

**13. ročník, úloha VI. E ... povrchové napětí vody** (8 bodů; průměr ?; řešilo 35 studentů)

Změřte závislost povrchového napětí vody na teplotě. Metodu měření si můžete vybrat sami.

Metodu měření této experimentální úlohy jste si mohli vybrat. Uvedeme nejprve, jaké metody jste využívali

**Odtrhávací metoda**

Do kapaliny ponoříme drátěný rámeček tak, aby byla ponořena jenom jedna jeho strana, a to těsně pod hladinou. Měříme sílu, kterou musíme působit, abychom vytáhli celý rámeček z vody. Pro toto měření jsou vyráběny speciální torzní váhy, s jejichž užitím můžeme dosáhnout velmi přesných výsledků.

**Ponořování drátků**

O něco dostupnější je následující metoda: Na hladinu položíme drátky z různých materiálů o různých průměrech tak, aby plavaly. Vodu začneme zahřívát a drátky se nám budou postupně ponořovat. Pro právě se ponořující drátek o délce  $d$  a poloměru  $r$  z materiálu o hustotě  $\rho$  platí rovnost tíhové a povrchové síly (povrchové napětí značíme  $\sigma$ )

$$2d\sigma = \pi r^2 d\rho g.$$

Po úpravě dostaneme povrchové napětí vody

$$\sigma = \frac{1}{2} \pi r^2 \rho g.$$

Stačí si tedy poznamenat teplotu, při které se příslušný drátek potopil, změřit (nebo jinak zjistit) jeho poloměr a hustotu a jeden bod do grafu je na světě. Z výše uvedeného jasně plyne, že potřebujeme přesně tolik různých drátků, kolik bodů do grafu závislosti  $\sigma$  na teplotě chceme získat.

**Kapková metoda**

Velice často využívaná byla kapková metoda. Kapeme-li vodu z kapiláry (kapátka), kapka nám upadne právě v tom okamžiku, kdy se její tíha rovná povrchové síle, která ji u kapátka drží.

$$mg = \sigma 2\pi r.$$

Určení poloměru kapky  $r$  (nebo spíše jejího „krčku“) je problematické. Metoda se proto často využívá jako srovnávací. Známost kapalinou si používané kapátko zkalibrujeme (ze známého  $\sigma$  spočteme  $r$ ) a poté měříme neznámou kapalinu. Řada řešitelů si kapátko zkalibrovala pomocí vody 20°C teplé, jejíž povrchové napětí je podle tabulek  $\sigma = 72,75 \cdot 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$ . Budiž. Hmotnost jedné kapky změříme snadno tak, že si jich odkapeme např. 100 a ty pak zvážíme (či změříme objem). Je třeba dávat pozor na chladnutí vody, při odkapávání se může voda poměrně významně ochlazovat.

**Metoda kapilární elevace**

Do nádoby s vodou o známé teplotě  $T$  ponoříme kapiláru. Vlivem povrchových sil voda v kapiláře vystoupá do výšky  $h$ . V případě, že voda kapiláru dokonale smáčí, platí rovnost sil (podobně i rovnost kapilárního a hydrostatického tlaku)

$$2\pi r\sigma = \pi r^2 h\rho g.$$

Z toho

$$\sigma = \frac{1}{2} r h \rho g.$$

Je opět třeba dávat pozor na to, aby voda v kapiláře měla stejnou teplotu jako ukazuje náš teploměr. Abychom dosáhli lepšího smáčení stěny kapiláry je třeba, aby byla úplně čistá. Při samotném měření výšky sloupce vody v kapiláře postupujeme nejlépe tak, že kapiláru nejprve téměř celou ponoříme a poté ji začneme z vody vytahovat a pozorujeme, kdy ze hladina vody v kapiláře začne stabilizovat. Jiné postupy měření dávaly často poměrně nereprodukovatelné výsledky. Průměr kapiláry měříme tak, že do ní zasuneme jehlu, kam až to jde, a v místě, po které jsme jehlu zastrčili, změříme její průměr mikrometrem.

Jaké měly vyjít výsledky? Fyzikální a matematické tabulky (Brož a kol. SNTL 1980) uvádí, že  $\sigma$  klesá od  $72,75 \cdot 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$  pro  $20^\circ\text{C}$  přes  $69,6 \cdot 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$  pro  $40^\circ\text{C}$ ,  $66,2 \cdot 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$  pro  $60^\circ\text{C}$  k  $62,6 \cdot 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$  pro  $80^\circ\text{C}$ , z čehož vidíme, že závislost je přibližně lineární. Pro teploty vyšší než  $80^\circ\text{C}$  je měření již značně ztíženo počínajícím varem vody. Většina řešitelů skutečně dospěla ke klesající závislosti  $\sigma$  na teplotě, většinou však podcenili systematické chyby použitých postupů.

*Jiří Franta*