Oddělení fyzikálních praktik při Kabinetu výuky obecné fyziky MFF UK

PRAKTIKUM I – Mechanika a molekulová fyzika

Úloha č. IV.

Název: Určení závislosti povrchového napětí na koncentraci povrchově aktivní látky

Pracoval: Radim Pechal stud. skup. Y – 16 dne 25. března 2008

Odevzdal dne: .....

Hodnocení:.....

Připomínky:

Kapitola referátu	Možný počet bodů	Udělený počet bodů
Teoretická část	0 – 3	
Výsledky měření	0 – 9	
Diskuse výsledků	0 – 5	
Závěr	0 – 2	
Seznam použité literatury	0 – 1	
Celkem	max. 20	

Teoretický úvod

Povrchové napětí σ je charakteristickou veličinou kapalin. Určuje sílu působící kolmo na jednotkovou délku všech možných myšlených řezů povrchem dané kapaliny. Povrchové napětí kapaliny nejvíce ovlivňuje její složení. Látky, které způsobují snížení povrchového napětí se nazývají povrchově aktivní.

K měření povrchového napětí se používá odtrhávací metoda. Jedná se o přímou metodu. Měří se síla, která je potřebná k vytažení drátku délky l z kapaliny. Při použití dostatečně tenkého drátku je možno získat povrchové napětí ze vztahu

$$\sigma = \frac{P}{2 \cdot l} \tag{1}$$

kde P je síla potřebná k odtržení rámečku. Pro určení síly P se používají rovnoramenné váhy založené na principu stáčení torzně namáhaného vlákna. Tyto váhy měří v rozmezí 0 až $500mg$. Při vážení s těmito vahami se nejdříve zavěsí rámeček, kterým se provede měření, na jedno z vahadel. Po té je vhodné zavěsit na druhé z vahadel podobný rámeček tak, aby se váhy vyvážily. Při samotném měření se pak určuje síla, která je potřeba k odtrhnutí rámečku z kapaliny.

Vztah (1) je zatížen systematickou chybou, která je dána zanedbáním tloušťky drátu o průměru d a tak zanedbáním vztlakové síly. Proto je lepší pro výpočet povrchového napětí použít vztah (2), který nezanedbává vliv povrchového napětí

$$\sigma = \frac{P_0}{2 \cdot l} - \frac{d}{2} \cdot \left(\sqrt{\frac{P \varrho g}{l}} - \frac{P}{l^2} \right) \tag{2}$$

kde ϱ je hustota kapaliny. Pokud je zkoumanou kapalinou roztok, je možné určit hustotu z koncentrace c_m kapaliny s hustotou ϱ_1 v kapalině s hutotou ϱ_2

$$\varrho = c_m \cdot \varrho_1 + (1 - c_m) \cdot \varrho_2 \tag{3}$$

Povrchové napětí závisí na teplotě, proto je vhodné po namíchání zkušebního roztoku tuto látku temperovat na pěvně zvolenou teplotu. Nejvhodnější je vzorek udržovat na teplotě $20°C$. Neboť naměřené hodnoty se pak dají srovnávat s tabulkovými hodnotami. Pokud je v laboratoři vyšší teplota, tak by docházelo ke změně povrchového napětí vzorku, proto je lepší uržovat vzorek na teplotě vzduchu v laboratoři.

Výsledky měření

Měřil jsem při počáteční teplotě okolí $23°C$. Tato teplota však během měření klesla na $22,5°C$.

K měření jsem použil vodné roztoky lihu o objemových koncentracích $c_m 1$, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{32}$, $\frac{1}{64}$. Také jsem změřil povrchové napětí destilované vody (vzorek o koncentraci 0).

Průměr drátku $d = (0,61 \pm 0,01)mm$

Délka drátku $l = (19,50 \pm 0,05)mm$

Místní gravitační zrychlení jsem určil z tabulek [2.] $g = 9,810769m \cdot s^{-2}$

c_m	$m_1[mg]$	$m_2[mg]$	$m_3[mg]$	$m_4[mg]$	$m_5[mg]$	$\tilde{m}[mg]$	$\sigma[mg]$
1	118	118	119	119	118	118,4	0,3
$\frac{1}{2}$	147	150	149	150	149	149,0	1,5
$\frac{1}{4}$	185	188	187	187	186	186,6	1,3
$\frac{1}{8}$	231	231	229	229	230	230,0	1,0
$\frac{1}{16}$	261	260	259	257	259	259,2	2,2
$\frac{1}{32}$	263	263	262	265	264	263,4	1,3
$\frac{1}{64}$	259	259	259	261	260	259,6	0,8
0	269	268	267	268	266	267,6	1,3
0	314	315	311	313	313	313,2	2,2

Tabulka 1: Naměřená závislost síly na koncentraci

Z naměřených hmotností určím sílu P jako $P = m \cdot g$, kde m jsou změřené hmotnosti v tabulce 1. K měření jsem používal torzní váhy, na kterých jsem měřil s chybou $\pm 0,5mg$.

Z takto naměřených dat jsem určil povrchové napětí σ_1 se zanedbáním vztlakové síly. Pro výpočet jsem použil vztah (1). Dále jsem určil povrchové napětí σ_2, kde jsem pro výpočet použil vztah (2) se zohledněnou vztlakovou silou. K tomuto výpočtu jsem také potřeboval určit hustotu měřené látky ϱ ze vztahu (3). Hustota vody je podle [2.] $\varrho_2 = 998,0Kg \cdot m^{-3}$ pro teplotu $20°C$ a hustota lihu $\varrho_1 = 789,0Kg \cdot m^{-3}$.

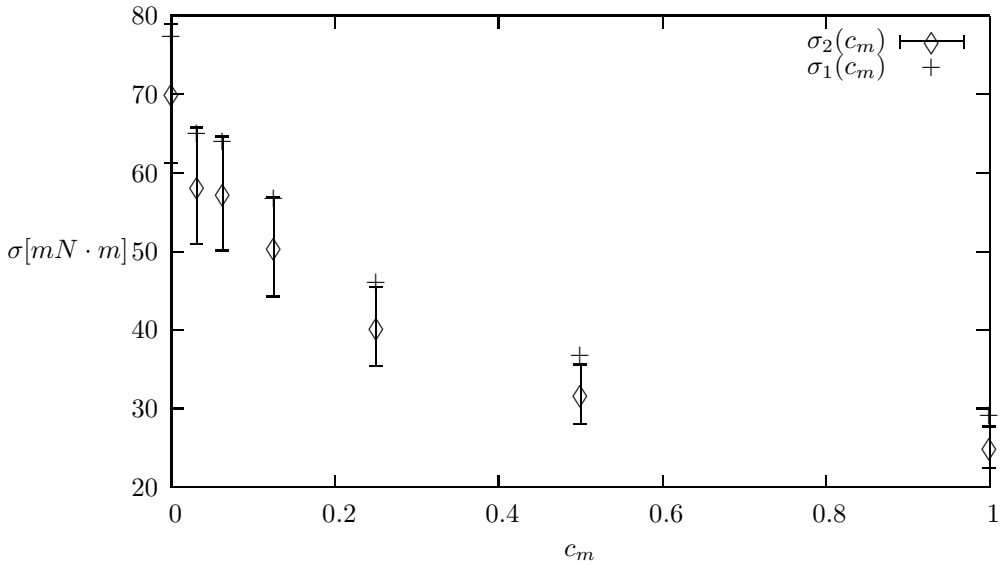
c_m	σ_1	ϱ	σ_2
	$mN \cdot m^{-1}$	$Kg \cdot m^{-3}$	$mN \cdot m^{-1}$
1	$29,22 \pm 0,13$	$789,0 \pm 0,8$	$25,1 \pm 2,7$
$\frac{1}{2}$	$36,77 \pm 0,14$	$893,5 \pm 4,5$	$31,9 \pm 3,8$
$\frac{1}{4}$	$46,05 \pm 0,16$	$945,8 \pm 2,4$	$40,5 \pm 5,0$
$\frac{1}{8}$	$56,76 \pm 0,18$	$971,9 \pm 1,4$	$50,6 \pm 6,3$
$\frac{1}{16}$	$63,97 \pm 0,20$	$984,9 \pm 1,1$	$57,4 \pm 7,2$
$\frac{1}{32}$	$65,01 \pm 0,20$	$991,5 \pm 1,0$	$58,4 \pm 7,4$
$\frac{1}{64}$	$64,07 \pm 0,20$	$994,7 \pm 1,0$	$57,4 \pm 7,3$
0	$66,04 \pm 0,20$	$998,0 \pm 1,0$	$59,3 \pm 7,6$
0	$77,30 \pm 0,23$	$998,0 \pm 1,0$	$70,1 \pm 8,8$

Tabulka 2: Závislost povrchového napětí na koncentraci

Měření jsem zastavil při koncentraci $\frac{1}{64}$, neboť výsledná vztlaková síla byla nižší než pro koncentraci $\frac{1}{32}$, což značilo znehodnocení vzorku. Tuto hodnotu jsem nezanesl z důsledku hrubé chyby do grafu.

Destilovanou vodu (koncentraci 0) jsem měřil dvakrát. Na počátku pokusu mi vyšlo povrchové napětí se započtenou vztlakovou silou $\sigma = (70,1 \pm 8,8)mN \cdot m{-}1$. Při měření na konci, se však naměřená hodnota výrazně lišila (viz. Diskuse výsledků), proto jsem do následujícího grafu zanesl pouze hodnotu pro koncentraci 0 naměřenou na počátku měření.

V grafu 1 jsem znázornil jednak povrchové napětí σ_1 vypočítané podle vztahu (1) a povrchové napětí σ_2 se zohledněnou vztlakovou silou počítané podle vztahu (2). Pro σ_2 jsem do grafu znázornil také chybové úsečky. Chyby σ_1 jsou natolik malé, že použití chybových úseček by pouze znepřehlednilo graf.



Graf 1: Závislost povrchového napětí na koncentraci

Diskuse výsledků

Při měření se ukázalo jako největší problém připravení roztoku o dané koncentraci. Postupoval jsem tak, že jsem postupně zřeďoval roztok vždy v poměru 1 : 1 s destilovanou vodou. K ředění jsem používal pyknometr. Použitá metoda přípravy vzorku měla za následek, že se nepřesnost koncentrace postupně zvyšovala. Pro koncentraci $\frac{1}{64}$ bylo výsledné povrchové napětí nižší, než pro koncentraci $\frac{1}{32}$, což odporovalo teorii. To znamenalo že je vzorek již nepoužitelný. Zde jsem měření ukončil.

Opětovné přeměření koncentrace 0 ukázalo, že používaný rámeček je pravděpodobně znečištěný proběhlými měřeními. Očekávaná závislost povrchového napětí na koncentraci je exponenciální a z grafu 1 je vidět, že již hodnota pro koncentraci $\frac{1}{32}$ je menší, než bych očekával.

Při určování chyby určení hustoty jsem vycházel z předpokladu, že každým ředěním vzorků se dopouštím chyby ± 5 % v určení koncentrace. Pro hodnoty koncentrace 0 a 1 jsem odhadl, že se dopouštím chyby asi 1 % z důvodu odlišné teploty udávané tabulkami (z tabulek znám hodnotu hustoty pro teplotu $20°C$, ale v laboratoři byla teplota $23°C$).

Povrchové napětí v závislosti na koncentraci jsem počítal podle vztahu (1). Výsledné hodnoty povrchového napětí mají v porovnání s hodnotami počítanými podle vztahu (2) menší chyby. Je to dáno tím, že při zanedbání vztlakové síly se ve vzorci neprojeví chyba daná nepřesností při přípravě vzorku. Tato chyba se ve vztahu (2) projeví jako chyba hustoty kapaliny.

Tabulková hodnota povrchového napětí je pro destilovnou vodu $\sigma_0 = 0,022N \cdot m$ a pro líh $\sigma_1 = 0,073N \cdot m$. V porovnání s naměřenými hodnotami je zřejmé, že hodnota měřená na konci měření byla zatížena hrubou chybou. Pro měření na počátku měření je tabulková hodnota v rozsahu chyby měření. Pro čistý líh je hodnota menší. Může to být dáno nečistotami na laboratorním skle, nebo rozdílnou teplotou. Neboť tabulkové hodnoty pobrchového napětí jsou udávány pro $20°C$.

Závěr

Proměřil jsem závislost povrchového napětí roztoku lihu ve vodě při teplotě $23°C$. Část výsledků je ve shodě s očekávanými hodnotami. Část výsledků byla zatížena hrubou chybou. Výsledné hodnoty:

c_m	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{32}$	0
$\sigma_2[mN \cdot m]$	$25,1$	$31,9$	$40,5$	$50,6$	$57,4$	$58,4$	$70,1$
$\delta_{\sigma_2}[mN \cdot m]$	$\pm 2,7$	$\pm 3,8$	$\pm 5,0$	$\pm 6,3$	$\pm 7,23$	$\pm 7,40$	$\pm 8,84$

Tabulka 3: Výsledné hodnoty závislosti povrchového napětí na koncentraci

Seznam použité literatury

[1.] *Studijní materiály na stránkách fyzikálního praktika*. http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/
[2.] Kolektiv: *Matematicko fyzikální tabulky pro střední školy*, SPN Bratislava 2002