4. Folyadékok forgatóképességének mérése.

A MÉRÉS CÉLJA:

Az oldatok **forgatóképesség**ének mérésére szolgáló alapkészüléknek a megismerése. Az optikai forgatóképesség jelenségének felhasználása adott oldott anyagok koncentrációjának mérésére. Egy cukor koncentrációt mérő célkészülék (**szachariméter**) működésének megismerése

ELMÉLETI ISMERETEK

A **fény transzverzális elektromágneses hullám**, azaz mind az elektromos, mind a mágneses térerősség a fénysugár terjedési irányára merőleges síkban rezeg. A mágneses térerősség a fénysugár bármely pontjában merőleges az elektromos térerősségre. A fény és anyag kölcsönhatása esetében az elektromágneses hullám elektromos- és mágneses mezőjének térerőssége közül az elektromos a nagyobb jelentőségű.

Általános esetben, a Nap fénye és a hétköznapokban használt fényforrások fénye nem polarizált. Vannak olyan anyagok (elsősorban ún. **kettősen törő kristályok**), amelyek egy polarizálatlan **fényt síkban polarizálttá alakítanak** azáltal, hogy csak egy rezgési síknak megfelelő elektromos komponenst engednek át. Így „állítható elő” a **síkban (lineárisan) polarizált fény.** Mérőeszközeink ilyen kristályokat tartalmaznak.

Az anyagoknak azt a tulajdonságát, hogy a polarizált fény rezgési síkját elforgatják, **optikai forgatóképességnek**, az ilyen tulajdonsággal rendelkező anyagokat **optikailag aktív anyagok**nak nevezzük. Ilyen anyagok a cukrok, olajok, bizonyos élelmiszeripari adalékanyagok.

Oldatok esetén a **polarizációs sík elforgatásának szöge** (φ) függ az oldatban levő optikailag aktív anyag térfogati tömegkoncentrációjától (*c*, mértékegységének dimenziója: oldott anyag tömege/oldat térfogata), az oldat hosszától (*d*), és az oldat anyagi minőségét jellemző **fajlagos forgatóképességtől** (α, egysége: $\frac{° \cdot cm^3}{g \cdot dm}$):

$$\varphi = (\alpha)cd \qquad (4.1)$$

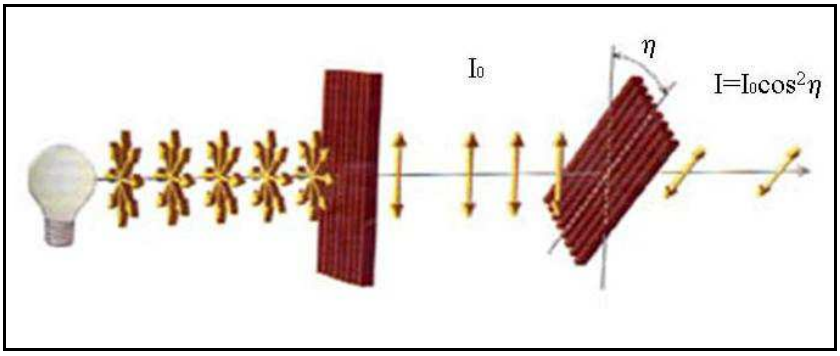
Az elforgatás szöge függ még a hőmérséklettől és a fény hullámhosszától is. Általában érvényes, hogy 1 ^{o}C hőmérséklet emelkedés 0,3-0,4 %-os forgatási szög változást eredményezhet.

ESZKÖZÖK, A MÉRÉS MENETE

Az elforgatás mérésére szolgáló készüléket **polariméternek** nevezzük. A speciálisan cukortartalom mérésére készült eszköz a **szacchariméter**. Ennek működési elve a következő:

A mérendő oldatot tartalmazó küvettát egy P polarizátor és egy A analizátor lemez közé helyezzük. A 4.1. ábra szemlélteti a polarizátor és az analizátor hatását. Mindkettő úgy működik, hogy a fény elektromos térerősség vektorának csak a lemez által kitüntetett irányba eső komponensét engedi át. A fényforrás párhuzamosított fényét a P

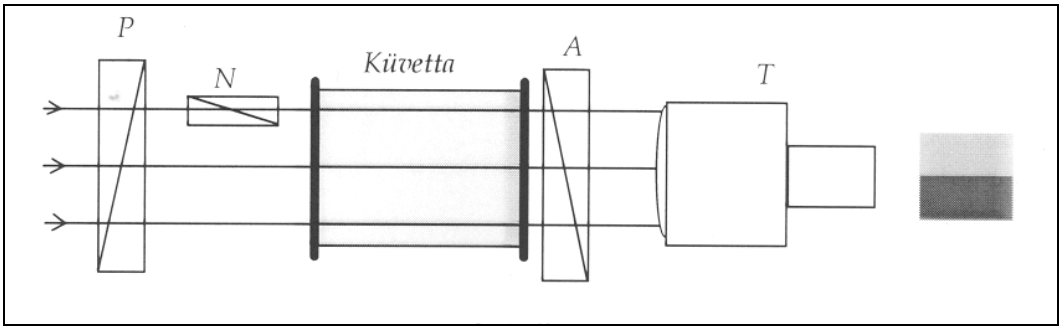
polarizátor lineárisan polárossá alakítja. Ha az analizátorra jutó fény térerősség vektora η szöget zár be az analizátor irányával, akkor az analizátor által átengedett fényintenzitást az $I=I_0 \cdot \cos^2\eta$ adja, ahol I_0 az analizátor előtt mérhető intenzitás.



4.1. ábra A polarizátor és a hozzá képest elforgatott analizátor hatása a polarizálatlan fényre

Ha a kiinduló állapotban, üres küvetta mellett a P polarizátor és az A analizátor egymásra merőleges állású (η=90º), akkor a kilépő intenzitás 0, sötét a látómező. Mikor az oldatot a küvettába öntjük, akkor az Φ szöggel elforgatja a polarizációs síkot, ezért a sötét látómező újbóli eléréséhez a polarizátort Φ szöggel el kell forgatni. A polarizátor elfordulási szögének mérésével az oldat forgatóképességét meg lehet határozni a (4.1) képlet alapján.

A polariméter gyakorlati megvalósítása még egy további technikai trükköt tartalmaz. Ezt azért alkalmazzák, mert vizuális megfigyelésnél a keresztezett polarizátor állás (teljesen sötét látómező) tökéletesen nem állítható be, mivel a keresztezett állás kis környezetében történő változásokat a szem nem tudja felfogni. Ezt a pontatlanságot kerülhetjük el az alábbiakban ismertetett félárnyék észleléssel, amikor is a látómező két, egymással határos felét azonos megvilágításúra állítjuk be. A **P polarizátor** után elhelyeztek egy kisebb méretű **N polarizátor** a fényút egyik felében. Ennek a polarizációs síkja a P-ével néhány fokos (δ) szöget zár be. A P-nél kisebb méretű N polarizátor csak a fényút egyik felében van elhelyezve, így a megfigyelő távcsőben a látótér két része általában különböző megvilágítású (4.2. ábra)



4.2 ábra. Egy polariméter felépítése, főbb elemei.

Ha üres küvetta esetében az A **analizátort** a fénynyaláb iránya, mint tengely körül forgatjuk akkor a P-hez képest a δ/2 és a 180°+δ/2, valamint a 90°+δ/2 és a 270°+δ/2 szögű analizátor állásnál a látómező két fele egyező megvilágítású lesz. Az utóbbi két pozícióban a látótér sötétebb, és szemünk számára a különbség jobban érzékelhető, így a

nullhelyzet pontosabb beállítására van lehetőségünk. Ezt a módszert **félárnyék észlelésnek** nevezzük, ekkor a látómező egymással határos két felét **azonos megvilágításúra** állítjuk be. Ezzel a technikával könnyen elérhető a **0,1°-os pontosságú beállítás** is.

A gyakorlaton a **PL 1 típusú Körpolarimétert** használjuk. Műszaki adatai:

Típus	**PL 1 Körpolariméter**
Üzemmód	Manuális
Tápfeszültség, áramfelvétel	230 V; 50 Hz; 1,3 A
Biztonsági osztály	I Typ B
Polarizációs rendszer	Nicol prizma
Az optikai forgatás mérése	± 180 ^{o}
Mérési osztás	1 ^{o}
Felbontás	0,05 ˚
Okulár nagyítás	4 x
Monokromatikus fényforrás	Nátriumlámpa
Nátriumlámpa hullámhossza	589,3 nm
Nátriumlámpa teljesítménye	20 W
Lámpa bemelegedési idő	maximum 10 perc
Polariméter csőhossza	100 mm és 200 mm
Méretek	540 x 220 x 380 mm (H x Sz x M)
Készülék nettó tömege	7 kg

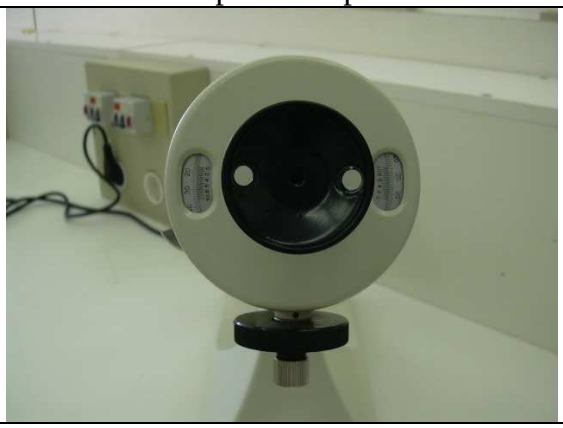
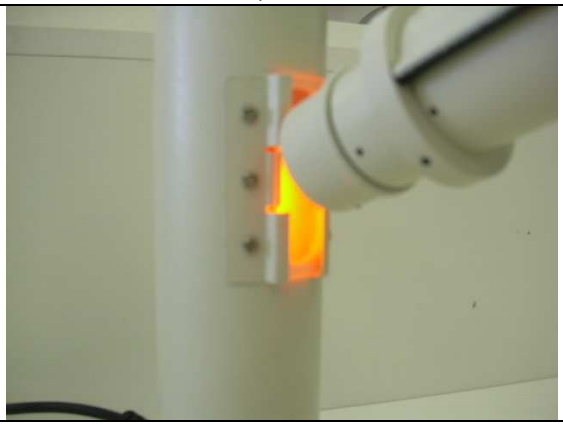
A **méréshez** kacsoljuk be a műszer fényforrását. A mérés kezdetekor ellenőrizzük a „készülék nulla pontját”. Ez desztillált vízzel történik. Az okuláron található gyűrű segítségével lehet „élesre állítani” a látómezőt. Akkor van pontosan „nullázva” a berendezés, ha a beállító (forgató) gombbal elérjük, hogy a látómező homogén módon legyen kivilágított, és ekkor a külső és a belső osztás (főskála és a nóniusz) nulla értékű beosztásai találkozzanak.

A fényforrás (1) fénye a kondenzor lencsén (2), a színszűrőn (3) a teljes látómezőt kitöltő polarizátoron (4) és a fél látómezőt kitöltő polarizátor lemezen (5) keresztül jut a mérendő oldatot tartalmazó polariméter tubusba (6). A hosszú küvettából kilépő fény az analizátora (7) jut. Az okuláron (9) keresztül egy három részre osztott látómező megvilágított, vagy sötét szélét lehet látni.

A beállító (forgató) gombbal (12) forgatjuk el az analizátort mindaddig, amíg a látómezőt nem látjuk teljesen egyenletesen, homogén módon kivilágítottnak. A fok beosztású mérőskálán, annak nagyító lencséi segítségével (10) a forgatási szöget lehet leolvasni. (Van egy főskála, amely az egész fokok leolvasására ad lehetőséget, és van egy noniusz skála, amely a tört értékek meghatározására szolgál.)

A mérendő oldatnak tisztának és buborékmentesnek kell lenni. A polariméter cső (küvettea) egyik végéről csavarjuk le a záró fedelet. Öntsük bele a mérendő oldatot buborékmentesen. Tegyük vissza a kvarclapot és csavarjuk rá a záró fedelet úgy, hogy ne húzzuk túlságosan szorosra, és töröljük szárazra felületüket. A cső kiöblösödő vége lesz „felül”, ezzel elérhető, hogy ha kis buborék maradt a csőben az nem kerül az optikai

tengelybe. Helyezzük a megtöltött tartócsövet a szachariméterbe és ismételten keressük meg az egyenlően sötét látótérhez tartozó szöget. A leolvasott értékből, a megadott összefüggés alapján számítsuk ki az (α) fajlagos forgatóképességet.

4.3. PL 1 típusú Körpolariméter	4.4. Küvettatartó felülről
	
4.5. Nézőke, leolvasó skála	4.6. Küvett záró lapokkal
	
4.7. Nátrium lámpa	4.8. Cukoroldatok

A pontos és megbízható eredmény érdekében az adott minta mérését 3-szor ismételjük meg. A készülék belső részét, és a tubust közepesen erős, háztartási mosogató szerrel lehet tisztítani és puha ruhával szárazra kell törölni.

FELADATOK, EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE

1. Határozza meg a szachariméter készülékfüggvényét!
2. Ábrázolja az elforgatás szögét a koncentráció függvényében! A kapott grafikonra illesszen egyenest, és határozza meg annak meredekségét! A meredekség megadja a *d* értékét, amelyet elosztva a küvetta hosszával, megkapjuk a cukoroldat fajlagos forgatóképességét adott hőmérsékleten
2. A 2. feladatban elkészített grafikon segítségével határozza meg az ismeretlen oldat koncentrációját

TÁBLÁZATTERV Küvetta hossza: d =…..dm

Koncentráció (c) [g/cm^3]	Elforgatás szöge (φ) [°]	Fajlagos forgatóképesség (α) [$\frac{° \cdot cm^3}{g \cdot dm}$]	$\overline{\alpha}$	$S_{\overline{\alpha}}$

KÉRDÉSEK

1. Milyen fizikai jelenség a fény?
2. Mivel „állíthatunk elő lineárisan poláros fény?
3. Hogy hívjuk az elforgatás mérésére szolgáló készüléket és a csak cukor tartalmat mérő berendezést?
4. Mit nevezünk a körpolariméterben polarizátornak és analizátornak?
5. Mit nevezünk optikai forgatóképességnek?
6. Mit értünk azon, hogy egy anyag optikailag aktív? Soroljon fel néhány ilyen anyagot!
7. Írja fel azt az összefüggést, amely megadja oldatok esetén a polarizációs sík elforgatásának szögét!
8. Adja meg az elforgatás szögét, ha a fény *d* hosszúságú küvettában lévő *c* koncentrációjú, α forgatóképességű oldaton halad át!
9. Rajzolja le a polariméter elvi felépítését!
10. Miért alkalmazunk félárnyék észlelést?

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