

Kabinet výuky obecné fyziky, UK MFF

## Fyzikální praktikum ...



Úloha č. ....

Název úlohy: .....

Jméno: ..... Obor: FOF FAF FMUZV

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: .....

## Pracovní úkoly

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

## Teoretická část

Budeme měřit povrchové napětí roztoku lihu při koncentracích od 0 do 100 % odtrhací metodou. Tato metoda spočívá v měření síly potřebné k odtržení tenkého drátku od hladiny měřené kapaliny. Pokud je drátek dostatečně tenký a má délku  $l$ , drží ho kapalina na hladině silou [1]

$$P_0 = 2 \cdot \sigma \cdot l, \quad (1)$$

kde  $\sigma$  je povrchové napětí.

Sílu  $P_0$  budeme měřit torzními vahami. Na jedno rameno zavěšíme rámeček, ve kterém je upevněn drátek (viz obr. 1), a pod něj položíme kádinku s měřeným roztokem. Na druhé rameno pověšíme přívazky tak, aby odtržení drátku od hladiny proběhlo v rozsahu ciferníku torzních vah.

Protože na drátek nepůsobí pouze síla způsobená povrchovým napětím, změříme nejdříve sílu  $P_1$ , při které jsou váhy vyvážené a drátek je těsně pod hladinou kapaliny. Poté budeme sílu zvětšovat a zároveň snižovat kádinku s roztokem, aby váhy zůstali vyvážené. Při určité síle  $P_2$  se drátek odtrhne. Sílu  $P_0$  určíme jako rozdíl sil  $P_2$  a  $P_1$ .

Lenard [2] udává korekci na drátek o poloměru  $r$

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

kde  $\varrho$  je hustota kapaliny a  $g$  je tíhové zrychlení.

## Výsledky měření

Teplota v místnosti byla  $(23,5 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ . Teplota destilované vody i lihu byla před smícháním stejná.

Drátek v rámečku jsme měřili posuvným měřítkem a měl délku  $l = (1,94 \pm 0,05)\text{ cm}$ . Poloměr drátku byl  $r = (0,25 \pm 0,03)\text{ mm}$ . Rámeček měl hmotnost přibližně 200 mg.

Na váhy jsme pověsili přívazek o hmotnosti 200 mg. Jelikož síly od sebe odečítáme, nemá přívazek na výsledek žádný vliv.

Torzními vahami jsme přímo měřili rozdíl hmotností na obou ramenech. Ke změření síly je tedy nutný přepočít na tíhovou sílu  $F = mg$ , tedy

$$P_1 = m_1 \cdot g \quad P_2 = m_2 \cdot g, \quad (3)$$

kde  $m_1, m_2$  jsou váhami změřené rozdíly hmotností na ramenech, když je rámeček těsně pod vodou resp. právě se odtrhl od hladiny. Tíhové zrychlení v Praze je  $9,814\text{ m s}^{-2}$  [3], chybu zanedbáváme.

Nejdříve jsme změřili povrchové napětí čisté destilované vody a čistého lihu. Poté jsme s pomocí pyknometru připravili roztok s 50 % koncentrací lihu a tento roztok jsme dále ředili vodou vždy v poměru 1 : 1.

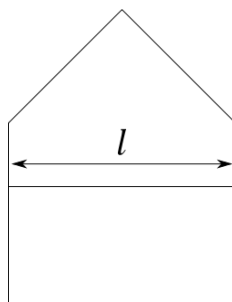
V tabulce 1 jsou pro měřené koncentrace uvedeny hodnoty  $m_1, m_2$ , vypočtené síly  $P_0$ , přibližné hustoty  $\varrho$  při dané koncentraci (hmotnostní koncentraci jsme odhadli objemovou koncentrací a hustotu určili z tabulek [4]) a povrchové napětí  $\sigma$  podle (2). U  $m_1$  a  $m_2$  uvádíme přímo číselný údaj na vahách, pro výpočet celkové hodnoty  $P_1$  nebo  $P_2$  by bylo nutné přičíst hmotnost přívazku.

Směrodatnou odchylku  $\mu_m^i$  určení rozdílu hmotností ( $m_2 - m_1$ ) odhadujeme na 5 mg. Z toho se odvíjí směrodatná odchylka síly  $\mu_{P_0} = 0,05\text{ mN}$ . Směrodatnou odchylku povrchového napětí počítáme jako

$$\mu_\sigma = \sigma \sqrt{\left(\frac{\mu_{P_0}}{P_0}\right)^2 + \left(\frac{\mu_l}{l}\right)^2}. \quad (4)$$

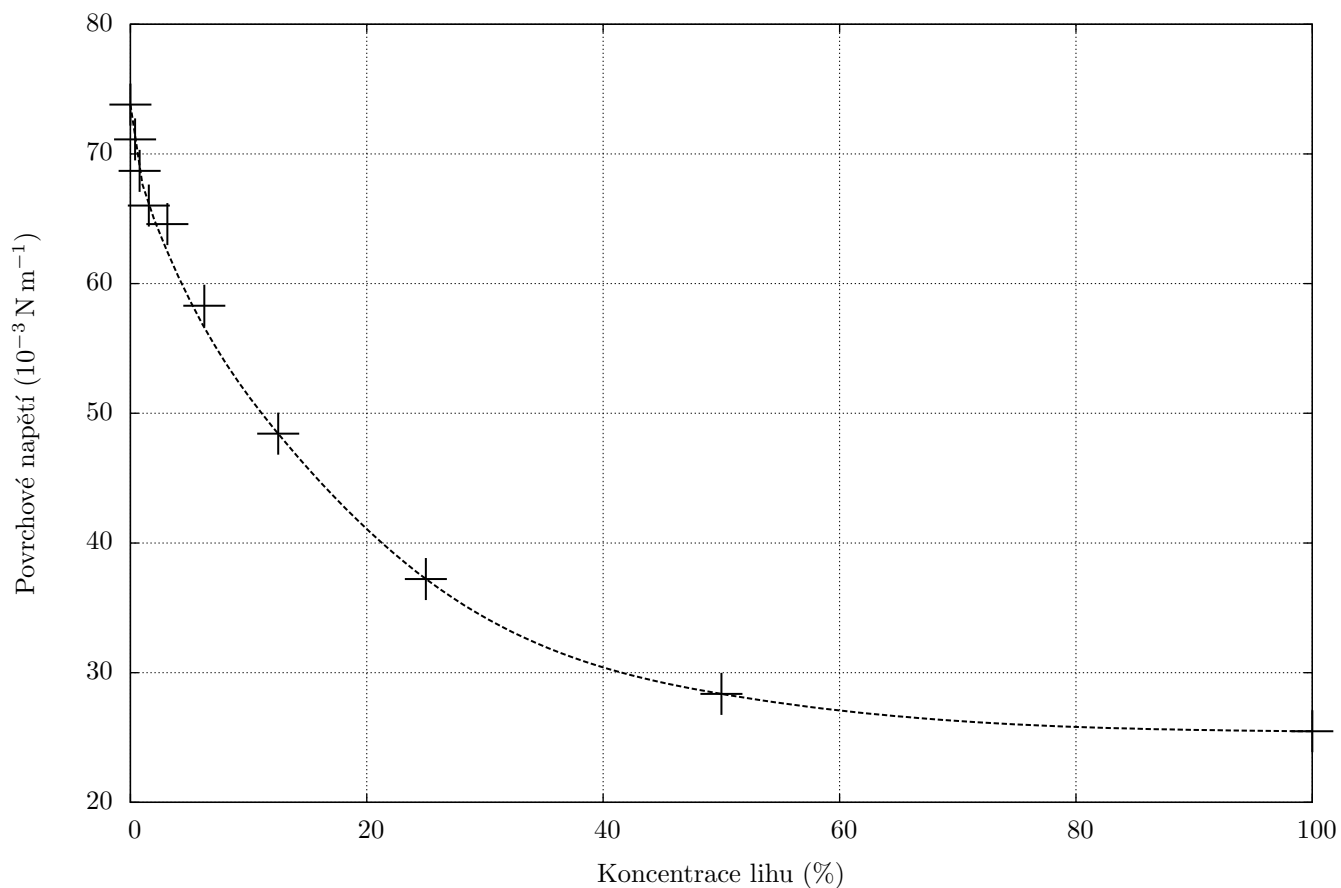
Chybu členu s  $r$  ve vztahu (2) zanedbáváme s ohledem na to, že je o řád menší než první zlomek. Závislost povrchového napětí na koncentraci lihu v roztoku je zanesena do grafu 1.

<sup>i</sup>Symbol  $\mu$  pro směrodatnou odchylku používáme, aby nedošlo k záměně za povrchové napětí  $\sigma$ .

Obrázek 1: Náčrt použitého rámečku, na obrázku je vyznačena délka drátku  $l$ .

koncentrace lihu	$m_1(\text{mg})$	$m_2(\text{mg})$	$P_0(\text{mN})$	$\varrho(\text{kg m}^{-3})$	$\sigma(10^{-3} \text{ N m}^{-1})$
0 %	125	448	3,17	998	$74 \pm 3$
0,4 %	118	430	3,06	997	$71 \pm 3$
0,8 %	117	419	2,96	996	$69 \pm 3$
1,6 %	113	404	2,86	995	$66 \pm 3$
3,1 %	116	401	2,80	989	$65 \pm 3$
6,3 %	111	370	2,54	987	$58 \pm 3$
12,5 %	109	327	2,14	978	$48 \pm 2$
25 %	106	277	1,68	962	$37 \pm 2$
50 %	105	238	1,31	915	$28 \pm 2$
100 %	106	225	1,17	789	$25 \pm 2$

Tabulka 1: Naměřené hodnoty povrchového napětí pro různé koncentrace lihu v roztoku



Graf 1: Závislost povrchového napětí na koncentraci lihu v roztoku

## Diskuze

Zdroj [5] uvádí při  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  povrchové napětí destilované vody  $72,75 \pm 0,3610^{-3}\text{ N m}^{-1}$  a při  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  napětí  $(71,99 \pm 0,36)10^{-3}\text{ N m}^{-1}$ . Naše hodnota  $(74 \pm 3)10^{-3}\text{ N/m}$  při  $23,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  se v rámci směrodatné odchylky s těmito hodnotami shoduje.

Zdroj [6] uvádí pro teploty okolo  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  povrchové napětí ethanolu  $(22,10 - 0,0832(t - 20\text{ }^{\circ}\text{C}))10^{-3}\text{ N m}^{-1}$ , pro teplotu  $23,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  tedy přibližně  $21,810^{-3}\text{ N/m}$ . Naše hodnota  $(25 \pm 2)10^{-3}\text{ N/m}$  se s ní shoduje v rámci dvou směrodatných odchylek.

Při mísení lihu s vodou dochází k exotermické reakci a směs se zahřívá. Po smíchání jsme před měřením vždy chvíli počkali, ale směs mohla mít stále nepatrně vyšší teplotu. Povrchové napětí je na teplotě závislé, chybu způsobenou změnou teploty ale považujeme za menší než chybu způsobenou nepřesností měření, náhodnými jevy a systematickou chybu metody a zanedbáváme ji.

Další efekt, který mohl způsobit chybu, je kontrakce objemu při mísení lihu s vodou. Po dvojnásobném zředění v poměru 1 : 1 totiž nevznikne roztok o stejné koncentraci jako po jednom zředění v poměru 1 : 3. Tuto chybu však považujeme za zanedbatelnou s ohledem na další nepřesnosti při mísení.

Použitý líh samozřejmě nebyl stoprocentní. Uvedené koncentrace pouze vyjadřují poměr, ve kterém jsme ho mísili s destilovanou vodou.

## Závěr

Měřili jsme závislost povrchového napětí na koncentraci lihu v roztoku. Změřili jsme povrchové napětí destilované vody  $(74 \pm 3)10^{-3}\text{ N/m}$  a čistého lihu  $(25 \pm 2)10^{-3}\text{ N/m}$  při teplotě  $(23,5 \pm 0,3)\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Tyto hodnoty se téměř shodují s tabelovanými.

Co se týče závislosti na koncentraci lihu (viz graf 1), zjistili jsme, že přidání i velmi malého množství lihu do destilované vody má za následek rapidní pokles povrchového napětí. Se zvyšující se koncentrací povrchové napětí stále klesá, nicméně při vyšších koncentracích již efekt není tak patrný.

Všechny uvedené koncentrace jsou objemové a všechny odchylky jsou směrodatné ( $P = 68\%$ ).

## Seznam použité literatury

1. *Závislost povrchového napětí na koncentraci povrchově aktivní látky — Studijní text pro fyzikální praktikum I MMF UK* [online]. [cit. 2016-04-10]. Dostupný z WWW: [http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/\\_media/zadani/texty/txt\\_104.pdf](http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/_media/zadani/texty/txt_104.pdf).
2. HORÁK, Z.; KRUPKA, F. *Fyzika*. Praha: SNTL, 1981.
3. *Wolfram Alpha Widget: Gravitational Fields*. Dostupný z WWW: <http://goo.gl/dtWkdT>.
4. *Handymath.com — Density and Concentration Calculator for Mixtures of Ethanol and Water at 20 °C* [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupný z WWW: <http://www.handymath.com/cgi-bin/ethanolwater3.cgi?submit=Entry>.
5. VARGAFTIK, N. B.; VOLKOV, B. N.; VOLJAK, L. D. International tables of the surface tension of water. *J. Phys. Chem.* 1983. Dostupný také z WWW: <http://www.nist.gov/data/PDFfiles/jpcrd231.pdf>.
6. *Surface tension values of some common test liquids for surface energy analysis* [online]. [cit. 2016-04-19]. Dostupný z WWW: <http://www.surface-tension.de/>.