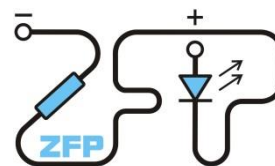


Kabinet výuky obecné fyziky, UK MFF

## Fyzikální praktikum ...



Úloha č. 11

Název úlohy: .....

Jméno: .....Katarína Križanová..... Obor: FOF

Datum měření: .....

Datum odevzdání: .....

Připomínky opravujícího:

	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	
<b>Celkem</b>	max. 20	

Posuzoval:.....

dne: .....

## I. Pracovná úloha

1. Zmerajte závislosť stočenia polarizačnej roviny na koncentrácii vodného roztoku glukózy v rozmedzí 0 — 500 g/l. Pre jednu zvolenú koncentráciu spravte 5 meraní uhlu stočenia polarizačnej roviny. Jednu vami vybranú nenulovú koncentráciu glukózy namiešajte trikrát a zmerajte uhol stočenia polarizačnej roviny. Vyneste do grafu závislosť uhlu stočenia polarizačnej roviny lineárne polarizovaného svetla na koncentrácii. Do grafu vyneste taktiež odhad chyby uhlu stočenia polarizačnej roviny a koncentrácii. Pre každú koncentráciu vypočítajte mernú stáčivosť. Získané hodnoty mernej stáčivosti statisticky spracujte, tj. vypočítajte strednú hodnotu a jej štandardnú odchýlku.

2. Zmerajte Verdetovu konštantu benzénu. Vyneste do grafu závislosť uhlu stočenia polarizačnej roviny lineárne polarizovaného svetla na magnetickej indukcii. Pre každú hodnotu magnetickej indukcie vypočítajte Verdetovu konštantu. Z týchto dát vypočítajte strednú hodnotu Verdetovej konštanty a jej štandardnú odchýlku.

## II. Teoretická časť

### Závislosť stáčivosti na koncentrácii

V prípade, že sa osvetľuje opticky aktívna látka, ku príkladu glukóza, svetlom, ktoré je lineárne polarizované, dôjde ku stočeniu polarizačnej roviny svetla pri prechode. Pre uhol, o ktorý sa polarizácia stočí platí vzťah

$$\alpha = \rho cd, \quad (1)$$

pričom  $\alpha = \beta - \beta_0$  je uhol stočenia,  $\rho$  je meraná stáčivosť,  $c$  značí koncentráciu roztoku a  $d$  je dĺžka kvety.

### Závislosť stáčivosti na magnetickom poli

V prípade, že vložíme látku (napríklad benzén) do magnetické poľa paralelného s osou kvety a svietime cez ňu svetlom, ktoré je lineárne polarizované, pozorujeme opäť stáčenie roviny polarizácie kvôli Faradayovmu javu. Pre uhol stáčania platí vzťah

$$\alpha = Vk\langle B \rangle, \quad (2)$$

kde  $V$  značí Verdetovu konštantu,  $k$  je dĺžka kvety a  $\langle B \rangle$  stredná veľkosť magnetického poľa.

### Pole solenoidu

Pre intenzitu poľa, ktoré je vnútri konečného solenoidu na jeho ose platí vzťah

$$B(a) = \frac{\mu_0 NI}{2l(r_2 - r_1)} \left[ \left( \frac{l}{2} + a \right) \ln \left( \frac{r_2 + \sqrt{r_2^2 + \left( \frac{l}{2} + a \right)^2}}{r_1 + \sqrt{r_1^2 + \left( \frac{l}{2} + a \right)^2}} \right) + \left( \frac{l}{2} - a \right) \ln \left( \frac{r_2 + \sqrt{r_2^2 + \left( \frac{l}{2} - a \right)^2}}{r_1 + \sqrt{r_1^2 + \left( \frac{l}{2} - a \right)^2}} \right) \right], \quad (3)$$

$r_1$  značí vnútorný polomer solenoidu,  $r_2$  jeho vonkajší polomer,  $N$  počet závitov,  $I$  elektrický prúd, ktorý prechádza solenoidom,  $l$  dĺžka solenoidu a  $a$  značí vzdialenosť od stredu solenoidu.

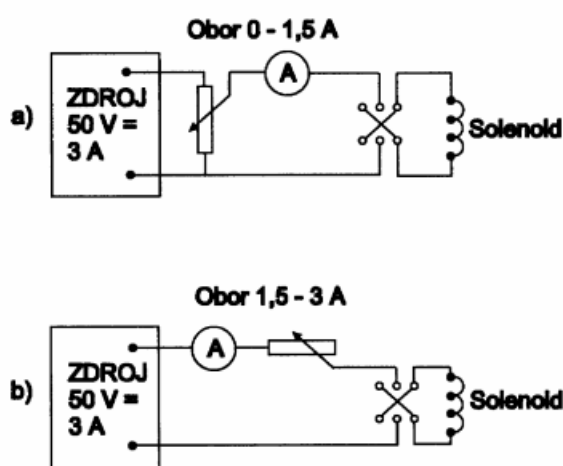
Práve kvôli tomu, že kyveta je relatívne dlhá, sa dosadzuje do vzorca (2) stredná hodnota magnetickej indukcie, ktorá sa definuje ako

$$\langle B \rangle = \frac{1}{k} \int_{-k/2}^{k/2} B(a) da, \quad (4)$$

$k$  je dĺžka kyvety.

Parametre použitej cievky mali nasledujúce hodnoty:  $N=3045$ ,  $r_1 = 30 \text{ mm}$ ,  $r_2 = 56 \text{ mm}$ ,  $l = 250 \text{ mm}$  a dĺžka kyvety bola  $k = 200 \text{ mm}$ , z čoho vychádza dosadením (3) do (4) s danými hodnotami experimentu

$$\langle B \rangle = 1,3722 \cdot 10^{-2} I. \quad (5)$$



Obrázok 1: Zapojenie pre  $I=0-1,5 \text{ A}$  (a) a pre  $I=1,5-3 \text{ A}$  (b), prevzaté z [1]

### III. Výsledky merania

#### Závislosť stáčajivosti na koncentrácii glukózy

Najprv som pripravila roztoky rovnakého objemu, ale rôznej koncentrácie glukózy za pomoci pipety. Na to, aby som odhadla chybu s akou som roztoky riedila, som si roztok s koncentráciou  $300 \text{ g.ml}^{-1}$  pripravila tri razy.

Postupne som naplňala kyvetu pripravenými roztokmi s rôznou koncentráciou a svietila na ňu svetlom, ktoré bolo polarizované. Za pomoci nóniovej stupnice som odčítala uhol stočenie polarizácie pomocou polotieňovej metódy.

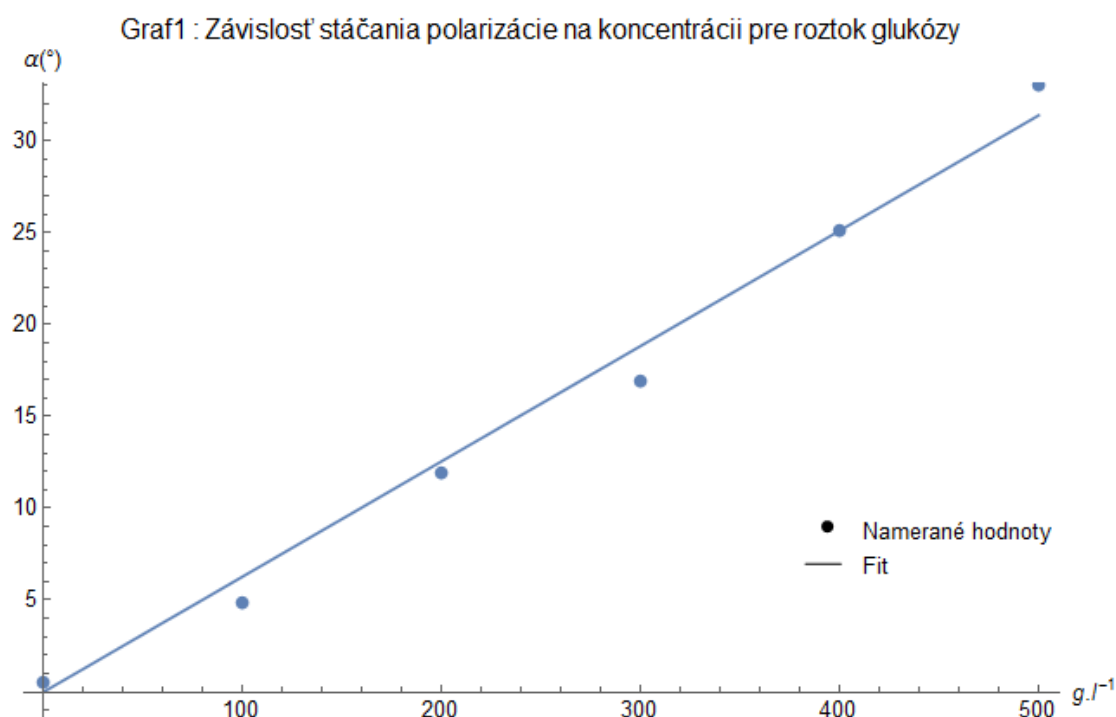
Pre koncentráciu  $c=300 \text{ g.l}^{-1}$  som pripravila 3 roztoky a s nimi previedla meranie, aby som mohla zistiť chybu s akou som namiešavala roztoky. Moja chyba pri miešaní roztoku je v rozmedzí  $0,3^\circ$  (zistené porovnaním priemernej hodnoty s každou nameranou hodnotou). Pre nulovú koncentráciu glukózy som previedla meranie päť krát a zistila som smerodajnú odchýlku, ktorá je  $0,3^\circ$ . (Chybové úsečky by boli teda tak malé, že by sa prekrývali z bodmi v grafe 1 a preto ich tam neuvádzam.)

Namerané údaje sú v tabuľke T1. Hodnoty sú vynesené do grafu 1, kde sa tiež nachádza priamka lineárnej regresie, ktorej rovnica je  $\alpha[^\circ] = \rho c d$ , kde  $d = 0,10 \text{ m}$  je dĺžka kyvety, do ktorej som nalievala roztoky glukózy. Chyba je vypočítaná započítaním štatistickej chyby fitu zistenej v programe Wolfram Mathematica

(tabuľka T2) a tiež chybami merania (odmocnina zo súčtu kvadrátov). Podľa vzťahu (1) dostávam, že  $\rho = (628 \pm 6) \text{kg}^{-1} \text{m}^2$ .

T1: Štúdium závislosti stáčivosti na koncentrácii glukózy

c [g.l <sup>-1</sup> ]	$\beta_1$ [°]	$\beta_2$ [°]	$\beta_3$ [°]	$\beta_4$ [°]	$\beta_5$ [°]
0	0,55	0,51	0,54	0,55	0,75
100	-4,26				
200	-11,36				
300	-16,18	-16,17	-16,65		
400	-24,61				
500	-32,51				



### Závislosť stáčavivosti na magnetickom poli

Druhá časť merania bola zapojená podľa obrázku 1 a) pre prúd v rozmedzí 0-1,5 A a podľa obrázku 1 b) pre prúd 1,5-3 A. Pre každú hodnotu prúdu som zmerala obe polarizácie. Princíp merania stáčavivosti bol obdobný ako v prvej úlohe. Tentokrát však k tomuto javu dochádzalo kvôli pôsobeniu magnetického poľa. Strednú hodnotu magnetickej indukcie  $\langle B \rangle$  som dopočítala podľa vzťahu (5). Namerané hodnoty (uhol je prepočítaný) spolu s  $\langle B \rangle$  sú v tabuľke T2. Hodnoty sú nanesené do grafu 2, kde vidno závislosť  $\alpha$  na B.

Chybu určenia stavu, keď bola vyrovnaná intenzita pri polotieňovej metóde som určila z merania hodnôt pre 0 A a 2 A, chyba je počítaná ako smerodajná odchýlka a vychádza 0,6°.

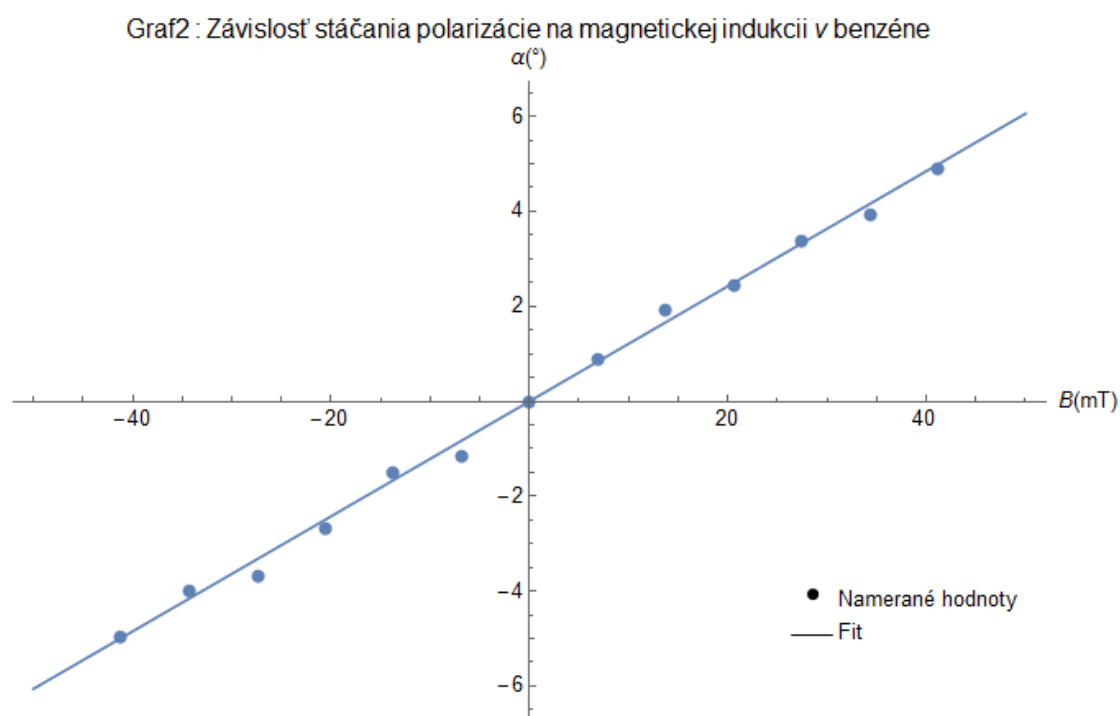
Pri meraní som prúdu som použila ampérmeter s triedou presnosti 0,5 na rozsahu 6 A, čo zodpovedá absolútnej chybe 0,03 A. Keďže však najmenší dielik stupnice, z ktorej som odčítala hodnoty bol 0,05 A, tak chybu beriem ako 0,04A.

Avšak opäť je nemožné znázorniť chybové úsečky v grafe, keďže sú menšie než samotné body a nebolo by ich teda následne vidieť.

Do grafu 2 je tiež nanosená priamka fitu zistená v programe Wolfram Mathematica aj spolu so štandardnou chybou. Rovnica priamky lineárnej regresie je  $\alpha = Vk\langle B \rangle$ , kde  $k = 0,200 \text{ m}$  a  $V = (6,1 \pm 0,6) \cdot 10^2 T^{-1} m^{-1}$  (zistené cez fit). Chyba zodpovedá chybe fitu a chybám meraných veličín.

T2: Meranie závislosti stačavivosti na magnetickom poli

I [A]	$\alpha_1$ [°]	$\langle B \rangle$ [T]
0,0	0,00	0,0000
0,5	0,88	0,0069
-0,5	-1,17	-0,0069
-1,0	-1,52	-0,0137
1,0	1,92	0,0137
-1,5	-2,67	-0,0206
1,5	2,43	0,0206
2,0	3,39	0,0274
-2,0	-3,67	-0,0274
-2,5	9,59	-0,0343
2,5	3,93	0,0343
3,0	4,88	0,0412
-3,0	-4,98	-0,0412



#### IV. Diskusia výsledkov

Nepresnosti do meraní oboch úloh mohlo prinášať nepresné určenie okom, kedy sú v oboch poloviciach d'alekohľadu rovnaké intenzity svetla.

Pri úlohe 1 treba mať na pamäti, že výrobcom udávaná koncentrácia roztoku glukózy s koncentráciou  $500 \text{ g.ml}^{-1}$  nemusela byť úplne presná, za následok čoho i nariadené roztoky nemuseli mať presne takú hodnotu koncentrácie ako uvádzam.

Avšak pre roztok s rovnakou koncentráciou, ktorý som namiešala tri razy a nezávisle merala platilo, že uhly boli len málo odlišné a môžem teda predpokladať, že táto nepresnosť je pomerne malá.

V prvom meraní som overila lineárnu závislosť uhlu stáčania  $\alpha$  na koncentrácii  $c$ , čo vidno z grafu 1, kde sa nachádzajú experimentálne dáta preložené priamkou lineárnej regresie.

Pri druhom meraní som overila lineárnu závislosť uhlu stáčania  $\alpha$  na magnetickej indukcii  $B$ . V grafe 2 som naniesla namerané hodnoty a príslušnú priamku lineárnej regresie, z ktorej som následne mohla určiť hodnotu Verdetovej konštanty.

Pri meraní druhej úlohy mohlo dôjsť k menšej chybe pri zapisovaní prúdu, čo usudzujem z toho, že body sa v grafe 2 nenachádzajú priamo na priamke fitu. Toto mohlo byť spôsobené tým, že prúd sa mohol mierne meniť. Táto nepresnosť pravdepodobne nebola spôsobená chybou ampérmetra, keďže presnosť použitého ampérmetru bola vysoká.

## V. Záver

V meraní závislosti stočenia polarizácie na koncentrácii roztoku glukózy som zistila  $\rho = (628 \pm 6) \text{kg}^{-1} \text{m}^2$ . Závislosť  $c$  na uhle je v grafe 1 spolu s priamkou zodpovedajúcej fitu.

V druhom meraní som zistila z lineárneho fitu naneseného v grafe 2 hodnotu Verdetovej konštanty. Tá má hodnotu  $V = (6,1 \pm 0,6) \cdot 10^2 \text{T}^{-1} \text{m}^{-1}$ .

## VI. Zoznam použitej literatúry

[1] Študijný text dostupný z webových stránok Základní fyzikální praktikum: [http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/media/zadani/pokyny/mereni\\_311.pdf](http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/media/zadani/pokyny/mereni_311.pdf)