

# Téma: Určenie povrchového napätia kvapaliny z kapilárnej elevácie

Dátum: 5.12.2024

Vypracovala: Tamara Pohlodová, 2. C

Spolupracovali: Diana Pankuchová, Soňa Radačovská, Katarína Procházková, Ema Verešpejová

## Teoretický úvod:

Keď do širokej nádoby s vodou ponoríme úzku sklenú rúrku - **kapiláru** - pozorujeme, že v kapiláre vystúpi voda do istej výšky  $h$  nad voľnou hladinou vody v širokej nádobe. Výška stĺpca  $h$  je tým väčšia, čím je menší priemer kapiláry. Toto zvýšenie voľnej hladiny kvapaliny v kapiláre sa volá **kapilárna elevácia**. Podobný jav pozorujeme pri všetkých kvapalinách, ktoré zmáčajú steny kapiláry.

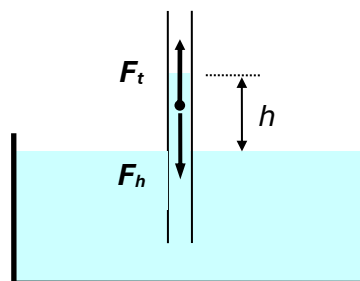
Po ponorení kapiláry do kvapaliny sa v kapiláre s polomerom  $R$  utvorí dutý povrch, ktorý má tvar polgule s polomerom  $R$ . Zakrivený dutý povrch kvapaliny v kapiláre pôsobí na kvapalinu silou  $F_t$ , v smere von z kvapaliny, teda proti hydrostatickej sile  $F_h$ . To má za následok, že v kapiláre vystúpi kvapalina do takej výšky  $h$ , aby hydrostatický tlak zodpovedajúci tomuto stĺpcu bol rovnaký ako kapilárny tlak zodpovedajúci zakriveniu povrchu. Uvedenú podmienku môžeme zapísať vzťahom :

$$p_h = p_k$$

$$\rho gh = \frac{2\sigma}{R}$$

odkiaľ po úprave dostaneme

$$\sigma = \frac{\rho ghR}{2}$$



kde  $\rho$  - je hustota použitej kvapaliny

$R$  - vnútorný polomer kapiláry

$g$  - tiažové zrýchlenie.

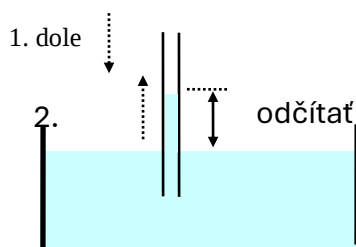
Odmeraním výšky  $h$  a polomeru  $R$  kapiláry a zo znalosti hustoty  $\rho$  kvapaliny možno určiť povrchové napätie kvapaliny pri danej teplote.

**Úloha:** Určte povrchové napätie kvapaliny z kapilárnej elevácie

**Pomôcky:** kapilárne trubice s rozličným vnútorným priemerom, posuvné meradlo s nóniom, nádoba s vodou

### Postup:

1. Odmerajte vnútorný priemer troch kapilár pomocou posuvného meradla s nóniom.
2. Meranie opakujte 5 krát pri každej použitej kapiláre.
3. Kapilárnu trubicu ponorte vo vertikálnej polohe do nádoby s kvapalinou, ktorej povrchové napätie určujete. Vedľa kapiláry umiestnite milimetrové meradlo.
4. Zasuňte kapiláru na dno nádoby a povytiahnite ju. Sledujte ako hladina kvapaliny v kapiláre zaujme rovnovážnu polohu. Odmerajte výšku  $h$  hladiny kvapaliny v kapiláre.



5. Meranie opakujte 5 krát pri každej použitej kapiláre.
6. Vypočítajte aritmetický priemer, odchýlku a relatívnu odchýlku merania povrchového napätia.

### Tabuľky nameraných hodnôt:

#### Priemer a polomery kapilár

|            | Počet meraní: $d/m$ |        |        |        |        | $R/m$  |
|------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|            | 1.                  | 2.     | 3.     | 4.     | 5.     |        |
| Kapilára 1 | 0,0040              | 0,0040 | 0,0040 | 0,0040 | 0,0040 | 0,0020 |
| Kapilára 2 | 0,0032              | 0,0032 | 0,0040 | 0,0032 | 0,0032 | 0,0016 |
| Kapilára 3 | 0,0030              | 0,0030 | 0,0030 | 0,0030 | 0,0030 | 0,0015 |

#### Výška vody v kapiláre

|            | Počet meraní: $h/m$ |        |        |        |        | Aritmetický priemer/ $m$ |
|------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------------------------|
|            | 1.                  | 2.     | 3.     | 4.     | 5.     |                          |
| Kapilára 1 | 0,0060              | 0,0065 | 0,0060 | 0,0060 | 0,0060 | 0,0061                   |
| Kapilára 2 | 0,0065              | 0,0070 | 0,0070 | 0,0075 | 0,0070 | 0,0070                   |
| Kapilára 3 | 0,0070              | 0,0080 | 0,0078 | 0,0080 | 0,0080 | 0,0776                   |

### Povrchové napätia

|            |                  |              |         |         |                     |
|------------|------------------|--------------|---------|---------|---------------------|
| Kapilára 1 | $\rho/kg.m^{-3}$ | $g/m.s^{-2}$ | $h_1/m$ | $R_1/m$ | $\sigma_1/N.m^{-1}$ |
|            | 1000,0000        | 10,0000      | 0,0061  | 0,0020  | 0,0610              |

|            |                  |              |         |         |                     |
|------------|------------------|--------------|---------|---------|---------------------|
| Kapilára 2 | $\rho/kg.m^{-3}$ | $g/m.s^{-2}$ | $h_2/m$ | $R_2/m$ | $\sigma_2/N.m^{-1}$ |
|            | 1000,0000        | 10,0000      | 0,0070  | 0,0016  | 0,0560              |

|            |                  |              |         |         |                     |
|------------|------------------|--------------|---------|---------|---------------------|
| Kapilára 3 | $\rho/kg.m^{-3}$ | $g/m.s^{-2}$ | $h_3/m$ | $R_3/m$ | $\sigma_3/N.m^{-1}$ |
|            | 1000,0000        | 10,0000      | 0,0776  | 0,0015  | 0,0582              |

### Výpočty:

$$\rho = 1000 \frac{kg}{m^3}$$

$$g = 10 \frac{m}{s^2}$$

$$\sigma_1 = \frac{\rho \times g \times h_1 \times R_1}{2} = \frac{1000kg.m^{-3} \times 10m.s^{-2} \times 0,0061m \times 0,0020m}{2} = 0,0610N.m^{-1}$$

$$\sigma_2 = \frac{\rho \times g \times h_2 \times R_2}{2} = \frac{1000kg.m^{-3} \times 10m.s^{-2} \times 0,0070m \times 0,0016m}{2} = 0,0560N.m^{-1}$$

$$\sigma_3 = \frac{\rho \times g \times h_3 \times R_3}{2} = \frac{1000kg.m^{-3} \times 10m.s^{-2} \times 0,0776m \times 0,0015m}{2} = 0,0582N.m^{-1}$$

Výpočet aritmetického priemeru výšky vody v **Kapiláre 1** :

$$0,0060 + 0,0065 + 0,0060 + 0,0060 + 0,0060 = 0,0305/5 = 0,0060 \text{ m}$$

Rovnako vypočítame ďalšie aritmetické priemery v tabuľke.

Aritmetický priemer sme pri priemeroch kapiláry nepočítali, pretože sme namerali rovnaké hodnoty.

$$R_1 = d_1/2 = (0,0040/2) \text{ m} = 0,0020 \text{ m}$$

Rovnako vypočítame ostatné polomery.

Aritmetický priemer vypočítaných povrchových napätí :

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3} = \frac{0,0610N.m^{-1} + 0,0560N.m^{-1} + 0,0582N.m^{-1}}{3} = 0,0584N.m^{-1}$$

**Odchýlka merania:**

$\sigma_1 = 0,0584 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$  (aritmetický priemer povrchových napätí)

$\sigma_0 = 0,0728 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$  (hodnota z tabuľky)

Absolútna odchýlka:

$$\Delta\sigma = \sigma_0 - \sigma_1 = 0,0728 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1} - 0,0584 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1} = 0,0144 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$$

Relatívna odchýlka:

$$\delta_\sigma = \frac{\Delta\sigma}{\sigma} \times 100 = \frac{(0,0728 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1} - 0,0584 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1})}{0,0728 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}} \times 100 = 19,78\%$$

**Záver:**

V tomto meraní sme zisťovali povrchové napätie vody v kapilárnej elevácii. Merania sme opakovali päťkrát pre každú kapiláru a získané hodnoty sme si zapísali do tabuľky.

Na základe nameraných údajov sme vypočítali povrchové napätie pre jednotlivé kapiláry a následne určili ich aritmetický priemer. Výsledná hodnota povrchového napätia vody nám vyšla  $\sigma_1 = 0,0584 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$  (to vykazuje relatívnu odchýlku 19,78%) oproti tabuľkovej hodnote  $\sigma = 0,0728 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$ . Odchýlka mohla vzniknúť v dôsledku nepresností pri meraní výšky hladiny kvapaliny v kapilárach alebo priemerov kapilár. Ďalším možným zdrojom chyby mohla byť odlišná teplota prostredia, v ktorom sme merali, keďže v tabuľke je uvedená teplota 20°C.