

Oddělení fyzikálních praktik při Kabinetu výuky obecné fyziky MFF UK

Praktikum I – Mechanika a molekulová fyzika

Úloha č. IV

Název: Určení závislosti povrchového napětí na koncentraci povrchově aktivní látky

Pracoval: Matyáš Řehák stud.sk.: 16 dne: 17.4.2008

Odevzdal dne:

Hodnocení:

Připomínky:

kapitola referátu	možný počet bodů	udělený počet bodů
Teoretická část	0 - 3	3
Výsledky měření	0 - 9	8
Diskuse výsledků	0 - 5	5
Závěr	0 - 2	2
Seznam použité literatury	0 - 1	1
Celkem	max. 20	19

Posuzoval:.....

dne:

Pracovní úkol

- 1) Určete závislost povrchového napětí σ na objemové koncentraci c roztoku etylalkoholu ve vodě odtrhávací metodou.
- 2) Sestrojte graf této závislosti..

Teorie

Povrchové napětí σ je definováno jako síla působící kolmo na jednotkovou délku každého myšleného řezu povrchem kapaliny. Jeho hodnota závisí na tom, s jakým plynem je povrch kapaliny ve styku, na teplotě a na čistotě kapaliny. Látky snižující povrchové napětí se nazývají povrchově aktivní. Přímoou metodou měření povrchového napětí je metoda odtrhávací. Je založena na měření síly potřebné k vytažení tenkého drátku z kapaliny. Podrobnosti v [1]. Základní vztah pro výpočet je:

$$\sigma = \frac{2F}{2l} = \frac{P_0}{2l}, \quad (1)$$

kde l je délka drátku a F síla držící drátek v kapalině. Pro určení P_0 jsou zvláště vhodné torzní váhy. Měření pomocí nich je popsáno v [1]. Síla potřebná k překonání povrchového napětí je:

$$P_0 = P_2 - P_1, \quad (2)$$

kde P_1 je síla potřebná k vyvážení rámečku s drátkem a P_2 síla potřebná k odtržení drátku od povrchu. Z (1) a (2) plyne:

$$\sigma = \frac{P_2 - P_1}{2l}. \quad (3)$$

V [1] je zmíněn vztah pro výpočet s korekcí na tloušťku drátu (dále druhá metoda):

$$\sigma = \frac{P_2 - P_1}{2l} - r \left(\sqrt{\frac{(P_2 - P_1)\rho g}{l}} - \frac{P_2 - P_1}{l^2} \right), \quad (4)$$

kde ρ je hustota kapaliny, r poloměr drátku a g tíhové zrychlení.

Pomůcky

Torzní váhy Meopta K2, přívažky, drátěný rámeček, pinzeta, posuvné měřidlo, mikrometr, teploměr, líc, kádinky, odměrný válec, pyknometr.

Postup

- 1) Omyjeme rámeček čistou vodou a změříme délku drátku posuvným měřidlem a jeho tloušťku mikrometrem. Poté ho zavěsíme na pravé rameno vah a vyvážíme zavěšením zátěže na levé rameno
- 2) Na stolek umístíme kádinku s vodou a těsně pod hladinu ponoříme rámeček, vyvážením určíme P_1
- 3) Snižujeme stoleček, přičemž stále vyvažujeme váhy, v okamžiku odtrhnutí rámečku odečteme P_2
- 4) 3) opakujeme pro různé koncentrace ethanolu ve vodě (100%, 50%, 25%,...)

Výsledky měření

Laboratorní podmínky

Teplota vzduchu v místnosti: 24,3°C

Tlak vzduchu: 98 kPa

Relativní vlhkost vzduchu: 32 %

Délka drátku l : (19,8 ± 0,5) mm (chyba odhadnutá nepřesností měření)

Průměr drátku d : (0,59 ± 0,01) mm (chyba - dílek mikrometru)

Hustota vody [2]: 998 kg.m⁻³

Hustota lihu [2]: 789 kg.m⁻³

Tíhové zrychlení g : 9,81 m.s⁻²

Chyba vah (dílky): 1 mg

Tab. 1: Měřené m_2 pro čistý líh a vodu

Voda	m_{2a} [mg]	m_{2b} [mg]	m_2 [mg]
Voda	32	348	316
	38	357	319
	35	360	325
	39	358	319
	29	362	333
Lích	31	146	115
Lích	29	147	118
	28	145	117
	29	145	116
	30	146	116

m_{2a} – hodnota na vahách při potopeném rámečku

m_{2b} – hodnota při vytažení rámečku

Tab. 2: Naměřené hmotnosti pro roztoky

c	m _{2a} [mg]	m _{2b} [mg]	m ₂ [mg]	m ₂ [mg]	ζ _{m2} [mg]	σ [N.m ⁻¹]	σ _L [N.m ⁻¹]	t [°C]	ρ [kg.m ⁻³]	ζ _σ [N.m ⁻¹]	ζ _{σL} [N.m ⁻¹]
1,0000				116	1	0,0235	0,0186	24	789	0,0007	0,0007
0,5000	27	174	147	148	1	0,0314	0,0254	30	894	0,0009	0,0008
	24	173	149								
0,2500	29	208	179	181	2	0,0396	0,0328	28	946	0,0011	0,0011
	29	212	183								
0,1250	31	245	214	215	1	0,0480	0,0405	25	972	0,0013	0,0012
	33	249	216								
0,0625	33	271	238	240	2	0,0542	0,0463	24	985	0,0015	0,0014
	34	276	242								
0,0313	36	290	254	254	1	0,0576	0,0494	24	991	0,0015	0,0015
	36	289	253								
0,0156	23	288	265	266	1	0,0605	0,0522	24	995	0,0016	0,0015
	33	299	266								
0,0078	22	296	274	276	2	0,0631	0,0547	24	996	0,0017	0,0017
	16	294	278								
0,0000	28	335	307	310	3	0,0715	0,0626	24	998	0,0019	0,0019
	19	331	312								

m₂ – druhý sloupec toho označení je průměr hodnot z předchozího

ζ_{m2} – chyba m₂, statistická

σ – povrchové napětí spočtené první metodou

σ_L – povrchové napětí spočtené druhou metodou

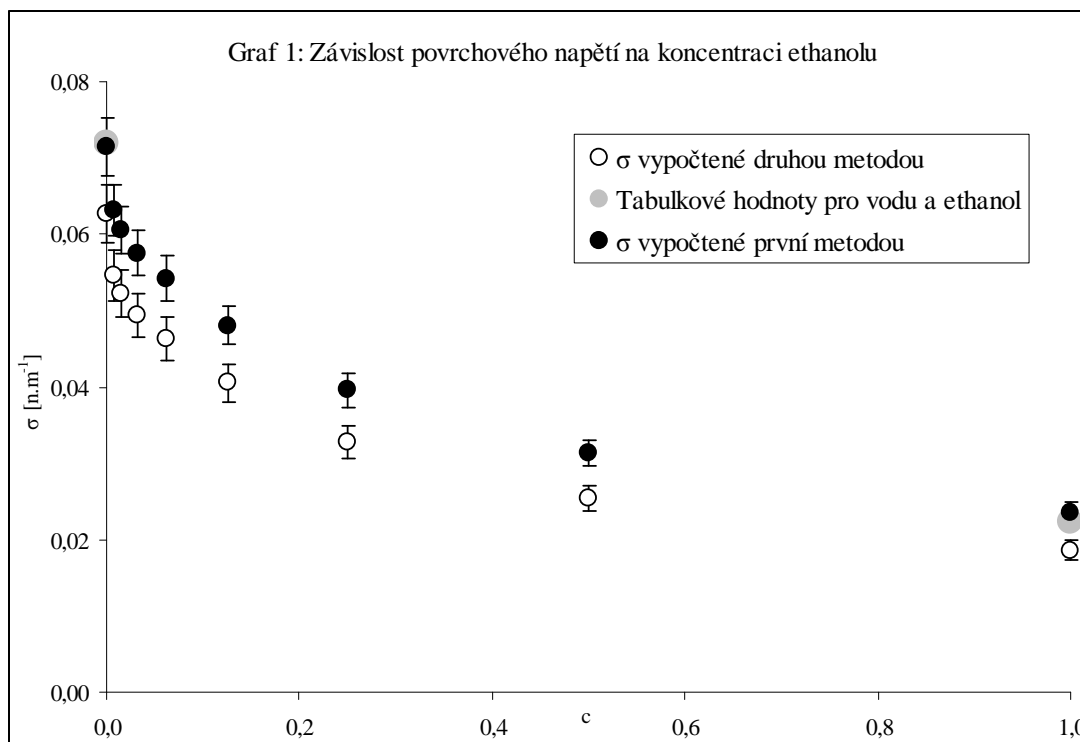
t – teplota roztoku bezprostředně po smíchání

ρ – přibližná hustota roztoku

ζ_σ – chyba povrchového napětí první metodou

ζ_{σL} – chyba povrchového napětí druhou metodou

chyby jsou spočteny metodou přenosu chyb



Diskuse

Relativní chyba určení povrchového napětí je přibližně 3 %. Zásadní podíl na této chybě má určení délky trámku, neboť bylo obtížné určit přesné místo sváru s rámečkem. Mimoto l představuje ve skutečnosti ne délku drátku, nýbrž délku povrchové vrstvy kapaliny, na kterou působí síla, tedy i další části rámečku. Ostatní chyby – určení tloušťky drátku, hmotnosti rámečku a hmotností při vážení nejsou tolik významné.

Měření bylo zatíženo dalšími, obtížně kvantifikovatelnými chybami. Mezi ně patří změna povrchového napětí při zahřátí vzorku, což má vliv pouze pro několik koncentrací. Dále je to skutečnost, že měřený líh není čistý ethanol, nýbrž obsahuje i jisté příměsi, k nějakému znečištění vzorku mohlo dojít (a nepochybně došlo) i během měření. Také je nutno si uvědomit, že líh je těkavá látka a zejména v tenké vrstvě při vytahování rámu se jeho výpar výrazně zrychluje – toto může mít za následek změnu jeho koncentrace.

Tabulková hodnota povrchového napětí vody je $72 \cdot 10^{-3} \text{ N.m}^{-1}$, a lihu $22,3 \cdot 10^{-3} \text{ N.m}^{-1}$ ([2]). Naměřené hodnoty jsou $(71,5 \pm 3,9) \cdot 10^{-3} \text{ N.m}^{-1}$ a $(23,5 \pm 1,4) \cdot 10^{-3} \text{ N.m}^{-1}$ respektive $(62,6 \pm 3,8) \cdot 10^{-3} \text{ N.m}^{-1}$ a $(18,6 \pm 1,3) \cdot 10^{-3} \text{ N.m}^{-1}$ při výpočtu se započtením průměru drátku. Paradoxní je, že nekvantifikovatelné chyby měření způsobily, že naměření tabulkových hodnot bylo dosaženo přesněji méně přesnou metodou.

Závěr

Změřil jsem povrchové napětí vody, lihu a roztoků lihu ve vodě a závislost povrchového napětí na koncentraci roztoku, kterou jsem vynesl do grafu 1.

Literatura

[1] D. Slavínská, I. Stulíková, P. Ostrý: Fyzikální praktikum I., SPN, Praha 1989

[2] J. Brož, V. Roskovec, M. Valouch: Fyzikální a matematické tabulky, SNTL, Praha 1980