

Kabinet výuky obecné fyziky, UK MFF

Fyzikální praktikum I



Úloha č. 4

Název úlohy: Závislost povrchového napětí na koncentraci povrchově aktivní látky

Jméno: Jonáš Venc

Datum měření: 5. 4. 2024

Připomínky opravujícího:

	Možný počet bodů	Udělený počet bodů
Teoretická část	0–2	
Výsledky a zpracování měření	0–9	
Diskuse výsledků	0–4	
Závěr	0–1	
Použitá literatura	0–1	
Celkem	max. 17	

Posuzoval:

dne:

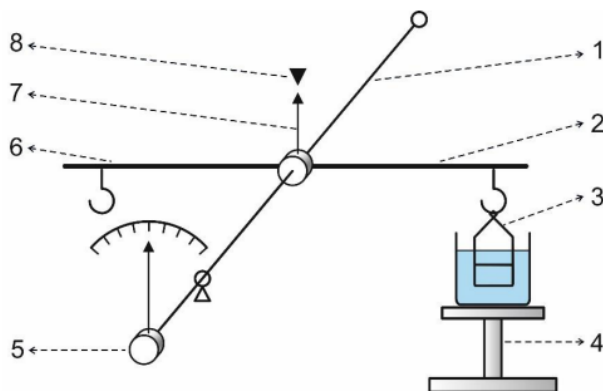
1 Pracovní úkoly

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

2 Teoretická část

Povrchovým napětím σ nazýváme kolmou sílu působící na jednotkovou délku na povrch určité látky. Zároveň je tato síla stejná ve všech místech povrchu. Povrchovým napětím se zabýváme zejména u kapalin. Velikost napětí je závislá na teplotě a čistotě kapalin. Látky, které ovlivňují tuto hodnotu, se nazývají povrchově aktivní.

Závislost povrchového napětí na koncentraci budeme měřit tzv. odtrhací metodou. K měření použijeme torzní váhy, jejichž schéma je znázorněno na obrázku 1.



Obr. 1: Schéma torzních vah

Na pravé straně vah je umístěna nádoba se zkoumanou kapalinou. Do ní je ponořen trámeček (3). Na levé straně (6) je umístěno závaží tak, aby byly váhy vyvážené. Nádoba je postupně posouvána dolů (4) a váhy jsou zároveň vyvažovány tak, aby šipka (7) mířila stále na ukazatel (8). V určitý moment je povrchové napětí překonáno a trámeček povyskočí směrem vzhůru. V tuto chvíli je zastaveno posouvání a je zaznamenán rozdíl hmotností během zatěžování. Odtud můžeme určit sílu P_0 potřebnou k odtržení trámku.

$$P_0 = (m_1 - m_2) \cdot g \quad (1)$$

kde m_1 a m_2 je počáteční a konečná hmotnost torzních vah a g gravitační zrychlení. Drátek trámku je při vytahování z kapaliny držen silou

$$2F = 2\sigma \cdot l \quad (2)$$

kde l je délka drátu.

Síla P_0 odpovídá síle $2F$ a proto dostáváme vztah pro povrchové napětí

$$\sigma = \frac{(m_1 - m_2) \cdot g}{2l} \quad (3)$$

a tedy

$$\sigma = \frac{P_0}{2l} \quad (4)$$

Pro přesnější určení povrchového napětí s korekcí tloušťky drátu použijeme

$$\sigma_k = \frac{P_2 - P_1}{2l} - r \left(\sqrt{\frac{(P_2 - P_1)\rho g}{l}} - \frac{P_2 - P_1}{l^2} \right) \quad (5)$$

kde ρ je hustota drátu a r je poloměr drátu.

3 Výsledky a zpracování měření

3.1 Laboratorní podmínky

Měření bylo prováděno za laboratorních podmínek uvedených v tabulce 1.

t / °C	p / hPa	vlhkost / %RH
24,0(4)	989,2(20)	42,0(25)

Tab. 1: Laboratorní podmínky

3.2 Měření povrchového napětí

Na začátku bylo třeba důkladně vyčistit lihem a destilovanou vodou část aparatury, abychom zamezily ovlivnění výsledků nečistotami. Dále jsme změřili základní rozměry. Průměr drátu d v rámečku byl změřen třikrát na různých místech se stejnou hodnotou, není tedy třeba počítat aritmetický průměr a směrodatné odchylky. Šířka rámečku l byla spočtena jako aritmetický průměr ze dvou naměřených hodnot se směrodatnou odchylkou uvedených v tabulce 2. Uvedená chyba je rovna součtu druhých mocnin pod odmocninou chyby měřidla a směrodatné odchylky. Vzdálenost d byla měřena mikrometrem s chybou 0,01 mm a délka l posuvným měřidlem s chybou 0,05 mm.

d / mm	0,79	0,79	0,79	0,79	±0,010
l / cm	2,1	2,075		2,085	±0,014

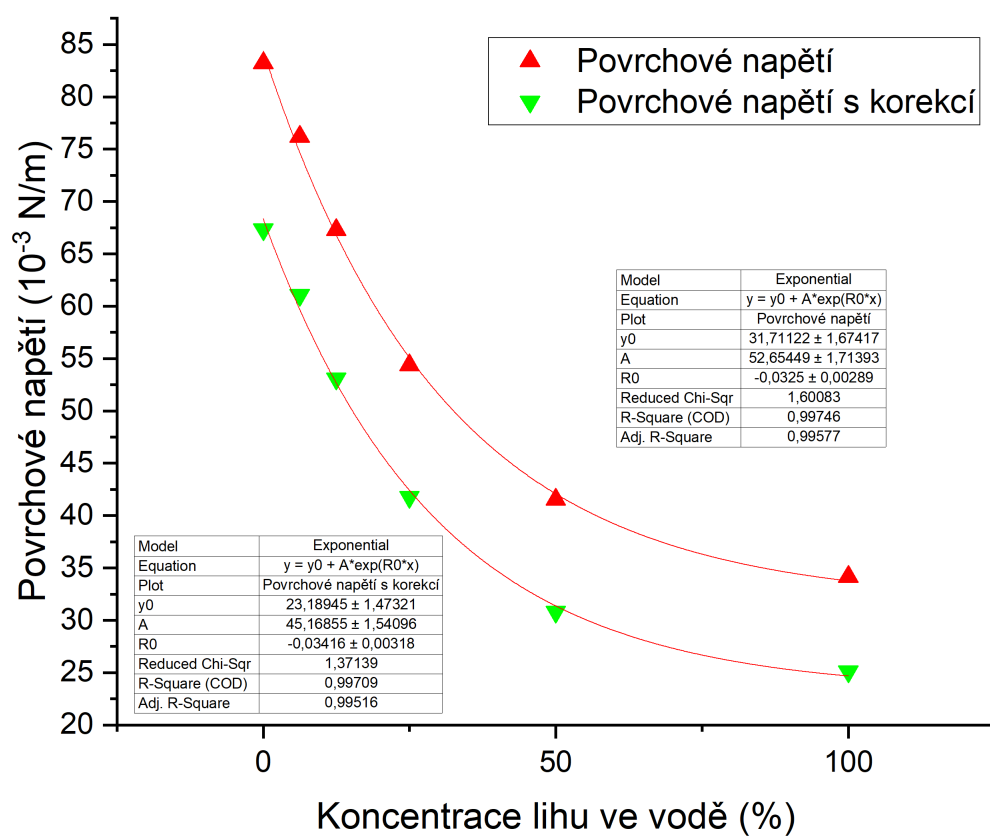
Tab. 2: Tabulka základních rozměrů

Roztok v poměru 1:1 jsme vytvořili smícháním jednoho dílu vody a lihu. Přidáním jednoho dílu tohoto roztoku k jednomu dílu destilované vody jsme získali poměr 2:1, dále potom 4:1 atd. Zvolili jsme přidávání vody, protože po změření čisté vody, lihu a poměru 1:1 se větší rozptyl hodnot nacházel mezi 0% a 50% lihu v destilované vodě, proto dává smysl zabývat se tímto intervalem. U každého připraveného vzorku byla zvážena hmotnost pyknometrem, tedy při stejném objemu. Dále byla změřena teplota, protože se jedné o exotermickou reakci během přípravy. Tato teplota byla ve vodní lázni ochlazená na teplotu okolí.

Chyba byla odhadnuta pomocí metody přenosu chyb jako

$$\sigma_{\sigma} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{l^2 \sigma_{P_0}^2 + P_0^2 \sigma_l^2}{l^4}} \quad (6)$$

Chyba $\sigma_{m_0} = 3$ mg, odtud $\sigma_{P_0} = 9,81 \cdot \sigma_{m_0}$. Povrchové napětí σ_k je spočtena podle (5). Pro tento výpočet byly použity hustoty změřené pro každý vzorek, uvedených v tabulce 4. Chyba σ_{σ_k} byla spočtena jako stejná relativní chyba napětí bez korekce průměru drátu. Za konstantu $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ je dosazeno podle [4]. Informativně jsou v tabulce 5 uvedeny teploty, ze kterých bylo vzorek třeba ochladit, po smíchání obou látek. Graf 2 zobrazuje závislost povrchového napětí na koncentraci lihu ve vodě s korekcí a bez. Dále jsou tyto závislosti nafitovány exponenciální křivkou, jejichž parametry jsou zde také uvedeny.



Obr. 2: Závislost povrchového napětí na koncentraci látky

Poměr destil. voda : líh	P_0/N	$\sigma/10^{-3}N \cdot m^{-1}$	$\bar{\sigma}$	$\sigma_\sigma/10^{-3}N \cdot m^{-1}$	$\sigma_k/N \cdot m^{-1}$	$\bar{\sigma}_k/10^{-3}N \cdot m^{-1}$	σ_{σ_k}
1:0	0,0032	80,93	83,22	0,89	0,065	67,32	0,74
	0,0034	84,86		0,90	0,069		0,72
	0,0034	83,88		0,90	0,068		0,72
0:1	0,0014	33,84	34,17	0,75	0,025	25,10	0,56
	0,0014	34,09		0,75	0,025		0,55
	0,0014	34,58		0,75	0,025		0,55
1:1	0,0016	39,73	41,53	0,76	0,029	30,82	0,59
	0,0017	42,67		0,77	0,032		0,56
	0,0017	42,18		0,77	0,031		0,56
3:1	0,0022	54,69	54,36	0,80	0,042	41,77	0,61
	0,0022	54,94		0,80	0,042		0,61
	0,0021	53,46		0,80	0,041		0,62
7:1	0,0027	67,93	67,28	0,84	0,054	53,09	0,66
	0,0026	66,22		0,84	0,052		0,67
	0,0027	67,69		0,84	0,053		0,66
15:1	0,0031	76,27	76,19	0,87	0,061	61,06	0,70
	0,0030	75,78		0,87	0,061		0,70
	0,0031	76,52		0,87	0,061		0,70

Tab. 3: Povrchové napětí

Poměr destil. voda : líh	Objem / ml	Hmotnost / g	Hustota / $kg \cdot m^{-3}$
1:0	25	24,7	988
0:1	25	19,84	793,6
1:1	25	22,73	909,2
3:1	25	23,91	956,4
7:1	25	24,41	976,4
15:1	25	24,45	978

Tab. 4: Hustota různých vzorků

Nakonec jsme změřili jakou silou je rámeček nadnášen v klidu. Jedná se zejména o vztlakovou sílu. Změřili jsme zatížení samotného rámečku a poté ponořeného v kapalině. Rozdílem těchto hodnot získáváme pro vodu $m_v = 21 \text{ mg}$ a pro líh $m_l = 18 \text{ mg}$. Tyto hodnoty uvažujeme jako nepřesnost měření.

Poměr destil. voda : líh	Teplota / °C
1:0	23,4
0:1	23,5
1:1	29
3:1	26,8
7:1	24,6
15:1	23,6

Tab. 5: Teplota vzorku po smíchání

4 Diskuse výsledků

Naše získané hodnoty můžeme porovnat s tabelovanými hodnotami podle [4]. Pro destilovanou vodu platí $\sigma = 73 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$ a pro ethanol $\sigma = 22 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$ při 20 °C. Tyto hodnoty s naměřenými hodnotami $\sigma = 67 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$ a $\sigma = 25 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$ nepatrně liší, což může být způsobeno tím, že tabelované hodnoty platí pro teplotu 20 °C a my jsme měřili při teplotě 24 °C. Teplota má na výsledek měření silný vliv. Chyba se mohla projevit nepřesným odhadem, kdy se trámeček nachází těsně pod hladinou. Také jsme ověřili, že nepřesnost měření ovlivňuje také vztaková síla rámečku. Důvodem může být i nepřesně namíchaná koncentrace. Příprava vzorku tímto způsobem by měla poměrně přesně odpovídat, ale líh je těkavá látka a je tedy možné, že se koncentrace mohla samovolně snižovat. Nakonec tuto hodnotu může ovlivnit i nedokonalé vyčištění aparatury.

Naměřené hodnoty jsou tedy poměrně přesné s uvažáním, kolika nepřesnostmi je měření zatíženo.

5 Závěr

V této práci jsme změřili závislost povrchového napětí σ na objemové koncentraci c roztoku etylalkoholu ve vodě odtrhávací metodou. Tuto závislost jsme graficky znázornili na grafu. Zobrazili jsme závislost s korekcí průměru drátu i bez. Výsledná závislost má exponenciální charakter.

6 Použitá literatura

- [1] MFF. *Studijní text*: [Online]. [cit. 14. dubna 2024].
https://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/_media/zadani/texty/txt_104.pdf
- [2] MFF. *Zadání*: [Online]. [cit. 14. dubna 2024].
<https://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/zadani/104>
- [3] Čížek, Jakub. *Metoda přenosu chyb*: [Online]. [cit. 14. dubna 2024].
<https://physics.mff.cuni.cz/kfnt/vyuka/upf/cizek/prednaska8.pdf>
- [4] MIKULČÁK, Jiří; KLIMEŠ, Bohdan; ŠIROKÝ, Jaromír; ŠŮLA, Václav a ZEMÁNEK, František. *Matematické, fyzikální a chemické tabulky pro střední školy*. 5. vydání. Pomocné knihy pro žáky (Prometheus). Praha: Prometheus, 2020. ISBN 978-80-7196-481-0. [cit. 14. dubna 2024].