

Oddělení fyzikálních praktik při Kabinetu výuky obecné fyziky MFF UK

## PRAKTIKUM I

Úloha č.: IV.

Název: Určení závislosti povrchového napětí na koncentraci povrchově aktivní látky

Vypracoval: Mária Šoltésová stud. sk. F -16 dne 29. 3. 2005

Odevzdal dne: ..... vráceno: .....

Odevzdal dne: ..... vráceno: .....

Odevzdal dne: .....

Posuzoval: .....dne ..... výsledek klasifikace .....

Připomínky:

### Pracovní úloha:

1. Určete závislost povrchového napětí  $\sigma$  na objemové koncentracii  $c$  roztoku etylalkoholu vo vode odtrhávacou metódou.
2. Zostrojte graf tejto závislosti.

## Teoretická časť:

### Povrchové napätie

Povrchové napätie je definované ako sila pôsobiaca na kolmo na jednotkovú dĺžku každého mysliteľného rezu povrchom kvapaliny. Metóda na určenie povrchového napätia vychádzajúca z jeho definície, popísaná v [1], sa nazýva odtrhávacia metóda. Je založená na meraní sily potrebnej na vytiahnutie tenkého drôťku dĺžky  $l$  z kvapaliny. Pri vyťahovaní na drôt pôsobí sila povrchového napätia

$$2F = 2\sigma l$$

(1)

kde  $\sigma$  je povrchové napätie kvapaliny. Na meranie tejto sily je vhodné použiť torzné váhy, ktoré umožňujú plynulé zaťažovanie drôťku pri jeho vyťahovaní z kvapaliny. Pomocou torzných váh dostatočne presne určíme silu  $P_0$  potrebnú na vytiahnutie drôťku z kvapaliny. Sila  $P_0$  je v tomto prípade rovná  $2F$  a platí

$$P_0 = 2\sigma l.$$

(2)

Torzné váhy sú znázornené na obrázku 1. [1]. Sú to rovnoramenné váhy založené na princípu stáčania torzného vlákna  $V$ . Pri meraní povrchového napätia sa na posuvný stolček  $P$  umiestni kadička s meranou kvapalinou  $K$ . Na pravé rameno váh  $L$  sa zavesí rámik  $R$ , na ktorom je uchytený drôťok dĺžky  $l$ . Na vyváženie rámiku môžeme na ľavé rameno zavesiť závažie podobnej hmotnosti (obdobný druhý rámik). Posuvný stolček  $P$  sa vysunie do takej výšky, aby pri vyvážených váhach bol drôťok tesne pod hladinou kvapaliny  $K$ . K takémuto vyváženiu je potrebná sila  $P_1$ . Otáčaním skrutky  $S$  zvyšujeme silu a súčasne znižujeme stolček  $P$  tak, aby sa ukazovateľ  $U$  stále kryl s ryskou. Pri pôsobení určitej sily  $P_2$  dôjde k odtrhnutiu drôťku od hladiny. Silu potrebnú na prekonanie povrchového napätia potom môžeme určiť ako

$$P_0 = P_2 - P_1.$$

(3)

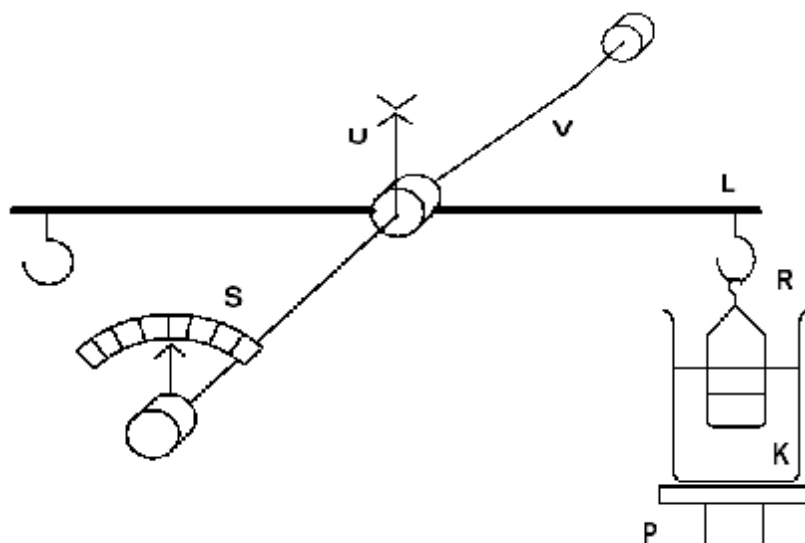
Po dosadení (3) do (2) dostaneme

$$\sigma = \frac{P_2 - P_1}{2l} = \frac{(m_2 - m_1)g}{2l}$$

(4)

kde  $m_1$  a  $m_2$  sú hmotnosti určené na torzných váhach,  $m_1$  predstavuje hmotnosť rámika (zmenšenú o hmotnosť prívažku na ľavom ramene váh).

*Obrázok 1: torzné váhy*



### Použité pomôcky a prístroje:

torzné váhy Meopta K2, prívažky, drôtený rámček, teplomer, pinzeta, posuvné meradlo, lieh, kadičky, odmerný valec

merací prístroj	najmenší dielik
posuvné meradlo	0,05 mm
odmerný valec	0,1 ml
teplomer	0,5 °C
torzné váhy	1 mg

### Postup:

1. Omyjeme rámik čistou vodou a zmeriame dĺžku drôťku posuvným meradlom. Rámik zavesíme na pravé rameno váh vyvážíme zavesením obdobného rámiku na pravé rameno váh.
2. Na posuvný stolček umiestnime kadičku s destilovanou vodou a ponoríme do nej rámik tak, aby bol tesne pod hladinou. Vyvážením rámiku určíme silu  $P_1$ .
3. Postupne zvyšujeme silu pôsobiacu na rámik a súčasne znižujeme stolček. Po odtrhnutí drôťku od hladiny odčítame silu  $P_2$ .
4. Bod 3. opakujeme pre rôzne koncentrácie roztoku etanolu vo vode, od 100 % po 0 % (čistá destilovaná voda).

### Výsledky meraní:

#### Podmienky experimentu:

teplota v miestnosti:  $(24 \pm 1)^\circ\text{C}$

#### 1. Závislosť povrchového napätia na koncentrácii

Posuvným meradlom sme určili dĺžku drôťku ako  $l = (20 \pm 1)$  mm, chybu 1 mm je odhadnutá, pretože dĺžka  $l$  predstavuje dĺžku povrchu kvapaliny, na ktorý pôsobí povrchová sila, a táto dĺžka sa môže málo líšiť od dĺžky drôťku. Hmotnosť  $m_1$ , ktorá predstavuje hmotnosť rámika (zmenšenú o hmotnosť prívažku), sme určili torznými váhami ako  $m_1 = (15 \pm 1)$  mg, udávaná chyba je chyba prístroja. Gravitačné zrýchlenie určíme z tabuliek [2] ako  $g = (9,81 \pm 0,01)$  m.s<sup>-1</sup>.

Na prípravu roztoku použijeme odmerný valec. Odmeriame rovnaký diel vody a liehu a zmiešame – tým dostaneme 50 % roztok. Na prípravu 25 % roztoku použijeme jeden diel 50 % roztoku a jeden diel čistej vody. Tak postupujeme, až kým nedosiahneme 0,78 % roztok etanolu.

Namerané hodnoty hmotnosti  $m_2$  potrebnej na odtrhnutie rámiku a hodnoty povrchového napätia  $\sigma$  sú v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka 1: namerané hodnoty

$c$	$t$	$m_2^i$					$\overline{m_2}$	$\zeta_{m_2}$	$\sigma \cdot 10^3$	$\zeta_\sigma$
[%]	[°C]	[mg]					[mg]	[mg]	[N.m <sup>-1</sup> ]	[N.m <sup>-1</sup> ]
100,00	23,0	106	105	106	106	105	<b>106</b>	1	<b>26</b>	1
50,00		110	108	109	109	109	<b>109</b>	1	<b>26</b>	1
25,00	27,0	179	178	180	180	179	<b>179</b>	1	<b>44</b>	2
12,50	24,5	227	228	226	227	229	<b>227</b>	2	<b>55</b>	3
6,25		265	263	262	264	263	<b>263</b>	2	<b>64</b>	3
3,13		290	291	291	289	290	<b>290</b>	1	<b>71</b>	3
1,56		309	309	310	308	309	<b>309</b>	1	<b>75</b>	4
0,78	22,5	320	319	320	319	320	<b>320</b>	1	<b>78</b>	4
0	22,0	322	325	323	322	322	<b>323</b>	2	<b>79</b>	4

$c$  – objemová koncentrácia etanolu

$t$  – teplota meranej kvapaliny

$m_2^i$  – jednotlivé namerané hodnoty hmotnosti  $m_2$  pre danú koncentráciu

$\overline{m_2}$  – stredná hodnota hmotnosti  $m_2$

$\zeta_{m_2}$  – chyba veličiny  $m_2$  určená ako spojenie štatistickej chyby z jednotlivých meraní  $m_2^i$  a chyby merania, ktorá bola odhadnutá ako 1 mg

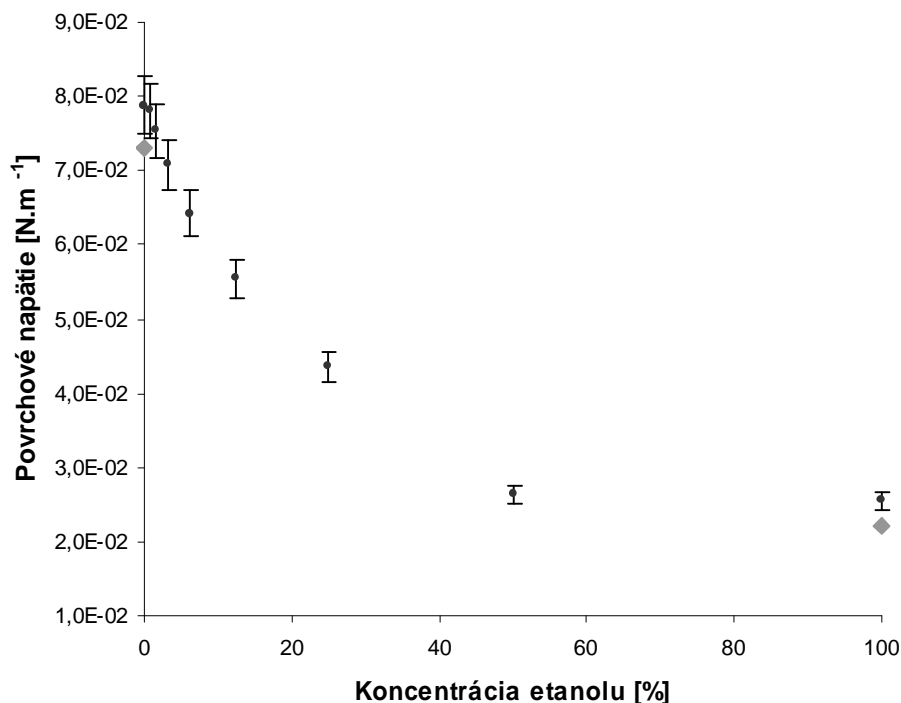
$\sigma$  – hodnota povrchového napätia určená podľa vzťahu (4)

$\zeta_\sigma$  – prenesená chyba z jednotlivých veličín zo vzťahu (4)

## 2. Graf závislosti povrchového napätia na koncentrácii

V nasledujúcom grafe je vynesená závislosť nameraného povrchového napätia od teploty.

Graf 1: závislosť povrchového napätia od teploty



*Chyba vynesená v grafe je chyba  $\zeta_\sigma$  z tabuľky 1. Svetlejšie štvorčeky znázorňujú tabuľkovú hodnotu povrchového napätia etanolu a vody.*

## Diskusia:

Relatívna chyba určenia povrchového napätia sa pohybuje okolo 4-5 %. Najväčší podiel na tejto chybe má chyba určenia dĺžky rámika  $l$ , ktorú sme odhadli ako 5 %, pretože dĺžka  $l$  v skutočnosti predstavuje dĺžku povrchovej vrstvy kvapaliny, na ktorú pôsobí meraná sila. Povrchové napätie nepôsobí len na drôtik, ale aj na zvislé časti rámčeka, preto je obtiažne presnejšie určiť túto dĺžku.

Okrem štatistických chýb je meranie zaťažené viacerými systematickými chybami. Pri meraní sme zanedbávali hrúbku drôtku, čo spôsobilo, že namerané hodnoty povrchového napätia vychádzajú väčšie ako skutočné povrchové napätie. Táto nepresnosť sa dá opraviť korekciou na hrúbku drôtu uvedenou v [1]. Oprava tvorí asi 7 – 10 % hodnoty povrchového napätia.

Pri miešaní vody a etanolu sa mení teplota roztoku, čo má tiež vplyv na hodnotu povrchového napätia. Pri našom experimente sa hodnota pohybuje od 22 °C do 27 °C, tieto zmeny sa prejavujú na tvare krivky závislosti. Keďže povrchové napätie s rastúcou teplotou klesá, graf nameranej závislosti má zrejme viac konvexný priebeh ako skutočná závislosť. Tieto chyby by sa dali eliminovať, keby sme počkali, kým sa teplota roztoku ustáli, meranie by však bolo časovo značne náročnejšie.

Roztoky etanolu a vody boli pripravované pomocou odmerného valca s presnosťou 0,1 ml, táto presnosť však platí len pre prvé meranie, pri opakovanom meraní sa nepresnosť zvyšuje. Navyše povrchové napätie je citlivé na zmenu koncentrácie aj pre veľmi malé koncentrácie etanolu, preto chyba spôsobená nepresným určením koncentrácie nemusí byť zanedbateľná hlavne pre malé koncentrácie etanolu. Chyba určenia objemu môže pre malé koncentrácie etanolu dosiahnuť až 10% hodnoty koncentrácie. Presnejšie určenie koncentrácie by sa dalo dosiahnuť použitím pyknometru.

Odchýlky mohli vzniknúť takisto vplyvom nedostatočnej čistoty rámika, keďže nečistoty majú vplyv na zmenu povrchového napätia. Podobne mohli vzniknúť odchýlky vplyvom odparovania etanolu, tieto nepresnosti sú však v porovnaní s ostatnými chybami zanedbateľné.

Tabuľková hodnota [2] povrchového napätia vody je daná ako  $s_v = 72,75 \cdot 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$  a povrchového napätia etanolu ako  $s_e = 22,3 \cdot 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$ . Namerané hodnoty sa nezhodujú s tabuľkovými ani v rámci chyby, čo je spôsobené pravdepodobne mnohými systematickými chybami, ktorými bolo meranie zaťažené. Napríklad s použitím korekcie na hrúbku drôtku by sa merania s tabuľkovými hodnotami zhodovali lepšie. Takisto lepšia presnosť by sa dala dosiahnuť eliminovaním teplotných rozdielov kvapaliny a presnejším pripravovaním roztokov.

### **Záver:**

Výsledky merania sú uvedené v tabuľke 1 a v grafe 1, nemožno ich však považovať za príliš relevantné vzhľadom k veľkému počtu systematických chýb, ktorými bolo meranie zaťažené. Väčšina týchto chýb by sa dala odstrániť dôkladnejším prevedením experimentu.

### **Literatúra:**

[1] D. Slavínská prom.fyz., CSc., I. Stulíková , CSc., P. Vostrý, CSc.: Fyzikální praktikum I., SPN Praha 1989

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