

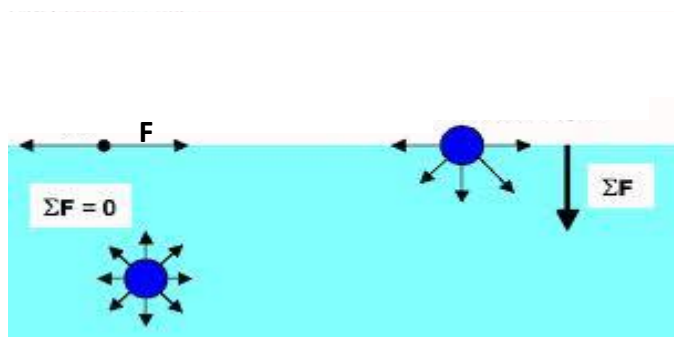
# Měření povrchového napětí



## Teorie

Povrchové napětí je definováno jako síla působící v povrchu kapaliny kolmo na jednotku délky. Máme-li v povrchu kapaliny úsečku délky  $l$ , působí na ni z obou stran kolmo síla  $F$  a pro povrchové napětí  $\sigma$  dostáváme vztah

$$\sigma = \frac{F}{l}. \quad (1)$$



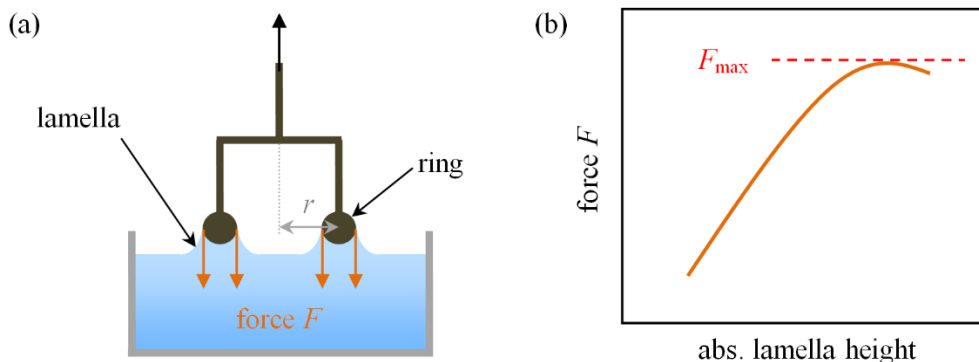
Obrázek 1: Silové působení pro molekuly uvnitř a na povrchu kapaliny

Povrchové napětí budeme měřit pomocí odtrhvací metody. K tomu použijeme hliníkový kroužek s ostrou hranou, který je zavěšen na hák siloměru. Vytahujeme-li kroužek o poloměru  $r$  z kapaliny, ulpívá na něm povrchová blanka kapaliny, která drží kroužek silou

$$2F = 2\sigma \cdot 2\pi r. \quad (2)$$

Jednoduchý vztah (2) platí, je-li kroužek dostatečně tenký, aby ho bylo možné celý zdvihnout nad hladinu okolní kapaliny, aniž by se povrchová blanka přetrhla. Dokud je síla  $P$ , kterou působíme na kroužek při zdvihání, menší než síla  $2F$ , neopustí drátek kapalinu. Jakmile  $P$  překročí hodnotu  $2F$ , drátek se od kapaliny odtrhne. Změříme-li sílu  $P_0$  v okamžiku odtržení, zjistíme hodnotu povrchového napětí  $\sigma$ . Síla  $P_0$  je v tomto případě rovna síle  $2F$  a pro povrchové napětí  $\sigma$  dostaneme z výrazu (2) vztah

$$\sigma = \frac{P_0}{4\pi r}. \quad (3)$$



Obrázek 2: Schéma odtrhávací metody

V našem případě nebudeme kroužek zvedat, kroužek bude zavěšen na siloměru stále ve stejné výšce, ale hladina zkoumané kapaliny bude plynule klesat snižováním zdvihací plošiny. Nejprve zvedneme plošinu tak, že vnoříme kroužek celý pod hladinu (nesmí se však dotýkat nádoby) a odečteme sílu na siloměru, označíme ji  $P_1$ . Poté plynule snižujeme plošinu, síla na siloměru stále stoupá a v okamžiku odtržení kroužku od kapaliny odečteme ze siloměru příslušnou sílu, označíme  $P_2$ . Velikost síly  $P_0$  potřebné k překonání povrchového napětí je potom

$$P_0 = P_2 - P_1. \quad (4)$$

Dosadíme-li z rovnice (4) do rovnice (3) získáme hledanou hodnotu povrchového napětí  $\sigma$ .

## Úkol

1. Vytvořte graf závislosti povrchového napětí na koncentraci etanolu v destilované vodě.
2. Určete povrchové napětí destilované vody, etanolu, ricinového oleje, glycerolu a vody s cukrem o dvou různých koncentracích.

### Bezpečnostní pokyny:

Zacházejte opatrně s kroužkem k určování povrchového napětí – je křehký.

Při zacházení s etanolem dodržujte dostatečnou vzdálenost od výparů. Pokud se vám udělá nevolno, běžte se v doprovodu dvojice projít na chodbu.

Kapaliny nepožívejte. V případě zasažení oka kapalinou ihned vypláchněte tekoucí vodou.

### Pomůcky:

Kroužek k určování povrchového napětí o průměru 20 mm, měřené kapaliny (slunečnicový olej a glycerol již připravené v kádinkách), siloměr o rozsahu 0,1 N, dvě 200ml kádinky, digitální teploměr, stojan, zdvihací plošina



**Obrázek 3: Ilustrační obrázek sestavy na měření povrchové napětí kapalin**

**Postup:**

- 1) Zkontrolujte sestavu podle obrázku 3. Ujistěte se, že máte všechny díly jak z obrázku, tak ze seznamu pomůcek.
- 2) Pro měření závislosti povrchového napětí na koncentraci etanolu v destilované vodě nejprve nalijte do kádinky 90 ml destilované vody. Změřte teplotu kapaliny a запиšte ji.
- 3) Na hák siloměru zavěste kroužek k určování povrchového napětí (dále jen kroužek).
- 4) Zvedněte plošinu otáčením šroubu tak, aby se kroužek celý ponořil do kapaliny.
- 5) Zapište hodnotu  $P_1$ , kterou ukazuje siloměr.
- 6) Pomalu snižujte plošinu a sledujte ukazatel siloměru. Hodnotu  $P_2$ , kterou siloměr ukazuje v okamžiku těsně před odtržením, si zaznamenejte.
- 7) Měření opakujte třikrát. Po měření sejměte opatrně kroužek a odložte jej na papírový ubrousek.
- 8) Poté do kádinky přilejte 10 ml etanolu naměřených v odměrném válci a zamíchejte. Opakujte měření podle bodů 4 až 6, opět třikrát.
- 9) Poté přilévejte do destilované vody takový objem etanolu, aby celkový objem v 90 ml destilované vody odpovídal objemům etanolu v tabulce 1. Vždy roztok pečlivě zamíchejte.
- 10) Jakmile získáte 50% roztok, změřte opět teplotu a запиšte si ji. Ve vašem protokolu diskutujte, proč došlo ke změně teploty.
- 11) Při měření koncentrací vyšších než 50 % postupujte obráceně, tzn., nejprve změřte povrchové napětí 90 ml 100% etanolu, poté přilévejte destilovanou vodu podle tabulky 1.
- 12) Pro měření jednotlivých kapalin postupujte následovně.
- 13) Nalijte do kádinky přibližně 200 ml kapaliny, jejíž povrchové napětí budete měřit. Seznam kapalin je v tabulce 2. Slunečnicový olej a glycerol již připravené v 600ml kádinkách.
- 14) Opakujte postup měření podle bodů 4 až 6, vždy proveďte trojí měření.
- 15) Z rovnice uvedené v teorii vypočítejte povrchové napětí kapalin, odvoďte chybu měření povrchového napětí.
- 16) Sestrojte graf závislosti povrchového napětí kapaliny roztoku etanolu na procentuálním objemu etanolu v destilované vodě. Procentuální objem získáte dopočítáním ze známých objemů. Zapište hodnoty na připravená místa v tabulce 1.
- 17) Vytvořte protokol popisující průběh vašeho měření, který bude obsahovat vámi naměřená data, výpočty měřené veličiny a její chyby, graf. Hodnoty povrchového napětí pro kapaliny z tabulky 2 porovnejte s hodnotami uvedenými v matematicko-fyzikálních tabulkách.

18) Na závěr shrňte výsledky svého snažení, vypočítejte a diskutujte chyby měření.

**Tabulka 1: Tabulka pro namíchání roztoků destilované vody a etanolu a pro zápis naměřených jednotek**

| Voda (ml) | Etanol (ml) | Podíl etanolu ve vodě (%) | Měření 1 (mN) | Měření 2 (mN) | Měření 3 (mN) | Průměr měření $P_2$ (mN) |
|-----------|-------------|---------------------------|---------------|---------------|---------------|--------------------------|
| 90        | 0           |                           |               |               |               |                          |
| 90        | 10          |                           |               |               |               |                          |
| 90        | 20          |                           |               |               |               |                          |
| 90        | 50          |                           |               |               |               |                          |
| 90        | 70          |                           |               |               |               |                          |
| 90        | 90          |                           |               |               |               |                          |

| Etanol (ml) | Voda (ml) | Podíl etanolu ve vodě (%) | Měření 1 (mN) | Měření 2 (mN) | Měření 3 (mN) | Průměr měření $P_2$ (mN) |
|-------------|-----------|---------------------------|---------------|---------------|---------------|--------------------------|
| 90          | 0         |                           |               |               |               |                          |
| 90          | 10        |                           |               |               |               |                          |
| 90          | 20        |                           |               |               |               |                          |
| 90          | 50        |                           |               |               |               |                          |
| 90          | 70        |                           |               |               |               |                          |
| 90          | 90        |                           |               |               |               |                          |

**Tabulka 2: Tabulka měřených kapalin**

| Kapalina          | Měření 1 (mN) | Měření 2 (mN) | Měření 3 (mN) | Průměr měření $P_2$ (mN) |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|--------------------------|
| Destilovaná voda  |               |               |               |                          |
| Etanol            |               |               |               |                          |
| Glycerol          |               |               |               |                          |
| Ricinový olej     |               |               |               |                          |
| Voda s cukrem 20% |               |               |               |                          |
| Voda s cukrem 40% |               |               |               |                          |