Fyzikálná sekcia prírodovedeckej fakulty Masarykovej univerzity v Brne

FYZIKÁLNÉ PRAKTIKUM

FYZIKÁLNÉ PRAKTIKUM II

Vypracoval: Patrik Žilka **Namerané**: 26. 9. 2011

Obor: AF **Ročník**: II **Semester**: III **Testované**:

Úloha č. **10a**: Meranie polarizácie svetla

Teória:

Vlastnosti lineárne polarizovaného svetla sa využívajú pri konštrukcií polarimetrických prístrojov: polarimetra a sacharimetra.

V polarimetru svetlo zo zdroja je kolimátorom spracované na rovnobežný zväzok lúčov. Priechodom tohoto zväzku polarizátorom sa svetlo lineárne polarizuje a buď prechádza cez meranú vzorku alebo ide priamo na analyzátor, ktorým ide otáčat okolo optickej osy prístroja. Výsledná intenzita sa pozoruje zpravidla vizuálne ďalekohľadom. Pre presné meranie sa potom používa polotieňová metóda, ktorou sa porovnávajú dve časti zorného poľa. Pri tejto metóde sa otáča analyzátor vzhľadom na polarizátor (pri použití Jelletov-Cornuuvh dvojhranolu) a v určitom uhle budú obe časti zorného poľa rovnako osvetlené.

Sacharimeter je podobný polarimetru s tým rozdielom, že polarizátor a analyzátor sú pevne pripevnené v zkríženej polohe a kompenzácia prípadných zmien kmitovej roviny sa prevádza dvojicou kremeňových klinov. Kremeň otáča kmitovú rovinu a umožňuje zmenou hrúbky kremeňových dostičiek vykompenzovať otáčane kmitovej roviny spôsobenej meraným vzorkom.

V tejto úlohe bolo potrebné pripraviť tri rôzne koncentrácie roztoku sacharózy. Najprv sa namiešal približne 15 % roztok a postupným dolievaním destilovanej vody aj roztoky 10 % a 5 %. Potom tie koncentrácie roztokov bolo treba presne určiť sacharimetrom za faktu, že uhol otáčania α roviny polarizácie závisí lineárn na hrúbke d opticky aktívnej látky.

$$\alpha = [\alpha]cd$$

kde [α] je konštanta úmernosti, teda špecifická otáčavosť, d je dĺžka kyvety (1 dm), c je koncentrácia roztoku, pre ktorú platí $c = \frac{q}{100}$ pričom q je počet gramov látky v 100 cm³ roztoku. Túto koncentráciu je možné určiť sacharimetrom osvetleným svetlom sodíkovej lampy (λ = 589,3 nm), ktorého stupnica potom ukazuje stupne cukornatosti °S.

$$c = \frac{26}{50}(n - n_0)$$

kde hodnota n_0 odpovedá kompenzátoru bez vloženej kyvety s roztokom.
Poslednou úlohou v tejto časti bolo zistiť špecifickú otáčavosť jednotlivých roztokov.

Meranie:

Tabuľka nameraných hodnôt pri meraní koncentrácie roztokov sacharimetrom:

	vzduch	kyveta č. 1		kyveta č. 2		kyveta č. 3	
č. Merania	n_0	n_1	c_1 [%]	n_2	c_2 [%]	n_3	c_3 [%]
1	-0,1	9,0	4,73	9,6	5,04	22,5	11,75
2	0,1	8,8	4,52	10,0	5,15	24,0	12,43
3	-0,5	8,9	4,89	9,4	5,15	21,9	11,65
4	-0,8	8,9	5,04	9,8	5,51	21,8	11,75
5	-0,3	9,0	4,84	10,1	5,41	22,4	11,80
priemer:	**-0,32**	**8,92**	**4,805**	**9,78**	**5,252**	**22,52**	**11,877**

koncentrácia 1. roztoku: c_1 = (4,81 ± 0,10) % δc_1 = 2,1 %
koncentrácia 2. roztoku: c_2 = (5,25 ± 0,10) % δc_2 = 1,9 %
koncentrácia 3. roztoku: c_3 = (11,88 ± 0,16) % δc_3 = 1,3 %

Tabuľka nameraných hodnôt pri meraní otáčania roviny polarizácie polarimetrom:

	vzduch	kyveta č. 1			kyveta č. 2			kyveta č. 3		
n	α_0 [°]	α_1' [°]	α_1 [°]	$[\alpha]_1$ [°]	α_2' [°]	α_2 [°]	$[\alpha]_2$ [°]	α_3' [°]	α_3 [°]	$[\alpha]_3$ [°]
1	75,8	79,9	4,1	85,33	79,0	3,2	60,93	85,7	9,9	83,36
2	76,9	80,1	3,2	66,60	80,1	3,2	60,93	84,6	7,7	64,83
3	75,6	81,0	5,4	112,39	81,9	6,3	120,00	86,0	10,4	87,57
4	77,8	80,0	2,2	45,79	80,5	2,7	51,41	87,3	9,5	79,99
5	78,5	81,7	3,2	66,60	81,0	2,5	47,60	85,1	6,6	55,57
priemer:	**76,92**	**80,54**	**3,62**	**75,341**	**80,5**	**3,58**	**68,165**	**85,74**	**8,82**	**74,262**

1. roztok: otáčavý uhol: α_1 = (3,62 ± 0,61) ° $\delta\alpha_1$ = 16,9 %
špecifická otáčavosť: $[\alpha]_1$ = (75,3 ± 12,8)°.cm³/dm.g $\delta[\alpha]_1$= 17,0 %
2. roztok: otáčavý uhol: α_2 = (3,58 ± 0,79) ° $\delta\alpha_2$ = 22,1 %
špecifická otáčavosť: $[\alpha]_2$ = (68,2 ± 15,1)°.cm³/dm.g $\delta[\alpha]_2$= 22,2 %
3. roztok: otáčavý uhol: α_3 = (8,82 ± 0,82) ° $\delta\alpha_3$ = 9,3 %
špecifická otáčavosť: $[\alpha]_3$ = (74,3 ± 7,0)°.cm³/dm.g $\delta[\alpha]_3$ = 9,4 %

Záver 1. časti úlohy:

Nepresná koncentrácia roztokov bola pravdepodobne spôsobená menším zvyškom vody v kyvete, ktorý sa nedal odstrániť.

Meranie bolo robené s dosť nízkou presnosťou až do 23 %. Nepresnosť vznikla hlavne zle nastavením polarimetrom, u ktorého som meral otáčavosť okolo uhla 90° a mal som to merať okolo uhla 0°.

Pri porovnaní s tabuľkovými hodnotami pre namerané koncentrácie sa namerané hodnoty líšia takmer o 10 °.cm³/dm.g . V nasledjúcej tabuľke je porovnanie hodnôt v [°.cm³/dm.g]

kyveta	namerané	tabuľkové
1	75,3 ± 12,8	66,47
2	68,2 ± 15,1	66,47
3	74,3 ± 7,0	66,51

Úloha č. **10b**: Brownov pohyb

Teória:

Brownov pohyb je neustály neusporiadaný chaotický pohyb častíc. Molekuly v roztoku sa pod vplyvom tepelného pohybu neustále zražajú, pričom smer a sila týchto zrážok sú náhodné a vďaka tomu je aj poloha častíc náhodná.

Neusporiadaný pohyb brownovkej častice sa riadi Einsteinovým zákonom: Ak sledujeme polohy častice v definovaných časových okamžikoch, potom stredné kvadratické posunutie častice je úmerné zvoleným časovým intervalom. Tento zákon je odvodený z pohybovej rovnice:

$$m\ddot{x} = F - k\dot{x}$$

pričom F je výsledná sila spôsobená zrážkami s molekulami (pre chaotický pohyb je nulová) , $-k\dot{x}$ je sila spôsobená odporom prostredia, kde k je podľa Stokesovho zákona $k = 6\pi\eta r$ pričom η je viskozita kvapaliny a r polomer častice. Úpravami predchádzajúceho vzťahu možno docieliť nasledujúceho:

$$\frac{m}{2}\frac{d^2}{dt^2}(x^2) - m\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 = F_1 x - \frac{1}{2}k\frac{d}{dt}(x^2)$$

Kedže nám stačia stredné hodnoty v danom intervalu, potom môžeme zaviesť $\frac{d}{dt}(\langle x^2\rangle) = h$

$$\frac{m}{2}\frac{dh}{dt} - m\langle\left(\frac{dx}{dt}\right)^2\rangle = -\frac{kh}{2}$$

Druhý člen na ľavej strane je dvojnásobok strednej hodnoty kinetickej energie častice a to možeme nahradiť vzťahom $\frac{3RT}{2N_A}$, kde T je teplota, N_A Avogadrova konštanta a R univerzálna plynová konštanta. Pre rýchlosť v jednej osi je taktiž potreba to vydeliť tromi.

$$-\frac{kh}{m} = \frac{m}{2}\frac{dh}{dt} - \frac{RT}{N_A} \qquad => \qquad h - \frac{2RT}{Nk} = Ce^{\left(-\frac{kt}{m}\right)}$$

kde C je integračná konštanta. Ak je časový interval meraní dosť veľký, môžeme v poslednej rovnici zanedbať člen na pravej strane a dostaneme $h = \frac{2RT}{Nk}$ a po dosadení dosadení h, k za ich vyššie uvádzané vyjadrenia a potom po zintegrovaní tejto rovnice dostaneme str. kvadratické posunutie:

$$\langle x^2\rangle = \frac{2RTt}{6\pi\eta r N_A}$$

Úlohou je overenie platnosti tohto posledného vzťahu a to meraním vzdialeností premiestenia určitej častice za daný časový interval v rovine zaostrenej mikroskopom. Potom je potrebné zistiť strednú hodnotu štvorcov týchto projekcií. Potom pre stredné hodnoty štvorcov projekcií počas jedného, dvoch a troch intervalov musí podľa Einsteinovho vztahu platiť:

$$\langle L_5^2\rangle : \langle L_{10}^2\rangle : \langle L_{15}^2\rangle = 1:2:3$$

Ďalšou úlohou je odhad veľkosti častice. K jeho odhadu použijeme vyššie uvedený vzťah pre stredné kvadratické posunutie. To však platí pre posunutie v jednej osi a preto treba odmerané posunutia častice upraviť vzťahom $\langle L^2\rangle = 2\langle x^2\rangle$ .Pri tomto je tiež potrebné určiť zvačšanie mikrokopu a to cez odmeranie vzdialenosti čiar na vopred známej mriežke. Taktiež je potrebné odhadnúť teplotu kvapaliny, teda destilovanej vody.

Meranie:

Tabuľka nameraných posunutí častíc na záznamovej fólii v milimetroch a v časových intervaloch T = 5 sekúnd

	1.častica [mm]			2.častica [mm]			3.častica [mm]			4.častica [mm]		
n	L_T	L_{2T}	L_{3T}	L_T	L_{2T}	L_{3T}	L_T	L_{2T}	L_{3T}	L_T	L_{2T}	L_{3T}
1	12	27	42	14	15	24	18	23	16	9	23	31
2	16	31	25	7	35	46	22	33	61	18	29	19
3	24	23	37	30	41	31	29	49	39	12	11	15
4	9	23	-	11	11	17	28	11	-	17	15	-
5	16	-	-	14	25	-	10	-	-	14	-	-
6	-	-	-	13	-	-	-	-	-	-	-	-

	5.častica [mm]		
n	L_T	L_{2T}	L_{3T}
1	15	30	54
2	18	41	61
3	23	45	49
4	22	28	9
5	8	19	22
6	26	29	36
7	11	18	40
8	8	32	
9	24		

Tabuľka s vypočítanými strednými kvadrátmi vzdialeností a ich pomery pre jednotlivé častice:

častica	$\langle L_T^2 \rangle$ [mm²]	$\langle L_{2T}^2 \rangle$ [mm²]	$\langle L_{3T}^2 \rangle$ [mm²]	pomer
1	267	687	1253	1 : 2,6 : 4,7
2	272	775	986	1 : 2,8 : 3,6
3	507	1035	1833	1 : 2,0 : 3,6
4	207	429	516	1 : 2,1 : 2,5
5	340	993	1786	1 : 2,9 : 5,3
priemer	**318,6**	**783,8**	**1275**	**1 : 2,5 : 4,0**

Konštanty a predpokladané hodnoty:

T_{kv} = 300 K N_A = 6,022 . 10^{23}/mol R = 8,31 J/mol.K η = 1 mPa.s

dĺžka 25 µm čiary na záznamovej fólii l = 118 mm

Odhad veľkosti (polomerov) jednotlivých častíc:

1.častica r_1 = (367 ± 132) nm $\delta r_1 = 36\ \%$
2.častica r_2 = (360 ± 187) nm $\delta r_2 = 52\ \%$
3.častica r_3 = (193 ± 60) nm $\delta r_3 = 31\ \%$
4.častica r_4 = (473 ± 118) nm $\delta r_4 = 25\ \%$
5.častica r_5 = (288 ± 72) nm $\delta r_5 = 25\ \%$

Záver 2. časti úlohy:

Presnosť tohto merania závisí hlavne od počtu častíc, od reakčnej doby pozorovateľa a aj od presnosti záznamu jednotlivých polôh častíc. Pomer kvadrátov posunutí v daných intervaloch by mal byť 1 : 2 : 3, ale z meraní vyplíva približne 1 : 2,5 : 4 čo je spôsobené malým počtom a nepresných meraní. Výpočet veľkosti jednotlivých častíc je naozaj len odhad, pretože aj relatívna chyba dosahovala až 52 %, čo je dosť nepresné.