

## Úkol

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

## Teorie

Povrchově aktivní látky, v našem případě etylalkohol, způsobují snížení povrchového napětí. Závislost povrchového napětí vodného roztoku etylalkoholu lze měřit odtrhací metodou. Drátek délky  $l$  je vytahován z kapaliny silou  $F$ . Je-li drátek dostatečně tenký, platí [1]

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

Pomocí torzních vah změříme sílu  $P_0$ , působící v okamžiku odtržení drátku. Síla  $P_0$  je v tomto případě rovna  $2F$  a platí [1]

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

Sílu  $P_0$  formálně určíme jako rozdíl síly  $P_1$ , potřebné k vyvážení rámečku těsně pod hladinou kapaliny, a síly  $P_2$ , působící v momentu odtržení drátku od hladiny. Při výpočtech využijeme přesnějšího vztahu s korekcí na tloušťku použitého drátku. Jelikož je však v našich výpočtech síla  $P_0$  určována přímo z rozdílu hodnot naměřených torzními váhami bez započítání skutečných hmotností, v následujících vzorcích  $P_1$  a  $P_2$  nefigurují [1].

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

## Statistické vyhodnocení

Průměrná hodnota naměřených veličin při  $n$  měřeních je počítána podle vzorce aritmetického průměru [2]

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i.$$

Statistická chyba  $\sigma_{stat}$  aritmetického průměru se získá ze vztahu [2]

$$\sigma_{stat} = \frac{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}{\sqrt{n}}.$$

Absolutní chyba je potom získána z  $\sigma_{stat}$  a chyby měřidla  $\sigma_{měř}$  jako [3]

$$\sigma_{abs} = \sqrt{\sigma_{měř}^2 + \sigma_{stat}^2}$$

Chyba výpočtů se řídí zákonem přenosu chyb [4], lineární regrese podle metody nejmenších čtverců [5].

## Pomůcky

Posuvné měřidlo, mikrometr, torzní váhy, pinzeta, rámeček, destilovaná voda, etylalkohol, přívazky

## Výsledky měření

Měření probíhalo při teplotě 24.5°C.

Délka drátu (vnitřní šířka rámečku) byla měřena posuvným měřidlem.

$$l = (1.964 \pm 0.002) \times 10^{-2} \text{ m}$$

Průměr drátu byl měřen mikrometrem na třech místech.

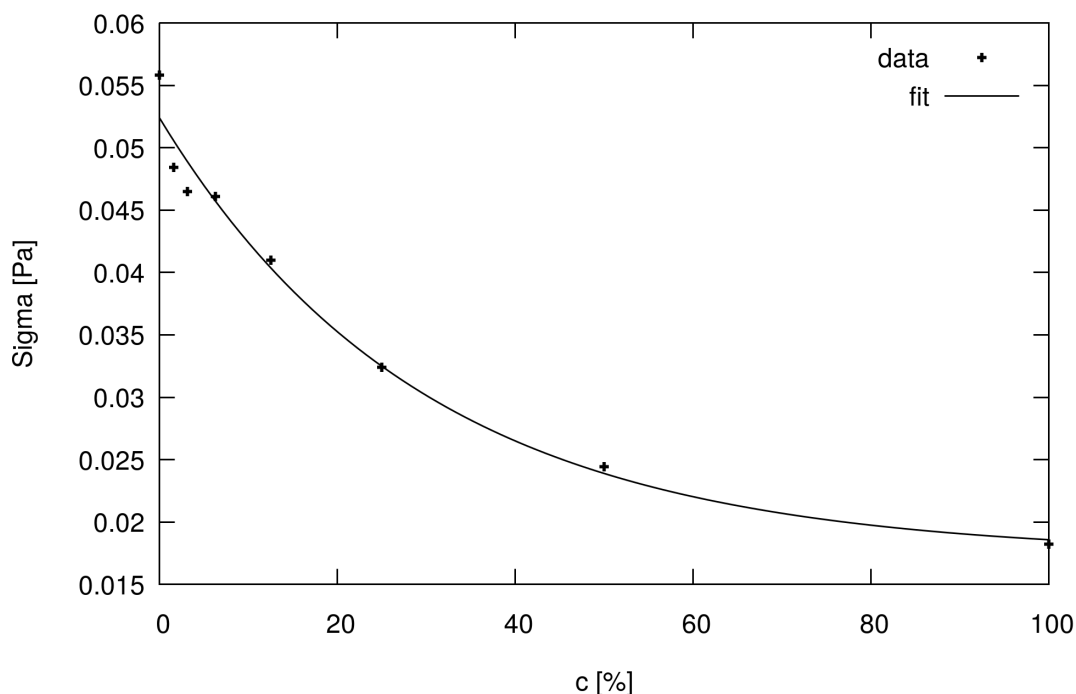
$$r = (0.60 \pm 0.01) \times 10^{-3} \text{ m}$$

V následující tabulce jsou uvedeny rozdíly hodnot naměřených torzními váhami  $\Delta m$  a hodnoty  $P_0$ . Pro výpočty je využita přibližná hodnota tíhového zrychlení  $g = 9.81 \text{ m s}^{-2}$ .

$c[\%]$	$\Delta m[\text{mg}]$	$P_0[\text{N}]$
100	117	0.00115
50	151	0.00148
25	190	0.00186
12.5	230	0.00226
6.25	253	0.00248
3.125	255	0.00250
1.5625	264	0.00259
0	297	0.00291

Tabulka 1:  $\Delta m$  a  $P_0$  v závislosti na koncentraci  $c$

Následující graf zachycuje závislost povrchového napětí počítaného pomocí (3). Lineární regrese byla provedena pomocí křivky  $y = ae^{bx} + c$ .



Obrázek 1: Graf závislosti povrchového napětí na koncentraci

	a	b	c
hodnota	0.035	-0.034	0.007
chyba	0.003	0.017	0.002

Tabulka 2: Parametry lineární regrese

## Diskuse

Tato metoda měření povrchového napětí je poměrně náchylná na různé chyby měření. Z možných systematických chyb způsobených prostředím lze uvést například vliv teploty okolního vzduchu, která jistě v průběhu měření nebyla zcela konstantní, nebo možnost znečištění kovových rámečků i při manipulaci pomocí pinzety. Z chyb způsobených měřením fyzikálních veličin je vhodné uvést problematické měření délky drátku  $l$ , kde kvůli realizaci rámečku je skutečná délka zkreslena pájenými spoji se stranami, a měření sil na torzních váhách, které je závislé na schopnosti experimentátora plynule otáčet řídicími kolečky.

V neposlední řadě se na nepřesnostech měření podílí fakt, že určení hodnoty síly, potřebné pro vyvážení rámečku pod hladinou kapaliny je velice subjektivní a může se lišit až o pět dílků stupnice.

## Závěr

Vypočtené hodnoty povrchového napětí vykazují exponenciální závislost na koncentraci vodného roztoku etylalkoholu.

## Literatura

- [1] Studijní text "Měření modulu pružnosti v tahu", dostupné z [http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/\\_media/zadani/texty/txt\\_109.pdf](http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/_media/zadani/texty/txt_109.pdf)
- [2] Doc. Mgr. Jakub Čížek, PhD.: prezentace Úvod do praktické fyziky, seminář 10, dostupné z <http://physics.mff.cuni.cz/kfnt/vyuka/upf/seminar10.pdf>
- [3] Doc. Mgr. Jakub Čížek, PhD.: prezentace Úvod do praktické fyziky, seminář 1, dostupné z <http://physics.mff.cuni.cz/kfnt/vyuka/upf/seminar1.pdf>
- [4] Doc. Mgr. Jakub Čížek, PhD.: prezentace Úvod do praktické fyziky, seminář 9, dostupné z <http://physics.mff.cuni.cz/kfnt/vyuka/upf/seminar9.pdf>
- [5] Doc. Mgr. Jakub Čížek, PhD.: prezentace Úvod do praktické fyziky, seminář 11, dostupné z <http://physics.mff.cuni.cz/kfnt/vyuka/upf/seminar11.pdf>