Oddělení fyzikálních praktik při Kabinetu výuky obecné fyziky MFF UK

PRAKTIKUM III

Úloha č. **XI**

Název: **Stáčení polarizační roviny**

Pracoval: **Jan Polášek** stud. skup. **11** dne **26.2.2009**

Odevzdal dne: ....

	Možný počet bodů	Udělený počet bodů
Práce při měření	0 – 5	
Teoretická část	0 – 1	
Výsledky měření	0 – 8	
Diskuse výsledků	0 – 4	
Závěr	0 – 1	
Seznam použité literatury	0 – 1	
Celkem	max. 20	

Posuzoval: .... dne ....

1 Pracovní úkol

1. Změřte závislost stočení polarizační roviny na koncentraci vodního roztoku glukozy v rozmezí $0-500$ g/l.
   Pro jednu zvolenou koncentraci proveďte 5 měření úhlu stočení polarizační roviny. Jednu vámi vybranou nenulovou koncentraci glukozy namíchejte třikrát a změřte úhel stočení polarizační roviny. Vyneste do grafu závislost úhlu stočení polarizační roviny lineárně polarizovaného světla na koncentraci. Do grafu vyneste také odhad chyby úhlu stočení polarizační roviny a koncentrace. Pro každou koncentraci vypočítejte měrnou stáčivost. Získané hodnoty měrné stáčivosti statisticky zpracujte, tj. vypočítejte střední hodnotu a její standardní odchylku.

2. Změřte Verdetovu konstantu benzenu.
   Vyneste do grafu závislost úhlu stočení polarizační roviny lineárně polarizovaného světla na magnetické indukci. Pro každou hodnotu magnetické indukce vypočítejte Verdetovu konstantu. Z těchto dat vypočtěte střední hodnotu Verdetovy konstanty a její standardní odchylku.

2 Teoretická část

Při průchodu lineárně polarizovaného světla některými látkami dochází k jev stáčení polarizační roviny. Tomuto jevu říkáme optická aktivita. Můžeme jej pozorovat u některých krystalických materiálu a také u mnohých organických kapalin. Mezi opticky aktivní kapaliny patří převážně řada kapalin, které obsahují tzv. asymetrický uhlík, na nějž se vážou čtyři různé skupiny.V takovýchto látkách má prostorové uspořádání molekul dvě konfigurace, mezi kterými nejde přejít pouhou transformací. Grupa symetrií těchto konfigurací pak tvoří pravotočivou nebo levotočivou šroubovou osu. Úhel stočení polarizační roviny α lze určit rovnicí

$$\alpha = \rho c d \tag{1}$$

kde c je koncentrace dané látky (v případě tohoto měření je to glukóza), d je dráha, kterou paprsek urazí a ρ je tzv. měrná stáčivost roztoku.

U některých samo o sobě opticky neaktivních látek, lze optickou aktivitu vybudit přítomností magnetického pole vhodné orientace. To způsobí, že se lineárně polarizované světlo po dopadu na látku rozloží na levotočivou a pravotočivou kruhově polarizovanou složku. Magnetické pole zde tedy působí stejně jako šroubovité osy symetrie u opticky aktivních látek. V tomto případě je úhel stočení polarizační roviny α dán vztahem

$$\alpha = VBd \tag{2}$$

kde B je velikost magnetické indukce a V je Verdetova konstanta.

V případě tohoto měření je magnetické pole zajištěno pomocí solenoidu, pro který platí vztah

$$H = \frac{NI}{2l(r_2-r_1)}\left\{\left(\frac{l}{2}+a\right)\left[\ln\frac{\left(r_2+\sqrt{r_2^2+\left(\frac{l}{2}+a\right)^2}\right)}{\left(r_1+\sqrt{r_1^2+\left(\frac{l}{2}+a\right)^2}\right)}\right]+\left(\frac{l}{2}-a\right)\left[\ln\frac{\left(r_2+\sqrt{r_2^2+\left(\frac{l}{2}-a\right)^2}\right)}{\left(r_1+\sqrt{r_1^2-\left(\frac{l}{2}-a\right)^2}\right)}\right]\right\} \tag{3}$$

kde μ_0 je permeabilita vakua, N počet závitů solenoidu, l jeho délka, r_1, resp. r_2 je vnitřní, resp. vnější průměr a a je vzdálenost od středu do měřeného místa. Do vztahu (2) je třeba za B dosadit střední hodnotu $\langle B\rangle$ získanou s pomocí vztahu

$$\langle B\rangle = \frac{1}{l}\int_{-\frac{l}{2}}^{\frac{l}{2}} B(a)\mathrm{d}a \tag{4}$$

3 Výsledky měření

Měření náležitostí k prvnímu pracovnímu úkolu probíhalo na kruhovém polarimetru Metra uzpůsobeném pro měření polostínovou metodou. Roztok byl umístěn v kyvetě o délce $d_1 = 1$ dm. K přípravě roztoku glukózy o požadované koncentraci byl k dispozici roztok o koncentraci 500 g/l, destilovaná voda a pipeta, u níž výrobce udává přesnost $\pm 0,05$ ml. Nejmenší dílek na polarimetru činil 0,01°.

Pro zjištění chyby, kterou do měření vnáší nepřesnost odečítání z polarimetru, jsem při koncentraci 300 g/l na jednom roztoku provedl více měření a výsledky zanesl do tabulky 1. Z těchto hodnot se dá určit hodnota úhlu stočení při koncentraci 300 g/l:

$$\alpha = (16,59 \pm 0,06)^\circ$$

Pro zjištění chyby, kterou do měření vnáší nepřesnost koncentrace roztoku, jsem roztok s koncentrací 200 g/l jsem namíchal třikrát, výsledky tohoto měření jsou zaneseny do tabulky 2. Z těchto hodnot se dá určit hodnota úhlu stočení při koncentraci 200 g/l:

$$\alpha = (11,17 \pm 0,11)^\circ$$

Tabulka 3 obsahuje naměřený úhel stočení pro různé koncentrace. U koncentrací 200 g/l a 300 g/l jsou použity výše uvedené výsledky z tabulek 1 a 2. Hodnoty z této tabulky jsou také zpracovány v grafu 1.

Pro každou koncentraci byla podle (1) vypočítána měrná stáčivost. Protože při nulové koncentraci se předpokládá nulová stáčivost vzorku, je pro tento výpočet na naměření úhlech provedena korekce o úhel stočení při nulové koncentraci. Výsledky pro jednotlivé koncentrace jsou zaneseny v tabulce 3, kde α_k je korigovaný úhel stočení. Z těchto hodnot je možno určit střední hodnotu měrné stáčivosti a její standardní odchylku jako

$$\rho = (56,2 \pm 0,4) \cdot 10^{-3\circ} \mathrm{dm}^2 \mathrm{g}^{-1}$$

Verdetova konstanta benzenu byla opět měřena polarimetrem uzpůsobeným pro měření polostínovou metodou. Pro příslušné hodnoty proudu (0 - 1,5 A a 1,5 - 3 A) byla použita zapojení podle [2]. Proud byl měřen ampérmetrem třídy přesnosti 0,5 na rozsahu 6 A. Benzen byl umístěn v kovové kyvetě o délce $d_2 = 2$ dm. Solenoid použitý k vybuzení magnetického pole měl následující parametry

$$N = 3045$$
$$l = 25 \text{ cm}$$
$$r_1 = 30 \text{ mm}$$
$$r_2 = 56 \text{ mm}$$

V tabulce 4 jsou zaneseny naměřené hodnoty proudu I a úhlu stočení α a z nich vypočítané hodnoty magnetické indukce B a Verdetovy konstanty V. Hodnotou magnetické indukce B se zde myslí střední hodnota z indukce vypočítané podle (3), Verdetova konstanta je vypočítána podle (2), přičemž v tomto výpočtu je analogicky s prvním úkolem použita korigovaná hodnota úhlu stočení α_l tak, aby při nulové hodnotě proudu byla i tato nulová. Z těchto dá se dá určit střední hodnota Verdetovy konstanty a její standardní odchylka jako

$$V = (515 \pm 59)^\circ \mathrm{T}^{-1} \mathrm{m}^{-1}$$

Hodnoty z tabulky 4 jsou znázorněny v grafu 2.

4 Diskuse

První nepřesnosti při měření první úlohy se vyskytly již při přípravě roztoku. Pipeta, kterou bylo nabíráno požadované množství kapaliny, měla udanou chybu 0,05ml, neznámá byla chyba koncentrace předpřipraveného roztoku 500 g/l (kterou považuji za nulovou) a také čistota destilované vody. Také kádinky zřejmě i přes jejich vymytí destilovanou vodou nebyly dokonale čisté. Při samotném měření pak bylo nepřesné i určení bodu, kdy mají obě pole stejnou intenzitu. I přesto bylo toto měření poměrně přesné. Z grafu 1 je patrná lineární závislost úhlu stočení na koncentraci, což odpovídá vztahu (1).

Měření Verdetovy konstanty již bylo méně přesné. Krom potíží s určením bodu stejné intenzity obou světelných polí se zde projevila nepřesnost určení velikosti magnetické indukce. Na té se projevila jednak chyba ampérmetru měřícího proud přicházející do solenoidu a jednak mě neznámá chyba parametrů solenoidu, které byly zadány bez ní. Z grafu 2 je opět patrná lineární závislost odpovídající vztahu (2).

Bohužel se mi nepodařilo nalézt tabulkové hodnoty, takže výsledky nemám s čím porovnat.

5 Závěr

- Naměřil jsem stočení polarizační roviny v roztoku glukózy o různých koncentracích, výsledky vynesl do tabulek 1 - 3 a graficky znázornil v grafu 1.
  Vypočítaná hodnota měrné stáčivosti činí
  $$\rho = (56,2 \pm 0,4) \cdot 10^{-3\circ} \mathrm{dm}^2 \mathrm{g}^{-1}$$
- Naměřil jsem stočení polarizační roviny v Benzenu za přítomnosti magnetického pole, výsledky vynesl do tabulky 4 a graficky znázornil v grafu 2.
  Vypočítaná hodnota Verdetovy konstanty činí
  $$V = (515 \pm 59)^{\circ} \mathrm{T}^{-1} \mathrm{m}^{-1}$$

6 Literatura

[1] J. Englich, Zpracování výsledků fyzikálních měření, web, Praha, 2000
[2] http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/, studijní text a pokyny k měření k úloze 11

Tabulka 1: Úhel stáčení při koncentraci 300 g/l

Č. měření	1	2	3	4	5	6	7	8
α [°]	16,68	16,65	16,59	16,57	16,49	16,60	16,51	16,59

Tabulka 2: Úhel stáčení při koncentraci 200 g/l

Č. měření	1	2	3
α [°]	11,28	11,03	11,21

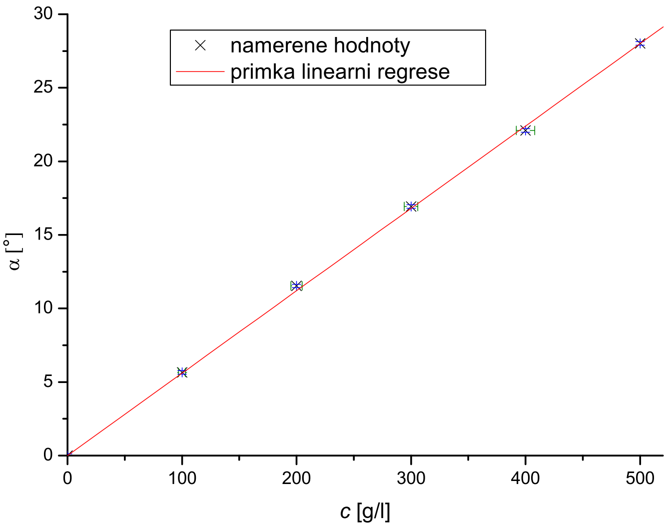
Tabulka 3: Úhel stáčení pro různé koncentrace a měrná stáčivost

c [g/l]	0	100 ± 3	200 ± 3	300 ± 3	400 ± 3	500
α [°]	-0,25	5,80	11,17	16,59	21,85	27,76
α_k [°]	0	6,05	11,53	16,93	22,10	28,01
$\rho\cdot 10^{-3}$ [°$\mathrm{dm}^2\mathrm{g}^{-1}$]	-	60,50	55,87	55,28	55,25	56,02

Tabulka 4: Úhel stáčení a Verdetova konstanta pro benzen

I [A]	-3,00	-2,50	-2,00	-1,50	-1,00	-0,50	0,00
B [mT]	-41,85	-34,81	-28,77	-20,25	-13,58	-7,14	0,00
α [°]	18,50	17,92	17,35	16,32	15,75	15,35	14,51
α_k [°]	-3,99	-3,41	-2,84	-1,81	-1,24	-0,84	0,00
V [°$\mathrm{T}^{-1}\mathrm{m}^{-1}$]	477	490	494	447	456	588	—
I [A]	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	
B [mT]	7,14	13,58	20,25	28,77	34,81	41,85	
α [°]	13,81	12,93	11,80	11,60	11,23	10,50	
α_k [°]	0,70	1,58	2,71	2,91	3,29	4,01	
V [°$\mathrm{T}^{-1}\mathrm{m}^{-1}$]	490	553	632	509	460	468	

Graf 1: Závislost úhlu stočení polarizační roviny na koncentraci



Graf 2: Závislost úhlu stočení polarizační roviny na magnetické indukci