

4 Povrchové napätie kvapalín

Teória

Povrch kvapaliny má v dôsledku existencie molekulárnych síl iné vlastnosti ako ostatná kvapalina. Všetky molekuly nachádzajúce sa v povrchovej vrstve kvapaliny majú tzv. povrchovú energiu. Povrchová energia povrchovej vrstvy kvapaliny je úmerná veľkosti povrchu kvapaliny. V súvislosti s existenciou tejto energie sa kvapalina – v prípade, že nie je v styku s telesami, ktoré zmáča – ustáli tak, aby jej povrch bol minimálny.

Povrchové napätie σ je definované silou pôsobiacou kolmo na jednotkovú dĺžku (dĺžkového prvku) kvapaliny v tangenciálnom smere k povrchu,

$$\sigma = \frac{dF}{dl}$$

Celková sila F pôsobiaca na dĺžke l je teda

$$F = \sigma \cdot l \quad (4.1)$$

Jedným z prejavov povrchového napätia je zvýšenie hladiny kvapaliny v kapilárach, ktorých steny kvapalina zmáča (kapilárna elevácia). V prípade, že tiažová sila pôsobiaca na stĺpček kvapaliny v kapiláre (nad ostatnou hladinou) je v rovnováhe s celkovou silou pôsobiacou na obvode kapiláry smerom nahor, platí

$$\pi r^2 h \cdot \rho \cdot g = 2\pi r \cdot \sigma \cdot \cos \varphi \quad (4.2)$$

kde r je polomer kapiláry, h je výška stĺpca nad hladinou, ρ – hustota kvapaliny, g je tiažové zrýchlenie a φ tzv. krajný uhol. Za predpokladu dokonalého zmáčania ($\cos \varphi = 1$) platí pre povrchové napätie

$$\sigma = \frac{h \cdot \rho \cdot r \cdot g}{2} \quad (4.3)$$

Úvaha vedúca k tomuto vzťahu, využívajúca jav kapilárnej elevácie je základom jednej metódy určovania povrchového napätia.

Schopnosť kvapalín zmenšovať veľkosť povrchu, o ktorej sme sa zmienili na začiatku tejto state, sa dobre prejavuje, ak je kvapalina v menšom množstve. Minimálny povrch, ktorý môže kvapalina daného objemu mať, je v prípade jej guľového tvaru. V malom množstve má kvapalina tvar blízky guľovému – kvapkový.

4.1 Metóda kapilárnej elevácie

Pracovný postup

1. Kapiláru očistíme (necháme 20 min. v chrómsírovej zmesi, prepláchneme vodou a vysušíme).
2. Kapiláru vsunieme hlbšie do meranej kvapaliny (destilovanej vody) a po chvíli povytiahneme o niekoľko milimetrov, upevníme pomocou držiaka a po ustálení zmeriame výšku h dolného okraja menisku od vodorovnej hladiny mimo kapiláry. Povytiahneme kapiláru ešte viac a opäť zmeriame h . Týmto spôsobom zmeriame h päťkrát a určíme aritmetický priemer. Odmeriame ešte teplotu vody a z tabuliek

určíme jej hustotu pri tejto teplote (v súčasnosti sa používa kapilára s polomerom $r = 0,69 \text{ mm}$).

3. Pomocou (4.3) vypočítame povrchové napätie.

Kontrolné otázky

A.

1. Definujte povrchové napätie.
2. Prečo sa neprejavuje povrchové napätie na súvislom povrchu kvapaliny (iba na ohraničeniach danej kvapaliny)?
3. Uvedte spôsob, resp. opište zariadenie, akým by bolo možné pozorovať účinok povrchového napätia.

B.

1. Vyjadrite nájdenú hodnotu povrchového napätia v sústave SI a vyjadrite aj percentuálnu odchýlku PO nameranej hodnoty σ_E od tabuľkovej σ_T pomocou vzťahu

$$PO = \frac{|\sigma_E - \sigma_T|}{\sigma_T} \cdot 100\% .$$

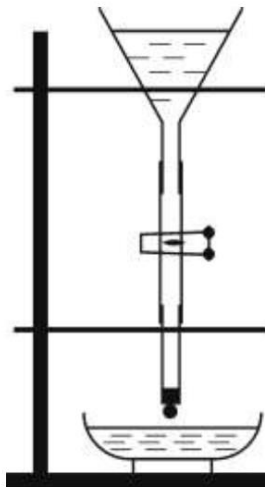
4.2 Kvapková metóda

Pri kvapkovej metóde sa určuje hmotnosť (m_1) definovaného počtu kvapiek (v našom prípade 50) kvapaliny ktorej povrchové napätie chceme zistiť σ_1 a hmotnosť (m_2) definovaného počtu kvapiek (v našom prípade 50) referenčnej kvapaliny (destilovaná voda) ktorej povrchové napätie σ_2 poznáme. V prípade že nedojde k zmiešaniu kvapalín platí pre pomer povrchových napätí vzťah (4.4)

$$\sigma_1 : \sigma_2 = m_1 : m_2 \quad (4.4)$$

Pracovný postup:

1. Pripravíme si zariadenie podľa obrázka 1. Tlačku na pružnej hadičke zatiahneme a do lievika nalejeme destilovanú vodu.



Obr. 1. Lievik s kvapačkou

2. Odvážime si hodinové sklíčko s označením H₂O (hmotnosť m_{01}) a necháme doň nakvapkať 50 kvapiek destilovanej vody. Určíme hmotnosť tohto množstva destilovanej vody spolu so sklíčkom – m_1 . Určíme hmotnosť 50 kvapiek destilovanej vody ako rozdiel hmotnosti m_1 a m_{01} .
3. Vysušíme lievnik a nalejeme doň 85% lieh. Na druhé odvážené hodinové sklíčko s označením lieh (hmotnosť m_{02}) necháme nakvapkať 50 kvapiek 85% liehu a určíme hmotnosť nakvapkanej kvapaliny – m_2 . Určíme hmotnosť 50 kvapiek 85% liehu ako rozdiel hmotnosti m_2 a m_{02} . Po experimente lievnik vypláchneme vodou.
4. Neznáme povrchové napätie 85% liehu σ_1 určíme zo vzťahu (4.4), pričom ako druhú kvapalinu uvažujeme destilovanú vodu, ktorej povrchové napätie určíme z tabuliek.
6. Vypočítame $PO = \frac{|\sigma_E - \sigma_T|}{\sigma_T} \cdot 100\%$ stanovenej hodnoty povrchového napätia 85% liehu.

Poznámka:

Tabuľková hodnota povrchového napätia 85% liehu $\sigma_{85\% \text{ lieh}} = 0,05 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$.

Kontrolné otázky:

A.

1. Definujte povrchové napätie.
2. Prečo sa neprejavuje povrchové napätie na súvislom povrchu kvapaliny (iba na ohraničeniach danej kvapaliny)?
3. Uvedte spôsob, resp. opíšte zariadenie, akým by bolo možné pozorovať účinok povrchového napätia.

B.

1. Vyjadrite vypočítanú hodnotu povrchového napätia daných kvapalín a vyjadrite aj percentuálnu odchýlku nameraných hodnôt od tabuľkových pri použitých metódach.

Vyhodnotenie