

SUFNILABOR



Szerkesztő: Kóczán György és Zagyi Péter

Az elmélet elmélet, és azt a kísérlet
eredményeivel fennálló egyezés igaz-
olja, akár tetszik nekünk, akár nem.

(George Gamow)

Minden feltevés egy-egy alvó szépség,
mely a hercegre vár, hogy felébressze.
És a herceg az a kísérlet.

(Carl Djerassi)

Miért félünk a kísérletektől?

A mai felnőtt korosztály gyerekként még felügyelet nélkül csavargott, „bandázott” iskola után. Elfoglaltuk magunkat. Néha elestünk a biciklivel, leestünk a fáról, és néha felgyújtottuk a sufnit egy rosszul sikerült kísérlet miatt. Ezeket a baleseteket a gyerekkor velejárójának tekintettük, és tekintették szüleink is. A korosztályunk felnőve sokkal védelmezőbb szemlélettel viszonyul saját gyerekeihez. A számítógép, a média jól lefoglalja a fiatalokat, és valóban egy tartalmas és biztonságos módja lehet az idő eltöltésének. Biztonságosabb, mint a réten lepkére vadászni, vagy éppen füstbombát eskábálni.

Ez a protektív szemlélet természetesen áthatja életünket: eltűntek a játszóterekről a veszélyes játékok, és az iskolákban is megritkultak a kísérletek. Hisz a kísérleteket könnyű, túlságosan is könnyű projektoron bemutatni, és nem bajlódni a mérgező gázokkal, a veszélyes anyagok beszerzésével, tárolásával, megsemmisítésével.

Sajnos a biztonság oltárán feláldoztuk a megismerés egyik legfontosabb eszközét: a kísérletezést magát.

Minden gyerek vonzódik a kísérletekhez. Türelmesek, lelkesek, és igazán kis dolgoknak is tudnak örülni. És a kísérletezés közben (még egy elrontott kísérletből is) sokszor többet tanulnak, mint egy színes multimédiás anyagokkal megtámogatott természettudományos órán. Megtanulnak látni: a jelenségeket észrevenni, összefüggéseket feltárni, tapasztalatokat kritikusán értelmezni. Természettudományosan gondolkodni. Az ismereteket nem „bevágják”, hanem készség, tapasztalat szintjén ismerik.

Ennek a most induló rovatnak az a célja, hogy összegyűjtsön pár biztonságos, tanulságos és érdekes kísérletet, melyeket akár az iskolában, akár otthon meg lehet ismételni. Mindenkit bátorítunk az itt megjelentek kipróbálására!

Polariméter hulladékból

A középiskolai kémia egyik legnehezebben érthető fogalma a kiralitás, ill. az optikai aktivitás. Nos, igen, mit is kezdhetne egy 16 éves diák a „*lineárisan polarizált fény polarizációs síkjának elfordulása*” kaliberű meghatározásokkal. Talán kicsivel közelebb lehet férkőzni a fogalomhoz, ha egyszerű kísérlet, esetleg mérés során ismerkedhetünk vele. Ilyesmire azonban a közelmúltig alig-alig volt lehetőség az iskolákban, otthon meg pláne nem, hiszen az optikai forgatóképesség meghatározásához egy drága, érzékeny műszerre, a polariméterre van szükség. Igazi, milliós árú, iskolák, fiatalok számára elérhetetlen módszerről van szó.

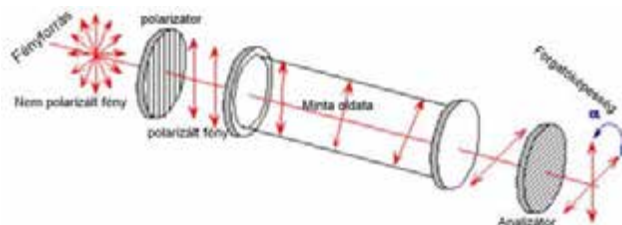
Sikerül egy sufnivegyésznek polarimétert építeni?

Elméleti háttér

Ha polarizált fény halad át királis anyagok oldatán, akkor a fény polarizációjának síkja elfordul.

Mintha egy marék összekevert gyufaszálát dobnánk egy sűrű, függőleges huzalokból készített „rácsra”. Csak azok mennek át a rácson, amelyek függőlegesen állnak. Ez modellezi a polarizált fény előállítását – a sűrű rács a polarizátor. Ha a most már csak függőlegesen álló gyufaszálakat tartalmazó „nyaláb” áthalad az optikailag aktív anyagon, a szálak bizonyos szöggel elfordulnak. Ha ennek a nyalábnak az útjába ugyanolyan állású rácsot teszünk, mint a polarizátor volt, a gyufaszálak nem

tudnak rajta átrepülni. Ha viszont ezt a második rácst elforgatjuk, elérünk egy olyan szöget, ahol éppen átsurrannak a fadarabkák. Pont akkora szögnél következik ez be, mint amennyit az optikailag aktív anyag „hozzátett”.



Az elfordulás mértéke függ:

- az anyag szerkezetétől,
- a koncentrációjától,
- az oldatréteg vastagságától,
- a fény hullámhosszától és
- a hőmérséklettől.

A polariméterekben két drága optikai elem, két polárszűrő található. Az egyik (a polarizátor) előállítja a természetes, nem poláris fényből a vizsgálatra szolgáló polarizált fényt, a másikat, az ún. analizátort pedig addig kell forgatni, amíg az áthaladó fény intenzitása maximális nem lesz. A forgatóképességet végül a két polárszűrő által bezárt szög adja meg.

Napjaink 3D TV technológiája forradalmat hozott a polárszűrők gyártásában: a korábbi igen drága kristályalapú szűrők mellett megjelentek a filléres, polimeralapú „3D szemüvegek”. E szemüvegek két, egymáshoz képest 90° -ban elforgatott („záró” helyzetű) polárszűrő található, és a TV készülék a két szemnek szóló képet kétféle, egymáshoz képest 90° -ot bezáró polarizáltsággal vetíti.

Egy ilyen szemüveg, valamint egy műanyag csatornacső darab (T-idom) segítségével fogunk elkészíteni egy nagyon egyszerű sufni-polarimétert.

A polariméter készítése

1. Szerezzünk be egy megfelelő 3D-szemüveget. Egy 3D mozi látogatással (vagy egy internetes kereséssel) gyorsan megoldható a dolog. Kétféle szemüvegtípus létezik: a lineárisan és a cirkuláris-

san polarizált. Nekünk lineárisan polarizáltra van szükségünk. Az ilyen szemüvegek „lencsési” egymáson elforgatva hol teljesen kivilágosodnak, hol elsötétülnek.

2. Vágjuk szét középen a 3D-szemüveget, dobjuk el a szemüveg szárait. Tanulmányozzuk a két szűrőt! Fekessük őket egymásra: ha átnézünk rajtuk és elforgatjuk a két fóliát, hol sötét, hol világos látótér keletkezik.
3. Szerezzünk be egy csatorna T-idomot. Vízvezeték szaküzletekben kapható, nekünk a 40-es méret a megfelelő. A T-idom legszűkebb szárának végére ragasszuk fel az egyik szűrőt ragasztószalaggal (pl. szigetelőszalaggal) úgy, hogy a szűrő mellett ne jusson be fény a cső belsejébe. Ez a szűrő lesz a fix, nem forgatható polarizátor.
4. A másik szűrőt (az analizátort) forgathatóra kell elkészíteni. Ezt a legegyszerűbben úgy oldhatjuk meg, hogy kartonpapírból egy olyan gyűrűt készítünk, ami éppen szorul a T-idom polarizátorral átellenes csövében. Ha szerencsések vagyunk, egy szelet a WC-papír gurigájából éppen megfelelő méretű lesz. A gyűrű kilógó részét meg kell vastagítani, hogy ne csúszhasson be a csőbe. Ezt legegyszerűbb pár menet ragasztószalag rátekerésével megoldani. Végül ragasszuk rá a forgatható papírgyűrű kilógó, megvastagított végére a szemüveg másik polárszűrőjét!

Optikai készülékek belsejét általában matt feketére festik azért, hogy a készülék falairól többszörösen visszaverődő fény ne zavarja a vizsgálatot. Szép kémiai kihívás minél tökéletesebben fényelnyelő fekete festéket készíteni (távcsőlakknéven forgalmazzák). A készülékünk használatát is megkönnyíti, ha a belsejét pl. alkoholos filccel feketére színezzük, és lehetőleg a belső papír alkatrészeket is fekete papírból készítjük.

5. A vizsgálandó mintát egy kis üvegbe fogjuk tölteni, ami lehetőleg pont beleillik a T-idom középső szárába. Érdeemes nővérünk kozmetikumai vagy nagymamánk gyógyszeres üvegei között szétnézni a megfelelő méret után. Sajnos szinte biztos, hogy az üveg végül kisebb lesz, mint a csőben lévő hely, ezért körben átszökik némi fény, ami az észlelést megnehezíti. Ezért készítünk egy maszkot. A maszk egy fekete papírból készült körlap, ami a T-idom vízszintes szárába kerül. A maszk közepén kivágunk egy kis ablakot, amin csak az a fény jut át, ami előbb az üvegen (és benne az oldaton) haladt át.



A polariméter alkatrészei. A jobb láthatóság kedvéért itt a belső alkatrészek nem fekete papírból készültek.

6. Végül készítsünk valami állványt a készüléknek, amiben stabilan, a feldőlés veszélye nélkül megáll. Ha nincs jobb ötletünk, egy darab gyurma is megteszi: egyszerűen bele kell nyomni a készüléket. Értelemszerűen a T középső szára felfelé nézzen, hiszen ott fogjuk becsúsztatni a mintát tartalmazó üvegcsét.



A kész polariméter

7. Irányítsuk a polarizátort egy jól megvilágított felületre (pl. egy napfényes fehér falra)! Töltsük meg a mintaüveget vízzel, és helyezzük be a T középső szárába. Fontos, hogy ne szökjön be külső fény a készülékbe, ezért az üveg behelyezése után zárjuk le a kö-

zepső szárat valamilyen fényzáró "sapkával". A készülék analizátor felőli végén nézzünk be, és forgassuk körbe az analizátort!

A látótér hol elhalványodik, hol kivilágosodik. Keressük meg azt az állapotot, ahol a mintaüveg a legsötétebbnek látszik. (Ezt a pozíciót fogjuk a készülék „nulla” állapotának tekinteni. Egy üvegiró filctoll („marker”) segítségével jelöljük meg az analizátor helyzetét a műanyag csőhöz képest!

Megkönnyíti ennek a helyzetnek a megtalálását, hogy a legsötétebb pont „előtt” a látótér kékes, „utána” barnás árnyalatú, a legsötétebb pontban viszont szürke.

A készülék működését szemléltető ábrán azt a helyzetet mutattuk be, amikor az analizátor „nyitott” állásban van, azaz amikor a maximális fényintenzitást látja a megfigyelő. A gyakorlatban az alacsony intenzitást sokkal pontosabban tudjuk megfigyelni, mint az erős fényt, és a két állás között pont 90° az eltérés, tehát mindegy, hogy melyik helyzetet választjuk. A mérés a zárt állásban sokkal könnyebb és pontosabb, ezért érdemes ezt a megoldást használni.

És ezzel a polariméterünk el is készült! Most nézzük, tudjuk-e használni!

Készítsünk minél töményebb répacukoroldatot egy főzőpohárban. A királis anyagok forgatása általában kismértékű, ezért, hogy ezzel az egyszerű készülékkel is meg tudjuk figyelni a jelenséget, nagyon tömény, akár 50%-os oldatra van szükség. Ne felejtjük el, hogy annál könnyebben tudjuk megfigyelni a forgatóképességet, minél töményebb a vizsgált oldat. Töltsük az oldatot a mintaedénybe (orvosságos fiolába). Elég, ha a kis üveg csak félig van oldattal. Helyezzük az üvegedényt a készülékbe! (A vegyszerek a polariméter – és más optikai készülékek – átlátszó mintatartó edényét küvettának nevezik.)

Az analizátor forgatásával ismét keressük meg azt a pozíciót, ahol a látótér a legsötétebb. Mivel a forgatóképesség függ az oldatréteg vastagságától, az edény középső, legvastagabb részét vegyük figyelembe!

A laborokban használt küvetták négyzög keresztmetszetűek, így az oldatréteg vastagsága mindenhol megegyezik. Sajnos a gyógyszer- és kozmetikumgyártók nincsenek tekintettel az egyszerű sufni-vegyszék speciális igényeire, ezért nagyon nehéz négyzög keresztmetszetű üvegcset találni, kénytelenek vagyunk a kör keresztmetszettel megbékélni, és csak a középső részt figyelni.

És most kiderül, hogy működik-e a készülékünk! Nézzük meg, hogy történt-e változás az analizátor helyzetében a „nulla” helyzethez képest! Ha bizonytalanok vagyunk, érdemes a vizet és a cukoroldatot tartalmazó küvettát cserélni. Ha az analizátort az óramutató járásá-

nak irányában kellett elforgatnunk a „nulla” helyzethez képest, akkor a vizsgált anyag forgatóképességének iránya pozitív, ellenkező esetben negatív. (A magyarázó ábrán egy pozitív forgatóképességű anyagot ábrázoltak. A répacukor forgatóképessége is pozitív.)

Természetesen a különböző anyagok nemcsak a forgatás irányában, hanem annak mértékében is eltérnek, de ez a filléres készülék a forgatóképesség abszolút értékének* meghatározására nem eléggé érzékeny. Így nincs esélyünk pl. az aminosavak vagy fehérjék minimális forgatásának detektálására. Szerencsére a cukrok elég nagy forgatóképességgel rendelkeznek (és jól oldódnak vízben, így tömény oldatok készíthetők belőlük), ezért a sufni vegyész elsősorban szacharidok polarimetriájában tud elmélyülni.

A következő táblázatban megadjuk néhány cukor és cukorszármazék fajlagos forgatóképességét 20 °C-on, 589 nm hullámhosszra vonatkozóan.

D-glükóz (egyensúlyban)	+52,7°
α-D-glükóz	+112,2°
β-D-glükóz	+18,7°
D- fruktóz (egyensúlyban)	-92,3°
szacharóz	+66,4°
xilit	<i>inaktív</i>
eritrit	<i>inaktív</i>

* Egy anyag forgatóképességét az ún. fajlagos forgatóképességgel jellemzik. Az értéket $[\alpha]$ -val jelölik. $[\alpha]=1000 \cdot \alpha / (c \cdot l)$, ahol α a leolvasott forgatás fokban mérve, c a vizsgált anyag koncentrációja tömegkoncentrációban (g/100 ml) kifejezve, l a kűvetta hossza centiméterben. Mivel a fajlagos forgatóképesség a hőmérséklettől, a fény hullámhosszától, az oldószertől, de kismértékben még a koncentrációtól is függ, így ezeket a paramétereket is meg szokták adni. A koncentráció egységét általában nem jelölik, azt egyezményesen g/100 ml-nek tekintik.

Végül következzenek néhány ötlet a készülék otthoni/iskolai alkalmazására.

1. A glükóz mutarotációjának megfigyelése

A redukáló cukrok kristályos állapotban általában csak a két izomer (α vagy β) egyikét tartalmazzák. Oldódást követően a két izomer egyensúlyi elegye alakul ki. Mivel a két izomer forgatóképessége eltér, így a redukáló cukrok forgatóképessége az oldódás pillanatát követően egy darabig még változik. A jelenséget mutarotációnak nevezzük. (A nem redukáló cukrok esetén ez a jelenség természetesen nem következik be, hisz az α - és β -izomerek nem alakulhatnak át egymásba.)

Glükóz esetén a tiszta α -izomer fajlagos forgatóképessége $+112,2^\circ$, míg a tiszta β -izomeré $+18,7^\circ$. Szobahőmérsékleten, vizes oldatban az egyensúly beálltáig a forgatóképesség $+52,7^\circ$ -ra változik. Ez a változás az általunk épített polariméterrel már mérhető! Így azt is el tudjuk dönteni, hogy a bolti szőlőcukor-tablettában az α - vagy a β -izomer van-e jelen.

2. A répacukor savas hidrolízisének vizsgálata

Sok élelmiszer címkéjén megtaláljuk az összetevők között az invertcukrot. Mi is ez a félelmetes nevű anyag? Ha répacukrot savas közegben főzünk, akkor a cukor alkotóira hidrolizál: glükóz és fruktóz keletkezik. Míg a répacukor pozitív irányba forgat, addig a szőlő- és gyümölcscukor 1:1 molarányú elegye negatív irányba ($[\alpha] = -39,6^\circ$, ld. táblázat), azaz a hidrolízis során a forgatóképesség iránya megfordul: innen az invertcukor név. A fruktóz jóval édesebb cukor, mint a répacukor, ezért az invertálás során a cukor édessége fokozódik, így azonos íz eléréséhez invertcukor formában kevesebb répacukor szükséges. Olcsóbb (és kevésbé hizlaló) terméket kapunk.

Készítsünk minél töményebb répacukoroldatot, és jelöljük meg forgatóképességét a polariméterünkön. Egy cseppentő segítségével adjunk 3 csepp háztartási sósavat (kb. 20 százalékos sósav, pl. WC-tisztításra használják) a küvettába, és alaposan keverjük össze. Állítsuk a küvettát egy forró vizet tartalmazó tálba (persze ne forrázzuk le magunkat!), és 5 percenként nézzük meg a forgatóképességet (ha kihűl menet közben a forró víz, akkor cseréljük)! Mielőtt a mérést elvégezzük, minden esetben hűtsük vissza a küvettát hideg vízzel szobahőmérsékletre. (Miért?)

Vajon lezajlik a reakció szobahőmérsékleten is? Egy másik, nem melegített minta forgatóképességét nézzük meg egy nap elteltével.

Természetesen az élelmiszeripar nem sósavat, hanem pl. citromsavat használ az invertcukor készítéséhez. Nézzünk körül az interneten, keressünk invertcukor-receptet. Készítsük el, és a polariméter segítségével ellenőrizzük, hogy valóban invertcukor keletkezik-e! (És az invertcukrot fel is használhatjuk pl. limonádé készítésére.)

3. *Milyen cukor van a szőlőben?*

Használjuk ki, hogy éppen szüreti időszak van, és oszlassunk el egy „ősi” félreértést! Milyen cukor van a szőlőben? Hát persze, hogy szőlőcukor! Biztosan?

Szerezzünk be egy kis mustot! Bármely szüreti mulatságon hozzájuthatunk. Egy tölcsér és egy kávéfilter (vagy szűrőpapír) segítségével szűrjük ki a rostos anyagokat a mustból, és az így nyert, átlátszó oldatot töltjük a küvettánkba. Vizsgáljuk meg a forgatóképességét!

A must negatív irányba forgat, ami a természetes cukrok közül fruktóz jelenlétére utal. (Ne várjunk nagy értéket, -1 - 2° -os értéket fogunk kapni.) A valóságban a szőlőben fruktóz és glükóz található kb. 1:1 mólarányban (pontosabban a glükózt a szőlő saját biokémiai folyamataihoz is használja, ezért abból egy kicsit kevesebb van, az arány kb. 1:0,9). A dolog nem meglepő: az érés során a szőlőben répacukor keletkezik, ami enzimek hatására folyamatosan glükózzá és fruktózzá hidrolizál. (És persze sokkal kisebb mennyiségben további számos cukorféleség is megtalálható a mustban.)

Gondolkodtató kérdések

1. Meg lehet-e figyelni a polariméter segítségével, hogy a forgatóképesség függ a fény hullámhosszától? Milyen – erre utaló – jelenséget láthatunk?
2. Hogyan lehetne a polariméter érzékenységét növelni?
3. A méz cukortartalmának döntő része gyümölcscukor, és csak kisebb mennyiségben tartalmaz répacukrot, glükózt, valamint nyomokban egyéb cukorféleségeket. Sajnos nem ritka dolog, hogy a mézet hamisítják: répacukorból sűrű szirupot főznek, egy kis sárga ételfestéket (és mézaromát, mert ilyen is létezik) adnak hozzá, és ezzel az anyaggal "szaporítják" illegálisan a drága, valódi mézet.

Hogyan lehet az ilyen mézhamisítást polarimetria segítségével le-
buktatni?

4. Számoljuk ki, hogy a sufni-polariméter hány fokos eltérést mutat 50 g/100 ml koncentrációjú répacukoroldat esetén, ha a küvettánk átmérője 3 cm!
5. Megkülönböztethetőek-e a redukáló és nem redukáló cukrok polarimetria segítségével?
6. Egy üdítőital cukorösszetételét szeretnénk polarimetriásan vizsgálni. Mivel cukortartalma kicsit kevés a pontos méréshez, úgy döntünk, hogy egy rozsdamentes edényben elforraljuk belőle a víztartalom nagy részét, így betöményítve az oldatot. Lehűlés után végezzük el a mérést. Helyesen járunk el?
7. A tea állítólag édesebb lesz, ha forrón cukrozzuk meg (ahhoz képest, mintha hidegen cukroznánk). Próbáljuk ki, ill. kísérjük meg polariméterrel is vizsgálni a jelenséget! (Problémát okozhat, hogy a tea sötét színe miatt készülékünkkel nem látunk semmit sem. Szerencsére a tea színéért olyan polimer szerkezetű anyagok felelősek, amiket az aktív szén jól megköt (közben a cukrok nem kötődnek az hozzá). A vizsgálandó (hidegen vagy melegen jól megcukrozott) teába szórjunk kevés porrá tört aktívszén-tablettát (patikából), vagy elporított faszenet. Jól keverjük el, majd pár perc várakozást követően szűrjük ki a szenet egy tölcsérbe tett kávéfilter vagy szűrőpapír segítségével.

Mi lehet a magyarázat?



*A polarimetria nagyon érdekes dolog.
De nem ott kell belenézni a készülékbe.*