

Oddělení fyzikálních praktik při Kabinetu výuky obecné fyziky MFF UK

## PRAKTIKUM I.

úloha č. 4.....

Název: Určení závislosti povrchového napětí na koncentraci povrchově aktivní látky.....

Pracoval: Jakub Michálek..... stud. skup. 15..... dne: 14. května 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	
	max. 20	

Posuzoval:..... dne.....

# Úkoly

1. Určete závislost povrchového napětí  $\sigma$  na objemové koncentraci  $c$  roztoku etylalkoholu ve vodě odtrhávací metodou.
2. Sestrojte graf této závislosti.

## 1 Teorie

Studijní text [1] definuje povrchové napětí jako sílu působící kolmo na jednotkovou délku každého myšleného řezu povrchem látky. Látky, které povrchové napětí snižují, se nazývají povrchově aktivní.

Odtrhávací metoda měření povrchového napětí vychází přímo z této definice. Spočívá ve vytahování drátku délky  $l$  z povrchu kapaliny. Při vytahování drží drátek síla

$$P_0 = 2\sigma l. \quad (1)$$

K měření síly se používají torzní váhy: Nejprve se „zváží“ síla kterou působí samotné závaží s protizávažím a vztlakovou silou kapaliny  $P_1$ . Pak se za rovnováhy na vahách snižuje výška hladiny, tudíž se drátek vytahuje a musí se zvyšovat zatížení na vahách. Pokud sílu v okamžiku odtržení označíme  $P_2$ , můžeme sílu (1) přepsat jako rozdíl

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

Pro přesnější určení povrchového napětí cituje [1] Lenarda

$$\sigma = \frac{P_0}{2l} - r \left( \sqrt{\frac{P_0 \rho g}{l}} - \frac{P_0}{l} \right), \quad (3)$$

kde  $r$  značí poloměr drátku a  $\rho$  hustotu kapaliny. Hustotu můžeme při ředění lihu s hustotou  $\rho_1$  a koncentrací  $c$  vodou hustoty  $\rho_0$  určit podle přibližného vztahu

$$\rho = c\rho_1 + (1 - c)\rho_0 \quad (4)$$

Chyby odvozených veličin určíme podle Gaussova zákona přenosu chyb. Chyba, kterou způsobuje druhý člen ve vztahu (3) je mnohem menší. Problémy by mohla dělat jenom hustota, jejíž chyba se s každým měřením zvyšuje, ale v rámci jednoduchosti se ome�ím na první člen, takže

$$\delta\sigma = \sqrt{\delta^2 P_0 + \delta^2 l}, \quad (5)$$

veličina	teplota $T$ [°C]	tlak $p$ [hPa]
začátek	$24,2 \pm 0,2$	$985,4 \pm 2,0$
konec	$24,3 \pm 0,2$	$985,4 \pm 2,0$

**Tabulka 1:** Podmínky měření (vzduch) na začátku a na konci

kde relativní chybu  $\delta P_0$  spočteme z absolutní chyby  $\Delta P_0 = \sqrt{\Delta^2 P_2 + \Delta^2 P_1}$ . Pokud není řečeno jinak, nejistotu počítám Pythagorovou větou ze směrodatné chyby průměru a odhadu systematické chyby (chyba měřidla určená nejmenším dílkem).

## 2 Výsledky měření

### Podmínky měření

Podmínky měření shrnuje tab.1, z níž vyplývá průměrná teplota vzduchu  $T = (24,2 \pm 0,3)$  °C.

### Rozměry drátku

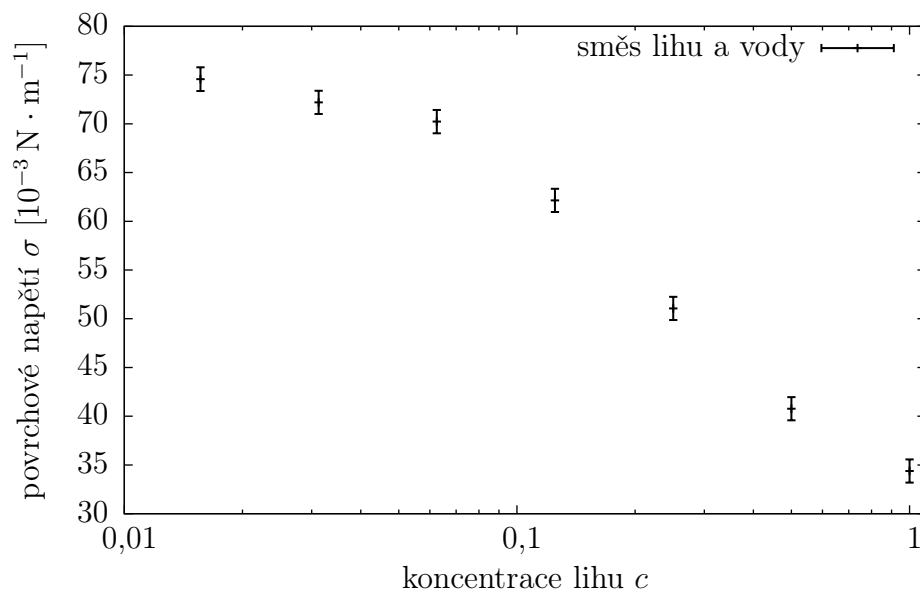
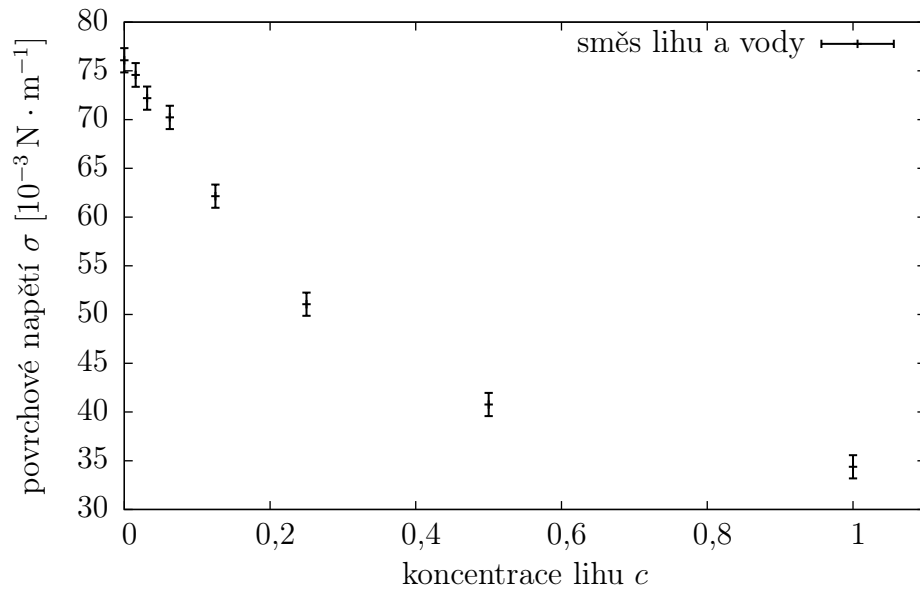
Statistická chyba měření byla oproti odhadu systematické chyby zanedbatelná; mikrometrem jsem naměřil průměr drátku  $d = (0,79 \pm 0,01)$  mm a posuvným měřidlem jsem naměřil vnitřní délku drátku  $l = (2,06 \pm 0,01)$  mm.

### Měření na torzních vahách

Rámeček jsem na druhé straně částečně vyvážil jiným rámečkem, abych mohl měřit v co největším rozmezí. Koncentraci jsem vždy zmenšil na polovinu pomocí pyknometru (chybu z určování koncentrace proto zanedbávám), protože předpokládám nějaký typ exponenciální závislosti, tím se zaručuje největší přesnost odhadu závislosti.

Ze tří měření síly při odtržení pro danou koncentraci jsem povrchové napětí i s korekcí na průměr drátku jsem vypočetl podle (3) a hustoty jsem určoval podle vztahu (4).

Výsledky uvádí tab.2, podle níž je zřejmé, že body vynesené ve grafu na obr.1 nebyly měřeny při stejné teplotě. Při několika prvních ředěních se teplota směsi zvyšovala díky směšovacímu teplu. Tomu jsem předcházel použitím chlazené destilované vody.



**Obrázek 1:** Závislost povrchového napětí na koncentraci

převrácený podíl lihu $1/c$	teplota vzorku $T$ [°C]	$\rho$ [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ]	$\sigma$ [ $10^{-3} \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$ ]
1	23	789	$34 \pm 1$
2	24	894	$41 \pm 1$
4	24	946	$51 \pm 1$
8	24	972	$62 \pm 1$
16	23	985	$70 \pm 1$
32	23	991	$72 \pm 1$
64	23	995	$75 \pm 1$
$\infty$	23	998	$76 \pm 1$

**Tabulka 2:** Závislost povrchového napětí na koncentraci lihu

### 3 Diskuse

**Srovnání s tabelovanými hodnotami** Tabulky [2] uvádějí při teplotě  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  povrchové napětí vody  $72 \cdot 10^{-3} \text{N m}^{-1}$  a ethanolu  $22 \cdot 10^{-3} \text{N m}^{-1}$ . Naměřené hodnoty jsou vyšší než tabelované a to o více než tři směrodatné odchylky, z čehož usuzuji na systematickou chybu měření.

**Přesnost měření koncentrace** Ačkoliv zábrus pyknometru umožňuje odměřit koncentraci přesně, musel jsem kapaliny přelévat do kádinky, která nebyla zcela osušená. Jinak bych totiž riskoval znečištění buničinou nebo zvýšení teploty fénováním. Nedostatkem metody je, že se nejistota koncentrací s každým měřením zvyšuje, protože koncentrace tvoří geometrickou posloupnost.

**Další zdroje systematické chyby** K dalším faktorům, které mohli způsobit nesoulad mezi naměřenými a tabelovanými hodnotami patří znečištění rámečku, kterému jsem však předcházel tím, že jsem používal jenom pinzetu. Systematická chyba by se také dala změnit, pokud bychom použili k výpočtu hmotnosti rámečků změřené na laboratorních vahách. Na druhou stranu bychom však nezapočetli vliv vztlakové síly a obroučka by nebyla pokrytá vodou. Teplota roztoků a vzduchu se celou dobu měření pohybovala v rozmezí jednoho stupně, takže příslušnou chybu považuji za zanedbatelnou. Jistý vliv mohla mít i systematická chyba při udržování rovnováhy střelky na torzních vahách, které jsem se snažil vyhnout zarovnaním s obrazem v zrcátku.

**Klasifikace závislosti** Se zvyšující se koncentrací ethanolu ve vodě se povrchové napětí snižuje, přičemž pokles je při vysoké koncentraci lihu přibližně exponenciální, jak ukazuje graf v semilogaritmickém měřítku na obr. 1.

Při nízké koncentraci se v daném měřítku závislost přimyká k vodorovné asymptotě.

## 4 Závěr

Naměřil jsem povrchové napětí vody  $(76 \pm 1) \cdot 10^{-3} \text{ N m}^{-1}$  a ethanolu  $(34 \pm 1) \cdot 10^{-3} \text{ N m}^{-1}$ ; obě jsou větší než tabelované hodnoty. Závislost povrchového napětí na koncentraci roztoku lihu shrnuje tab. 2 a graf na obr. 1, závislost je přibližně exponenciální.

## Reference

- [1] Studijní text k úloze IV.  
<http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/>
- [2] Jiří Mikulčák a kol.: *Matematické, fyzikální a chemické tabulky a vzorce pro střední školy*. Praha: Prometheus, 2003.