

FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM

Fyzikální praktikum 1

Zpracoval: Lukáš Lejdar

Naměřeno: 22. října 2024

Obor: F

Skupina: Út 16:00

Testováno:

Úloha č. 10: Polarizace světla

$T = 21,1\text{ }^{\circ}\text{C}$

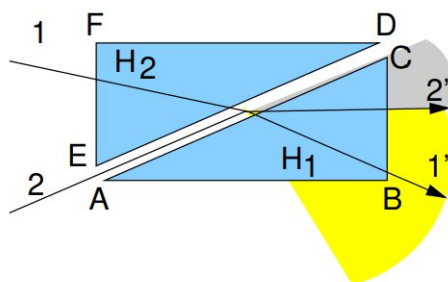
$p = 101,35\text{ kPa}$

1. Úvod

V úloze budu měřit optické vlastnosti roztoku sacharózy, pokusím se ověřit Malusův zákon a změřím polarizační schopnosti reálných polaroidů.

1.1. Měření indexu lomu na refraktometru

Základní částí přístroje jsou 2 hranoly H_1 a H_2 . Světlo vstupuje stěnou EF hranolu, rozptýlí se na zamatované ploše ED a vchází do měřené látky, která je rozprostřená mezi hranoly. Na ploše BC tím vzniká světlé a tmavé rozhraní, kam světlo kvůli indexu lomu měřené látky už nemůže. Tuto stranu jde zároveň pozorovat okulkárem, ze kterého lze přímo odečíst index lomu. V případě, že měřený vzorek je roztok sacharózy, jde odečíst i jeho koncentraci.



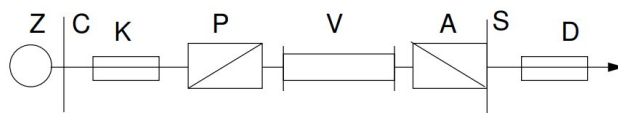
Obrázek 1: Optický princip dvojhranolového refraktometru

1.2. Polarimetr

Schématicky je polarimetr znázorněn na obrázku 2. Soustava zdroje (Z), kolimátoru (K) a polarizátoru (P) dohromady vytvoří lineárně polarizovaný paprsek dopadající na vzorek V , který dále prochází na analyzátor (A). Jsou-li zkřížené kmitové roviny polarizátoru a analyzátoru, bude nastávat minimum intenzity osvětlení zorného pole, které jde pozorovat v dalekohledu (D). Úhel stočení analyzátoru potom odpovídá stočení polarizace pozorovanou látkou, když od ní odečtu stočení bez vzorku.

Úhel stočení kmitové roviny po průchodu kapalinou je přímo úměrný koncentraci aktivní látky c a délky vzorku d .

$$\alpha = [\alpha]cd \quad (1)$$



Obrázek 2: Polarimetr

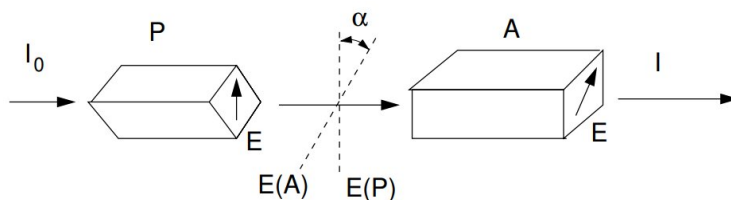
1.3. Ověření Malusova zákona

Schéma Malusova experimentu je znázorněné na obrázku 3. Lineárně polarizované světlo z polarizátoru (P) dopadá na analyzátor (A), který je taky polarizátor jen v jiném směru. Když úhel mezi polarizacemi \vec{E}_P a \vec{E}_A označíme φ , pak podle Malusova zákona platí

$$E_A = E_P \cos \varphi \quad (2)$$

V případě nedokonalých polarizátorů bude část světla pronikat i při zkřížených rovinách. Malusův zákon pak můžeme upravit pro měřené intenzity na

$$I = I_{\min} + (I_{\max} - I_{\min}) \cos^2 \alpha \quad (3)$$



Obrázek 3: Schéma Malusova pokusu

Takové nedokonale polarizované světlo je možné rozložit na z části polarizované (intenzita I_p) a z části nepolarizované (I_n). Zavádíme proto veličinu stupeň polarizace

$$V = \frac{I_p}{I_p + I_n} \quad (4)$$

Pokud polarizátor budeme považovat za nedokonalý a analyzátor za dokonalý, bude platit

$$I_{\max} = I_p + \frac{I_n}{2} \quad (5)$$

$$I_{\min} = \frac{I_n}{2} \quad (6)$$

odkud můžeme dosadit do vztahu (4).

$$V = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} \quad (7)$$

2. Výsledky měření

2.1. Měření indexu lomu a stáčivosti roztoku sacharózy

Připravil jsem roztoky sacharózy o koncentracích 15%, 10%, 5% a destilovanou vodu a určil jejich index lomu i reálnou koncentraci pomocí refraktometru. Těmito roztoky jsem potom naplnil kyvety o délce $d = 0.1$ m a měřil jejich optickou aktivitu polarimetrem. Čistá destilovaná voda by měla mít nulovou stáčivost, takže v jejím případě budu odečítat z polarimetru bez vzorku.

☉ 15% sacharózy			☉ 10% sacharózy			☉ 5% sacharózy			destilovaná voda		
c (%)	n	φ (°)	c (%)	n	φ (°)	c (%)	n	φ (°)	c (%)	n	φ (°)
14.0	1.3540	10.40	8.4	1.3451	6.10	3.6	1.3382	2.90	-0.5	1.3221	0.00
14.1	1.3543	10.45	8.4	1.3452	6.10	3.7	1.3383	2.95	-0.5	1.3322	0.05
14.0	1.3541	10.40	8.5	1.3453	6.15	3.5	1.3380	2.90	-0.5	1.3319	0.00
14.03(3)	1.3541(1)	10.42(2)	8.43(3)	1.3452(1)	6.12(2)	3.60(6)	1.3382(1)	2.92(2)	-0.5	1.329(3)	0.02(2)

Tabulka 1: Měření optických vlastností roztoků sacharózy

V tabulce 1 je výsledná koncentrace destilované vody záporná, což by nemělo být možné. Naznačuje to malou chybu v seřízení přístroje, se kterou se vypořádám odečtením hodnoty $c_0 = -0.5\%$ od všech ostatních. S takto upravenými hodnotami spočítám stáčivost roztoku sacharózy $[\alpha]$ podle vztahu (1) a zprůměrováním pro všechny roztoky dostávám

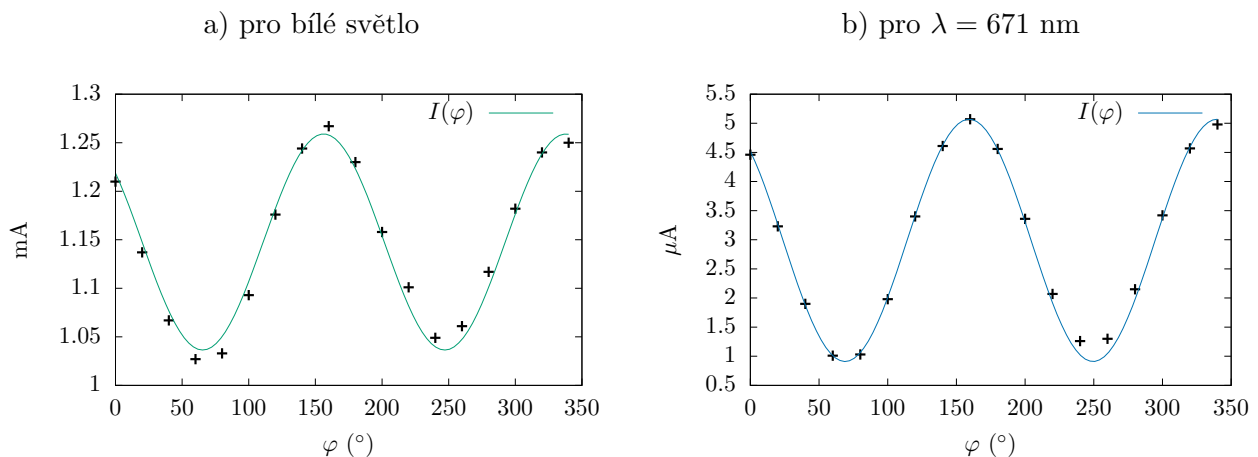
$$[\alpha] = 70.2 \pm 0.4 \frac{\text{cm}^3}{\text{g dm}}$$

2.2. Ověření Malusova zákon

Na optickou osu jsem umístil zdroj světla, držák na filtr monochromatického světla, jeden polarimetr, druhý polarimetr a čočku soustředující svazek světla na fotodiodu. Měřil jsem proud protékající detektorem v závislosti na úhlu mezi polarimetry a hodnoty vynesl do grafů 1. Zvlášť jsem měřil bez filtru a z filtrem pro $\lambda = 671$ nm a speciálně hledal úhly pro maximální a minimální tok proudu. Tyto hodnoty jsou v tabulce (2) a pomocí nich je proložená závislost v grafech 1 podle vztahu (3).

bílé světlo			$\lambda = 671$ nm	
	φ (°)	I mA	φ (°)	I μ A
min	71	1.025	74	0.91
max	162	1.271	167	5.07
V =	0.1071		0.6957	

Tabulka 2: Maximální a minimální hodnoty proudu



Graf 1: Závislost fotoproudu na úhlu natočení polarizátoru

3. Závěr

Změřil jsem index lomu několika roztoků sacharózy a pomocí polarimetru zjistil jejich optickou stáčivost $[\alpha] = 70.2 \pm 0.4 \frac{\text{cm}^3}{\text{g dm}}$. Tabulková hodnota je 66.53.

Podle Malusova zákona by intenzita světla po průchodu dvěma polarizátory natočenými o úhel φ měla sledovat vztah (3). Změřil jsem konstanty této závislosti I_{\max} a I_{\min} stejně jako samotnou intenzitu pro úhly v rozmezí $[0^\circ, 360^\circ]$ a obě vynesl do grafu 1. Je vidět, že teoretická závislost opravdu sleduje tu změřenou, což ukazuje platnost tohoto zákona.

Reference

- [1] Hustota pevných látek. Dostupné z <http://www.converter.cz/tabulky/hustota-pevne.htm>.