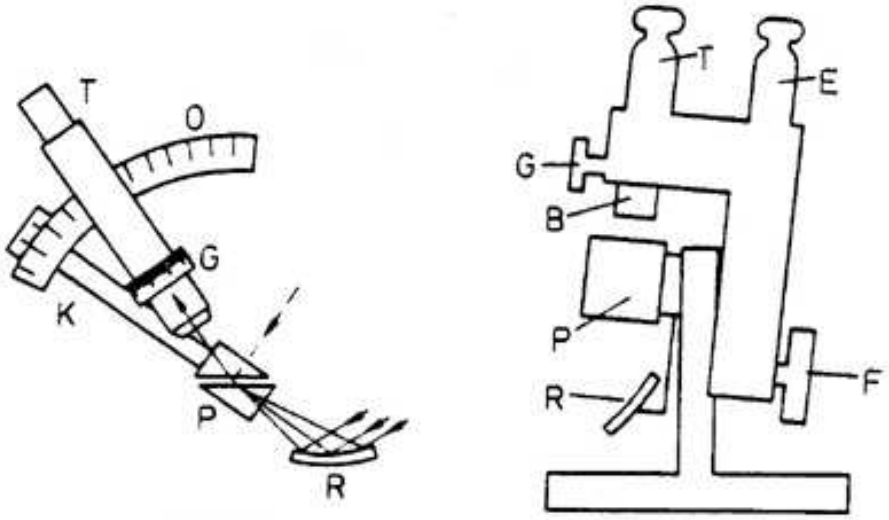
A kettős prizma planparallel lemezként működik, a fénysugár ugyanolyan *i* szöggel lép ki a felső prizmából, mint amilyennel az alsó prizmába belépett. Az *i* beesési szög függvényében a fény mindaddig keresztülhalad a prizmán, amíg r_1 kisebb a prizma és a vizsgálandó folyadék közötti totális reflexió határszögénél. Amint azonban ezt eléri, teljes visszaverődés jön létre, és nem jut fény a felső prizmába.

Ha tehát különböző beesési szöggel érkező sugárelemeket tartalmazó (konvergens) homogén fénynyalábbal világítjuk meg a prizmarendszert, akkor a második prizmából kilépő, és a távcsőbe jutó fénynyalábban a totális reflexió határszögének a látótér sötét és világos része közötti határvonal felel meg. Ha a prizmát az F beállítócsavarral úgy állítjuk be, hogy a látótér sötét és világos részének határvonala a távcső fonálkeresztjére essék (3.2. ábra), akkor az E mikroszkópon közvetlenül leolvashatjuk a törésmutatót.



3.2. ábra

A T távcső (3.3. ábra) az O körosztályzattal szilárdan áll. A két prizmának egymástól mintegy 0,15 mm-re levő átlófelülete közé kerül a vizsgálandó folyadék. A mérés a felső prizmával történik, az alsó prizma csak a megvilágításra és a folyadékréteg tartására szolgál. Az állandó hőmérsékletű méréskörülmények biztosítására a prizmákat temperáló kamrák veszik körül, amelyeken termosztát vize áramoltatható.



3.3. ábra. Az Abbe-féle refraktométer sematikus rajza

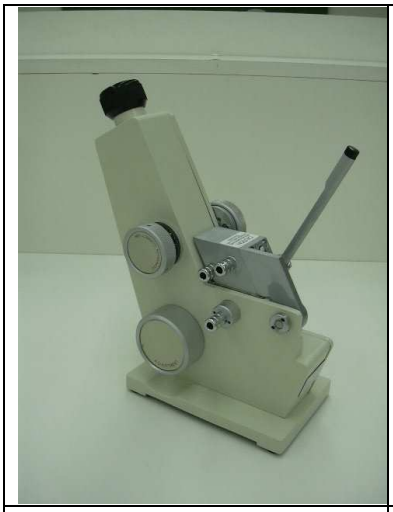
Méréskor az R tükörrel világítjuk meg a prizmarendszert. A fénysugár mindaddig áthalad a prizmarendszeren, amíg α kisebb a prizma és a folyadék közötti teljes visszaverődés határszögénél. Amint azt eléri, a fény nem juthat a P_1 prizmából a folyadékba. A belépő fénykúp egyik felére teljesül a teljes visszaverődés, a másikra nem, ezért a refraktométer *t* megfigyelő távcsőben a látómező egyik részét világosnak, a másikat sötétnek látjuk. A kettő közötti határvonal felel meg a teljes visszaverődés határszögének. A távcső fonalkeresztjének metszéspontját erre a határvonalra állítva a törésmutató skálán a keresett törésmutató leolvasható.

Ha a refraktométer prizmáját homogén fény helyett fehér fénnyel világítjuk meg, akkor a látótér sötét és világos része nem éles vonalban érintkezik egymással, hanem a határ vékony spektrumsávból áll a határszög hullámhosszfüggése miatt. Ennek megszüntetésére a refraktométerbe un. kompenzátort építenek be (2. ábra, B), amely ezt a színszóródást megszünteti. A kompenzátor két Amici-féle prizmarendszerből áll, amelyek a nátrium D vonalának megfelelő hullámhosszú fényt nem térítik el, a színszórásuk ellenben szabályozható azáltal, hogy relatív helyzetüket a G gyűrűvel változtathatjuk. Észleléskor a G gyűrűt úgy kell beállítani, hogy az Amici-féle prizmarendszer eredő színszórása ellentétesen egyenlő legyen az alsó prizmából és folyadékból álló rendszer színszórásával. Ekkor a színes szegély eltűnik a sötét és világos rész érintkezési helyén, és a határvonal éles lesz.

Ilyen beállításnál fehér fényt használva az E mikroszkóp skáláján az n_D értéket olvassuk le, a kompenzátor gyűrűjének állásából pedig a diszperziót határozhatjuk meg az eszközökhöz mellékelt táblázat segítségével. Az Abbe-féle refraktométer skálájának ellenőrzésére a készülékhez mellékelt ismert törésmutatójú folyadékot, vagy hitelesítő üveglemezt kell használni.

ESZKÖZÖK, A MÉRÉS MENETE

- Abbé-féle refraktométer
- OG-101/B típusú refraktométer
- Szörp (Málnaszörp) flakkonban
- Hűtőfolyadék (Etilén glikol) flakkonban
- Üvegedények, mérőpoharak, pipetták a keverék oldatok elkészítésére.

		
3.4.a. Abbe-féle refraktométer zárva	3.4.b. Abbe-féle refraktométer nyitva	3.4.c. Abbe-féle refraktométer zárva

Kinyitás után az Abbe-féle refraktométerben a prizmapár felületét mindig alaposan tisztítsuk meg. A matt felületre 1-2 csepp folyadékot cseppentsünk. Ezután zárjuk be. A fényt a pozícionálható tükörrel a prizmára vetítjük, hogy jól látható legyen a mikroszkóp látómezeje, majd az okulárral élesre állítjuk a fonalkeresztet, ill. a skálát.

A prizmapárt addig forgatjuk, míg a látótér fele sötét nem lesz. A látótér sötét és világos részét általában spektrum választja szét. E színképet eltüntetni, egyszersmind a sötét és világos rész határát éles vonallá tenni a kompenzátorral lehet (f_k). Az „éles” határt az f_p tárcsa segítségével a fonalkereszt metszéspontjáig toljuk el. Az *m* mikroszkópban a folyadék törésmutatója leolvasható.

Az élelmiszerfizikai hasznosítás kettős célú. Részben minőségi szintű sajátosságok (pl. növényi zsírok azonosítása), részben mennyiségi meghatározások (pl. cukoroldatok koncentrációja) lehetséges a refraktometria segítségével. A **gyakorlatban** (pl. **élelmiszeripar, mezőgazdaság, benzinkutak**) a különböző fizikai paraméterek meghatározására, amelyektől az oldatok törésmutatója függ (szárazanyag tartalom, fagyáspont, stb.), gyakran alkalmaznak egyszerűbb, **kézi refraktométereket**. Ezen eszközökben szintén megtalálható a prizmapár, de itt magát a látóteret skálázzák közvetlenül a mérni kívánt mennyiségben.

3.5. ábra. A gyakorlaton használt oldatok

3.6.a OG-101/B típusú refraktométer	3.6.b OG-101/B típusú refraktométer

A gyakorlaton használt **OG-101/B típusú refraktométerrel** oldatok **szárazanyag tartalmát** 0...55 % tartományban, és a fagyálló folyadékként alkalmazott **etilén-glikol–víz keverék fagyáspontját** 0...-65 ^{o}C tartományban lehet mérni. A méréshez felnyitjuk a prizmafedelet, a vizsgálandó anyagból néhány cseppet az alsó prizmára cseppentünk, annyit, hogy azt elfedje. A fedelet lehajtjuk. A műszert a fény felé tartva, a szemkagyló forgatásával a skálát élesre állítjuk, és leolvassuk a hozzá tartozó skálaértéket.

FELADATOK, EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE

1. Határozza meg a desztillált víz abszolút törésmutatóját az Abbe-féle refraktométerrel! Három mérést végezzen! A kapott adatot hasonlítsa össze az irodalmi értékekkel!

2.a. Határozza meg különböző koncentrációjú (1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5) málnaszörp-víz keverék törésmutatóját, és a kézi refraktométerrel azok szárazanyag tartalmát!

2.b. Ábrázolja a málnaszörp esetében az abszolút törésmutatót a szárazanyag tartalom függvényében! Szerepeljen a desztillált vízre kapott érték is! Ha lehet, illesszen egyenest a kapott pontokra!

3.a. Határozza meg különböző koncentrációjú (1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5) etilén glikol–víz keverék fagyáspontját a kézi refraktométerrel! A kapott eredmények alapján becsülje meg, hogy –20 °C fagyáspontú oldathoz milyen koncentráció szükséges, készítse el a keveréket, és méréssel (fagyasztó szekrényben) ellenőrizze annak fagyáspontját!

3.b. Ábrázolja az etilén glikol–víz keverék fagyáspontját a koncentráció (V %) függvényében! Adatpontként szerepeljen a desztillált vízre kapott érték is!

KÉRDÉSEK

1. Milyen feltételek esetében következik be teljes visszaverődés?
2. Hogyan számoljuk ki a két közeg abszolút törésmutatójából a teljes visszaverődés határszögét?
3. Rajzolja le, hogyan épül fel az Abbé-féle refraktométer prizmarendszere!
4. Mennyi a desztillált víz abszolút törésmutatója?
5. Milyen törésmutató értékeket tud mérni és milyen felbontással a refraktométer?
6. Milyen fizikai mennyiségek közvetlen meghatározására lehet alkalmazni a kézi refraktométert?
7. Milyen a függvénykapcsolat a málnaszörp-víz keverék oldat abszolút törésmutatója és a szárazanyag tartalom között?
8. Milyen a függvénykapcsolat az etilén glikol–víz keverék fagyáspontja és a koncentrációja között?

	ELTE TTK, Kémiai intézet, Fizikai Kémiai Tanszék http://phys.chem.elte.hu/tanarlab/meres/Ketkomp/ketkomp.htm
	Budapesti Corvinus Egyetem Élelmiszertudományi Kar gyakorlatai http://www.physics.kee.hu/312.html ; http://elfiz2.kee.hu/jegyzet/

Német Béla, Szász János
Pécs, 2008. február 12.