Ústav fyzikální elektroniky Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity

FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM

Fyzikální praktikum 2

Zpracoval: Jan Beran

Naměřeno: 26. listopadu 2018

Obor: UF **Skupina:** F3240/01 **Testováno:**

Úloha . **10:** **Polarizace světla**

$T = 21,6$ °C
$p = 986$ hPa
$\varphi = 38,0$ %

1. Povinná část

- *Připravte tři roztoky sacharozy o různé koncentraci (15 %, 10 %, 5 %).*
- *Stanovte sacharimetrem koncentraci těchto roztoků. Měření všech kyvet opakujte pětkrát, vždy ve schematu: nulová poloha – první kyveta – druhá kyveta – třetí kyveta.*
- *Určete polarimetrem úhel stočení kmitové roviny připravených roztoků, postupem obdobným měření sacharimetrem.*
- *Vypočítejte specifickou stáčivost sacharozy a porovnejte ji s tabelovanou hodnotou, kterou najdete například v tabulce 1*

1.1. Teorie

Světlo je příčné vlnění elektromagnetického pole. Při popisu světelných jevů se zaměříme na chování periodicky proměnného vektoru elektrického pole $\vec{E}$, který je vždy kolmý ke směru šíření paprsku. Když je směr vektoru $\vec{E}$ ve všech bodech paprsku v čase stále stejný, hovoříme o lineárně polarizovaném světle a rovina, ve které světlo kmitá se nazývá kmitová rovina. Lineárně polarizované světlo můžeme získat lomem nebo odrazem.

Látky jsou opticky aktivní, jestliže mají schopnost stáčet rovinu polarizovaného světla. Tuto vlastnost mají jak některé pevné látky, tak některé roztoky. Například roztoky, které obsahují v molekule tzv. asymetrický uhlík - například vodný roztok sacharozy.

Tabulka 1: Specifická stáčivost vybraných látek.

látka	specifická stáčivost [°cm^3/g·dm]
Sacharóza	+66,53
Fruktóza	-93,78
Dextróza (D-glukóza)	52,74

Podle směru stočení kmitové roviny se opticky aktivní látky dělí na pravotočivé a levotočivé. Biot stanovil empirický vztah pro úhel stočení kmitové roviny po přechodu aktivní látkou jako

$$\alpha = [\alpha]d, \tag{1}$$

kde $[\alpha]$ je specifická stáčivost zkoumané látky a d je tloušťka této látky. $[\alpha]$ závisí na teplotě a vlnové délce světla. Pro roztoky platí:

$$\alpha = [\alpha]cd, \tag{2}$$

kde c označuje koncentraci opticky aktivní látky. Specifická stáčivost roztoku se dá stanovit ze vztahu (2) polarimetrem jako

$$[\alpha] = \frac{100(\alpha_i - \alpha_0)}{dq}, \tag{3}$$

kde q je počet gramů látky ve 100 cm^3 roztoku.

Koncentraci látky spočteme ze vztahu

$$c = \frac{26}{50}(n_k - n_0) \tag{4}$$

1.2. Postup měření

Připravil jsem roztoky sacharózy o koncentracích 5 %, 10 % a 15 %. Naplnil jsem jimi kyvety o délce $d = 1$ dm. Následně jsem změřil hodnoty n_0, n_5, n_{10} a n_{15}, přičemž jsem postupoval stále stejně postupně. Změřil jsem nulu – tedy bez jakékoli kyvety, potom jsem vložil kyvetu s 5% roztokem a změřil n_5, následně kyvetu s 10% roztokem a změřil n_{10} a jako poslední kyvetu s 15% roztokem a změřil jsem n_{15}.

Tuto posloupnost úkonů jsem opakoval i pro měření úhlu stáčivosti α.

1.3. Naměřené hodnoty

Tabulka 2: Naměřené hodnoty polohy kondenzátory, odpovídající stočení roviny lineárně polarizovaného světla.

n_0	n_5	n_{10}	n_{15}
-0,1	9,9	18,5	26,9
-0,1	9,5	18,9	26,9
-0,5	10,1	18,9	26,8
0,1	9,5	18,9	26,5
0,0	10,0	18,8	26,9
0,2	10,1	19,0	27,1
0,0	9,9	19,0	27,0
0,1	10,0	18,9	27,0

1.4. Zpracování měření

Statisticky jsem zpracoval naměřené měření pomocí běžných vztahů, a určil jsem tak střední hodnoty a směrodatnou odchylku naměřených hodnot. Tyto hodnoty jsou zapsány v tabulkách 4. Spočetl jsem hodnoty koncentrací ze vztahu 4 a stejně statisticky jsem učil i jejich střední hodnoty a směrodatnou odchylku, tedy nejistotu měření koncentrace.

Nejistotu měření pro specifickou stáčivost $[\alpha]$ jsem získal ze zákona přenášení nejistot jako

$$u([\alpha]) = 100 \cdot \sqrt{\frac{\alpha^2 u(c)^2 + c^2 u(\alpha)^2}{d^2 c^4}} \tag{5}$$

Tabulka 3: Naměřený úhel α stočení jednotlivých vzorků pomocí polarimetru.

α_0 [°]	α_5 [°]	α_{10} [°]	α_{15} [°]
0,00	3,40	6,50	9,45
0,00	3,45	6,35	9,55
0,00	3,25	6,40	9,40
0,00	3,40	6,50	9,60
0,00	3,35	6,45	9,60
0,00	3,25	6,45	9,50
0,00	3,35	6,50	9,45
0,00	3,00	6,50	9,45

Tabulka 4: Vypočtené hodnoty úhlů stáčivostí α pro různé hodnoty koncentrací.

α_0 [°]	α_5 [°]	α_{10} [°]	α_{15} [°]
$(0,0 \pm 0,0)$	$(3,3 \pm 0,1)$	$(6,46 \pm 0,06)$	$(9,50 \pm 0,08)$

Tabulka 5: Vypočtené hodnoty koncentrací.

c_5 [g/100 ml]	c_{10} [g/100 ml]	c_{15} [g/100 ml]
5,2	9,7	14,0
5,0	9,9	14,0
5,5	10,1	14,2
4,9	9,8	13,7
5,2	9,8	14,0
5,1	9,8	14,0
5,1	9,9	14,0
5,1	9,8	14,0
$(5,2 \pm 0,2)$	$(9,8 \pm 0,1)$	$(14,0 \pm 0,1)$

$$[\alpha_5] = (64 \pm 4)\ ^\circ\text{ml g}^{-1}\text{dm}^{-1} \tag{6}$$
$$[\alpha_{10}] = (66 \pm 1)\ ^\circ\text{ml g}^{-1}\text{dm}^{-1} \tag{7}$$
$$[\alpha_{15}] = (68 \pm 1)\ ^\circ\text{ml g}^{-1}\text{dm}^{-1} \tag{8}$$

$$[\alpha] = (66 \pm 2)\ ^\circ\text{ml g}^{-1}\text{dm}^{-1} \tag{9}$$

2. Povinně volitelná varianta B: Měření optické stáčivosti levotočivé látky

- *Namíchejte dva roztoky fruktózy o různých koncentracích (5 %, 10 %). Koncentraci určete z hmotnosti fruktózy a objemu výsledného roztoku. Jako pravostáčivý roztok použijte kyvetu s 15% roztokem sacharózy.*
- *Určete polarimetrem úhel stočení připravených roztoků. Měřte v pořadí referenční roztok sacharózy, a obě kombinace sacharózy s roztoky fruktózy. Měření opakujte nejméně pětkrát.*
- *Vypočtěte specifickou stáčivost fruktózy a porovnejte s tabulkovými hodnotami.*

2.1. Teorie

Protože je přístroj, který využíváme nastaven pouze pro pravotočivou látku, tak musíme před kyvetu s levotočivou látkou vložit kyvetu s pravotočivou látkou, o které víme, že stočí rovinu polarizovaného světla o více než ona levotočivá látka. Většinou nemusíme hledat látku s o příliš větší specifickou stáčivostí, ale pouze použijeme koncentrovaný roztok. Je jisté, že výsledný úhel je dán součtem úhlů, o který každá látka rovinu polarizovaného světla otočí. Bude tedy platit, že

$$\alpha_2 = \alpha - \alpha_1 \tag{10}$$

kde α_2 je úhel otočení pro levotočivou látku, α je celkový úhel otočení, který měříme a úhel α_1 je úhel otočení pro pravotočivou látku, který už můžeme přístrojem změřit.

Specifickou stáčivost látky už určíme stejně jako v povinné části, tedy podle rovnice (2).

2.2. Postup měření

Do dvou kyvet jsem nalil dva roztoky fruktózy o koncentracích 10 % a 5 %. Protože je fruktóza levotočivá a náš přístroj je navržen pro pravotočivé látky, přidáme před kyvety fruktozy kyvetu s 15 % roztokem sacharozy z povinné části měření.

Měření polarimetrem probíhá stejně jako v povinné části měření. Nebudeme ovšem měřit nulovou polohu, protože nyní dopočítáváme úhel ze vztahu (10).

2.3. Naměřené hodnoty

Tabulka 6: Naměřené hodnoty úhlu α_{s15}, α_{f5} a α_{f10}.

α_{s15} [°]	α_{f5} [°]	α_{f10} [°]
9,55	4,95	0,25
9,40	5,10	0,50
9,55	5,10	0,35
9,60	5,00	0,30
9,50	5,05	0,25
9,50	5,10	0,40
9,45	4,95	0,40
9,45	5,00	0,30

2.4. Zpracování měření

Zpracování měření bude probíhat stejně jako v povinné části měření. Nejistotu koncentrace jsem zvolil jako 0,1 g/100 ml.

Tabulka 7: Vypočtené hodnoty úhlu otočení u fruktozy.

α_{f5} [°]	α_{f10} [°]
-4,60	-9,30
-4,30	-8,90
-4,45	-9,20
-4,60	-9,30
-4,45	-9,25
-4,40	-9,10
-4,50	-9,05
-4,45	-9,15
$(-4,5 \pm 0,1)$	$(-9,2 \pm 0,1)$

$$[\alpha_{f5}] = (-89 \pm 3)\ ^\circ\text{ml g}^{-1}\text{dm}^{-1} \tag{11}$$

$$[\alpha_{f10}] = (-91 \pm 2)\ ^\circ\text{ml g}^{-1}\text{dm}^{-1} \tag{12}$$

$$[\alpha_f] = (-90 \pm 2)\ ^\circ\text{ml g}^{-1}\text{dm}^{-1} \tag{13}$$

3. Závěr

V povinné části měření jsem sacharimetrem stanovil koncentrace jednotlivých roztoků co jsem připravoval. Největší rozdíl byl v posledním roztoku. Zatímco jsem měl v úmyslu připravit roztok o koncentraci 15 %, podle mého následného měření jsem připravil roztok o koncentraci $(14,0 \pm 0,1)$ g/100 ml. Měření ostatních koncentrací roztoků, již bylo mnohem více podobné mé zamýšlené hodnotě. Pro

mnou připravená 5 % roztok jsem naměřil koncentraci $(5,2 \pm 0,2)$ g/100 ml a pro koncentraci 10 % jsem naměřil koncentraci $(9,8 \pm 0,1)$ g/100 ml. To je ovšem zajímavé, protože jsem roztoky, které měli mít koncentraci 5 % a 10 % připravoval ředěním 15 % roztoku. Očekával bych tedy, že se ona chyba při přípravě 15 % roztoku přenese i do roztoků o menší koncentraci. Další možností by bylo, že bych špatně naměřil hodnotu koncentrace pro 15 % roztok.

Hodnoty pro specifickou stáčivost nám vyšli všechny rozdílně. Jejich průměr je ovšem v porovnání s tabulkovou hodnotou dosti přesný. Mě v měření vyšel výsledek specifické stáčivosti jako $[\alpha] = (66 \pm 2)\ ^\circ\text{ml g}^{-1}\text{dm}^{-1}$, zatímco pro jednotlivé hodnoty mi vyšlo

$$[\alpha_5] = (64 \pm 4)\ ^\circ\text{ml g}^{-1}\text{dm}^{-1}$$
$$[\alpha_{10}] = (66 \pm 1)\ ^\circ\text{ml g}^{-1}\text{dm}^{-1}$$
$$[\alpha_{15}] = (68 \pm 1)\ ^\circ\text{ml g}^{-1}\text{dm}^{-1}$$

V povinně volitelné části B jsem měl učit specifickou stáčivost fruktozy. Pro jednotlivé koncentrace mi vyšli hodnoty

$$[\alpha_{f5}] = (-89 \pm 3)\ ^\circ\text{ml g}^{-1}\text{dm}^{-1}$$
$$[\alpha_{f10}] = (-91 \pm 2)\ ^\circ\text{ml g}^{-1}\text{dm}^{-1}$$

které jsou dosti odlišné od tabelované hodnoty v tabulce 1. Průměrná hodnota mi vyšla

$$[\alpha_f] = (-90 \pm 2)\ ^\circ\text{ml g}^{-1}\text{dm}^{-1},$$

která se také lehce liší od tabulkové hodnoty.