

Laboratórny protokol č.3

Téma: Určenie povrchového napätia kvapaliny z kapilárnej elevácie

Dátum: 4.12.2024

Trieda: 2.C

Vypracoval: Michalová Aneta

Spolupracovali: Kolačkovská Lea, Poperníková Eva, Sučková Katarína

Teoretický úvod: Keď do širokej nádoby s vodou ponoríme úzku sklennú 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 vzt'ahom :

$$p_h = p_k$$

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

Odkiaľ po úprave dostaneme:

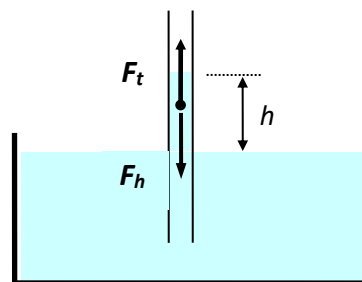
$$\sigma = \frac{\rho ghR}{2}$$

kde ρ - je hustota použitej kvapaliny

R - vnútorný polomer kapiláry

g - tiažové zrýchlenie.

Odmeraním výšky h a polomeru R kapiláry a zo znalosti hustoty ρ 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, sklenená vaňa
- Postup:
1. Odmerajte vnútorný priemer troch kapilár pomocou posuvného meradla s nóniom.
 2. Meranie opakujte 4-krát pri každej použitej kapiláre.
 3. Kapilárnu trubicu ponorte 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 4-krát pri každej použitej kapiláre.
 6. Vypočítajte aritmetický priemer, odchýlku a relatívnu odchýlku merania povrchového napätia.

Tabuľky:

d	1. [mm]	2. [mm]	3. [mm]	4. [mm]	d_{priem} [mm]
Kp ₁	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40
Kp ₂	6,44	6,45	6,45	6,45	6,45
Kp ₃	4,00	3,95	4,05	4,05	4,01
Kp ₄	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60

h	1. [mm]	2. [mm]	3. [mm]	4. [mm]	h_{priem} [mm]
Kp ₁	3,50	4,00	4,00	4,00	3,88
Kp ₂	0,40	0,50	0,50	0,30	0,43
Kp ₃	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Kp ₄	3,00	3,00	3,20	3,00	3,05

Priemer vnútorných priemerov kapilár:

Výpočty:

$$\overline{Kp_1} = \frac{|1+2...+n|}{n} = \frac{|3,40+3,40+3,40+3,40|mm}{4} \doteq 3,40mm$$

$$\overline{Kp_2} = \frac{|1+2...+n|}{n} = \frac{|6,44+6,45+6,45+6,45|mm}{4} \doteq 6,45mm$$

$$\overline{Kp_3} = \frac{|1+2...+n|}{n} = \frac{|4,00+3,95+4,05+4,05|mm}{4} \doteq 4,01mm$$

$$\overline{Kp_4} = \frac{|1+2...+n|}{n} = \frac{|3,60+3,60+3,60+3,60|mm}{4} \doteq 3,60mm$$

Priemer zdvihnutej hladiny:

$$\overline{Kp_1} = \frac{|1+2...+n|}{n} = \frac{|3,50+4,00+4,00+4,00|mm}{4} \doteq 3,88mm$$

$$\overline{Kp_2} = \frac{|1+2...+n|}{n} = \frac{|0,40+0,50+0,50+0,30|mm}{4} \doteq 0,43mm$$

$$\overline{Kp_3} = \frac{|1+2...+n|}{n} = \frac{|1,50+1,50+1,50+1,50|mm}{4} \doteq 1,50mm$$

$$\overline{Kp_4} = \frac{|1+2...+n|}{n} = \frac{|3,00+3,00+3,20+3,00|mm}{4} \doteq 3,05mm$$

$$\sigma_{Kp_1} = \frac{\rho ghR}{2} = \frac{1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot 3,88 \cdot 10^{-3} m \cdot 1,7 \cdot 10^{-3} m}{2} \doteq 32,28 \cdot 10^{-3} Nm^{-1}$$

$$\sigma_{Kp_2} = \frac{\rho ghR}{2} = \frac{1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot 0,43 \cdot 10^{-3} m \cdot 3,225 \cdot 10^{-3} m}{2} \doteq 6,73 \cdot 10^{-3} Nm^{-1}$$

$$\sigma_{Kp_3} = \frac{\rho ghR}{2} = \frac{1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} m \cdot 2,005 \cdot 10^{-3} m}{2} \doteq 14,74 \cdot 10^{-3} Nm^{-1}$$

$$\sigma_{Kp_4} = \frac{\rho ghR}{2} = \frac{1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot 3,05 \cdot 10^{-3} m \cdot 1,8 \cdot 10^{-3} m}{2} \doteq 26,90 \cdot 10^{-3} Nm^{-1}$$

Priemerné povrchové napätie

$$\bar{\sigma} = \frac{|1+2...+n|}{n} = \frac{|32,28 \cdot 10^{-3} + 6,73 \cdot 10^{-3} + 14,74 \cdot 10^{-3} + 26,90 \cdot 10^{-3}|Nm^{-1}}{4} \doteq 20,16 Nm^{-1}$$

Odchýlka:

$$\sigma \text{ vody podľa MFChT} = 73 \cdot 10^{-3} \text{ Nm}^{-1}$$

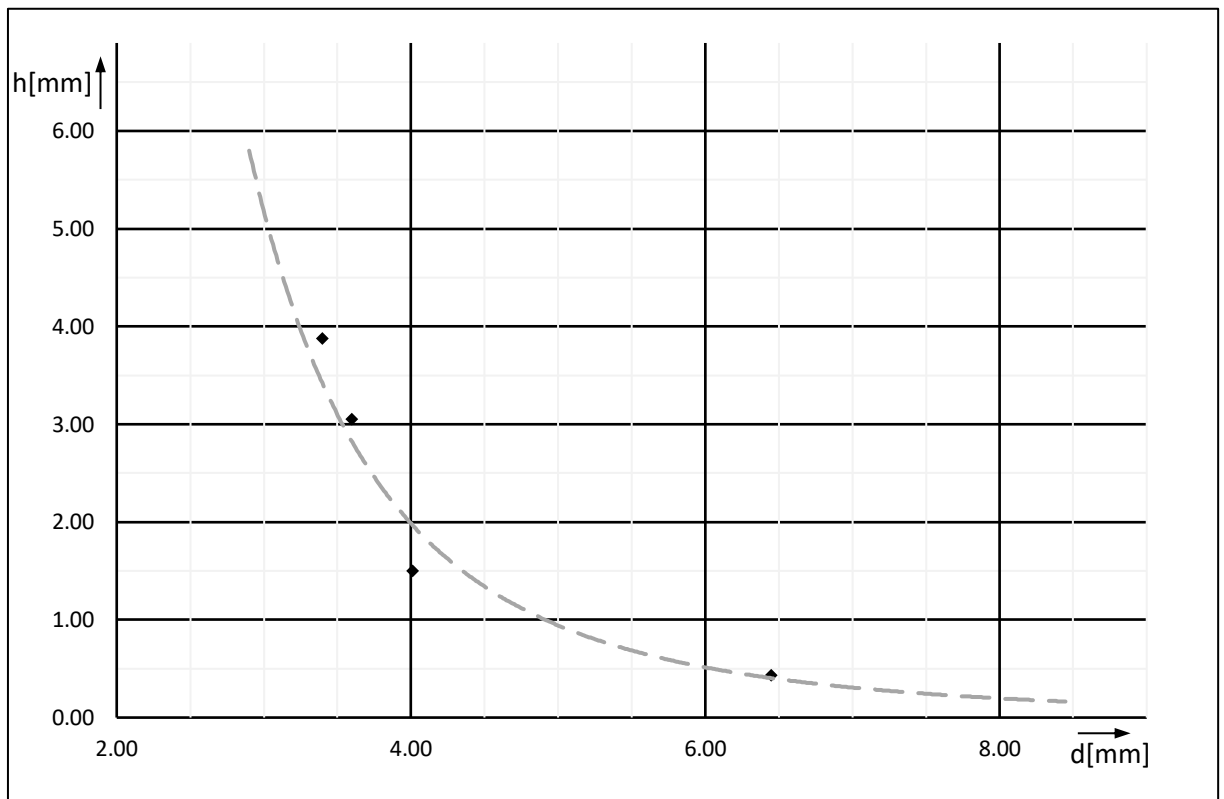
Absolútna odchýlka:

$$\Delta\sigma = \sigma - \bar{\sigma} = 73 \cdot 10^{-3} - 20,16 \cdot 10^{-3} = 52,48 \cdot 10^{-3}$$

Relatívna odchýlka:

$$\varepsilon = \frac{\Delta\sigma}{\sigma} \cdot 100\% = \frac{|52,48 \cdot 10^{-3}|}{73 \cdot 10^{-3}} \cdot 100\% = 72,38\%$$

Graf:



Záver:

Cieľom experimentu bolo určiť povrchové napätie vody pomocou javu kapilárnej elevácie. Pri meraniach sme použili štyri kapilárne trubice s rôznymi priermi. Na základe opakovaných meraní sme vypočítali priemerné hodnoty priemerov kapilár a výšky hladiny vody, ktorá bola zdvihnutá v kapilárach.

Zistené hodnoty ukázali, že priemery kapilár sa pohybovali od 3,40 mm po 6,45 mm, a výšky zdvihnutej hladiny sa pohybovali od 0,43 mm po 3,88 mm. Tieto údaje sme použili na výpočet povrchového napätia vody. Výsledky však ukázali, že odchýlky meraní neboli zanedbateľné. Rozdiely v jednotlivých meraniach mohli byť spôsobené napríklad nepresnosťou pri odčítavaní výšky hladiny na milimetrovom meradle, prípadne pri meraní priemeru kapilár posuvným meradlom.

Aj napriek väčším odchýlkam experiment potvrdil teoretický predpoklad a poskytol približnú hodnotu povrchového napätia vody, ktorá sa blížila hodnote v literatúre. Taktiež sme dokázali, že výška vodného stĺpca v kapiláre je nepriamo úmerná jej priemeru. Získané skúsenosti ukázali dôležitosť presnosti pri meraniach a dôslednosti pri opakovaní pokusov, aby sa minimalizovali chyby a zlepšila presnosť výsledkov.