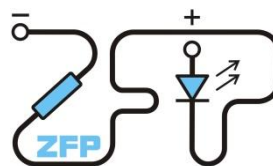


Kabinet výuky obecné fyziky, UK MFF

Fyzikální praktikum I



Úloha č. XIV

Název úlohy: Studium teplotní závislosti povrchového napětí

Jméno: Ondřej Skácel

Obor: FOF

Datum měření: 20.4.2015

Datum odevzdání:

Připomínky opravujícího:

	Možný počet bodů	Udělený počet bodů
Práce při měření	0 - 5	
Teoretická část	0 - 1	
Výsledky měření	0 - 8	
Diskuse výsledků	0 - 4	
Závěr	0 - 1	
Seznam použité literatury	0 - 1	
Celkem	max. 20	

Posuzoval:.....

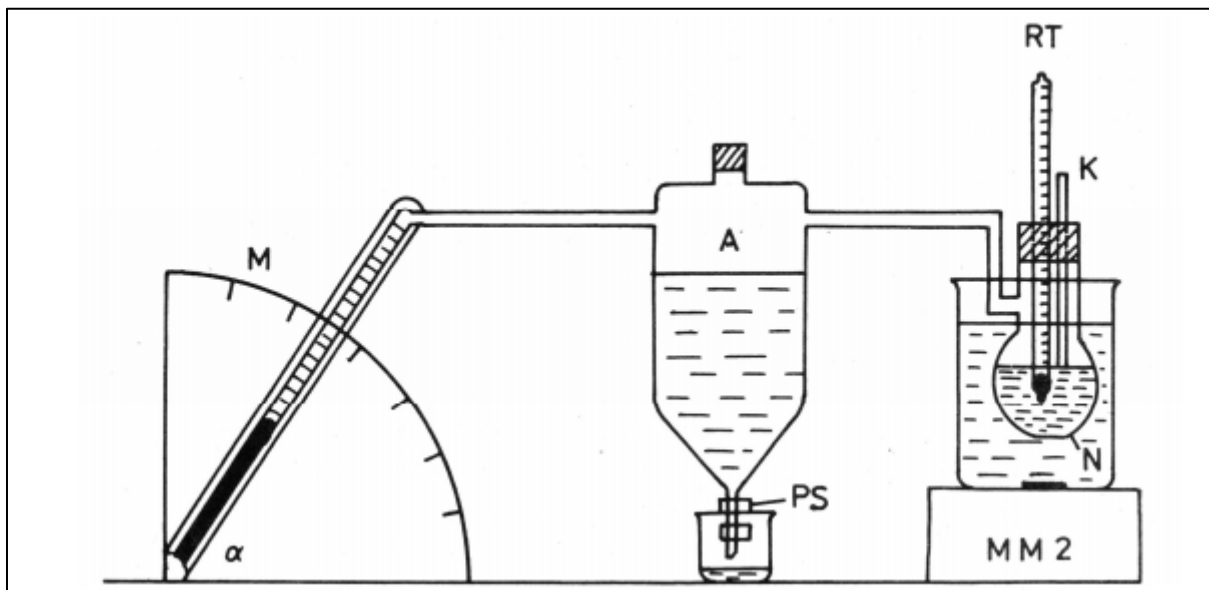
dne:

Pracovní úkoly

- 1) Změřte teplotní závislost povrchového napětí destilované vody σ v rozsahu teplot od 23°C do 70°C metodou bublin.
- 2) Měřenou závislost znázorněte graficky, do grafu vynesete chybové úsečky a tabulkové hodnoty. Závislost aproximujte kvadratickou funkcí.

Teoretická část

Měření povrchového napětí probíhá pomocí zařízení na obrázku.



Obrázek 1 – měřicí zařízení – převzato z [1]

Zařízení označené M je mikromanometr, kterým se měří podtlak vzduchu v uzavřeném systému. Je nastaven pod úhlem α a tlak se změní odečtením délky vodního sloupce d odpovídajícího hodnotě podtlaku Δp podle vztahu [1]

$$\Delta p = d\rho g \sin(\alpha) \quad (1)$$

kde ρ je hustota vody. Nádoba označená A, tzv. aspirátor, slouží ke snižování tlaku v systému pomocí upouštění kapaliny. V nádobě N je zkoumaná kapalina a v ní je těsně pod hladinu zavedena kapilára K spojená s okolím. Při dostatečném podtlaku se z kapiláry do kapaliny vytlačují bubliny. Maximální hodnoty podtlaku se dosáhne při vytlačování první ze série bublin v okamžiku, kdy má bublina minimální poloměr, tj. její poloměr je shodný s poloměrem kapiláry r . Pro podtlak pak platí

$$\Delta p_{max} = \frac{2\sigma}{r} + h\rho g \quad (2)$$

kde σ je povrchové napětí zkoumané kapaliny a h je hloubka konce kapiláry v kapalině, která je nastavena tak, aby byl její efekt zanedbatelný. Pak platí

$$\sigma = 0,5rd\rho g \sin(\alpha) \quad (3)$$

Výsledky měření

Měření probíhalo při teplotě okolí $(24,3 \pm 0,1)^\circ\text{C}$ a tlaku $(995,2 \pm 0,1)\text{hPa}$.
Hustota vody při této teplotě je přibližně **[2]** 997kg/m^3 .

Všechny chyby jsou vztaženy na pravděpodobnost 1σ .

Chyba měření teploty $u_t = 0,5^\circ\text{C}$.

Chyba měření délky vodního sloupce $u_d = 0,5\text{mm}$.

Poloměr kapiláry $r = (0,26 \pm 0,01)\text{mm}$.

Mikromanometr byl nastaven po úhlem $\alpha = 30^\circ$.

Naměřené hodnoty

Tabulka 1 – naměřené délky vodních sloupců

$t[^\circ\text{C}]$	$d[\text{mm}]$	$t[^\circ\text{C}]$	$d[\text{mm}]$	$t[^\circ\text{C}]$	$d[\text{mm}]$	$t[^\circ\text{C}]$	$d[\text{mm}]$	$t[^\circ\text{C}]$	$d[\text{mm}]$
19,5	111	34,5	106	45	100	54	95	62	94
21	111	35,5	105	46	100	55	95	62,5	93
22	110	36,5	104	47	98	56	95	63,5	93
23,5	110	38	103	48	98	57	95	64,5	93
25,5	109	39	103	49	98	58	95	65	92
27,5	109	40	102	50	97	59	94	66	92
29,5	108	41	101	51	97	59,5	94	67	92
31	108	42	101	51,5	97	60,5	94	68	92
32,5	107	43	101	52,5	96	61	94	69	92
33,5	106	44	100	53,5	95	61,5	93	70	92

Hodnoty povrchového napětí byly určeny z rovnice **(3)**. Jejich chyby byly určeny podle vzorce **[3]**

$$u_\sigma = \sigma \sqrt{\left(\frac{u_r}{r}\right)^2 + \left(\frac{u_d}{d}\right)^2} \quad (4)$$

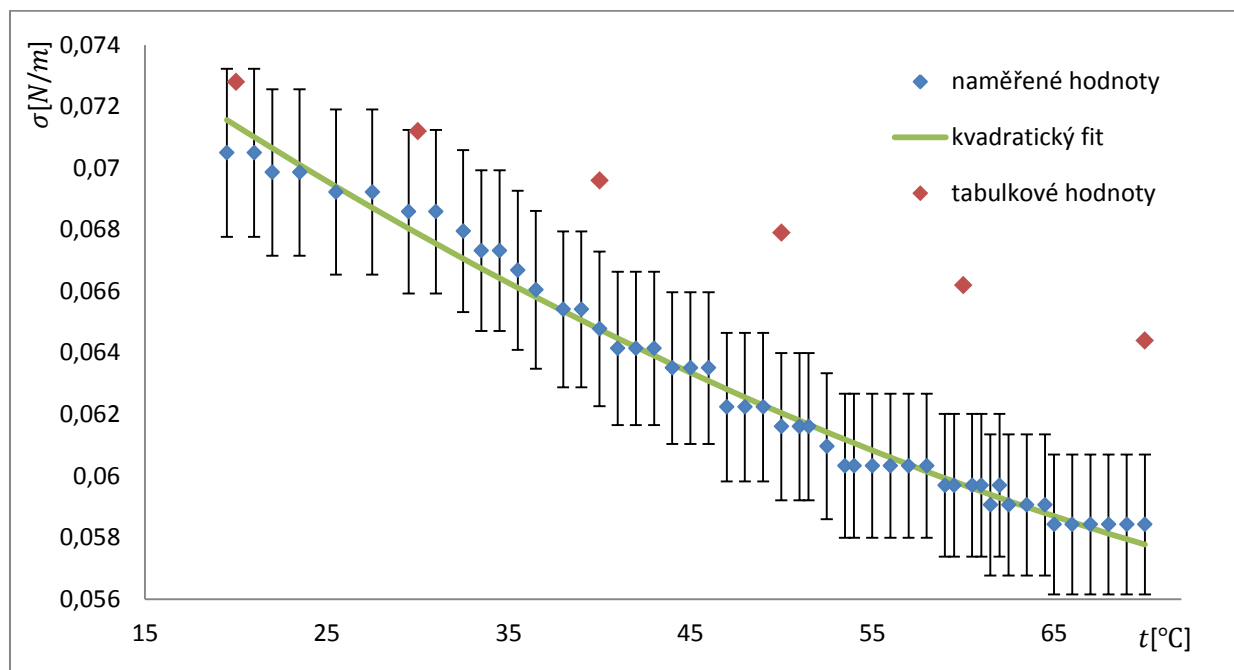
Tabulka 2 – výsledná povrchová napětí

$t[^\circ\text{C}]$	$\sigma \left[10^{-2} \frac{\text{N}}{\text{m}}\right]$	$t[^\circ\text{C}]$	$\sigma \left[10^{-2} \frac{\text{N}}{\text{m}}\right]$	$t[^\circ\text{C}]$	$\sigma \left[10^{-2} \frac{\text{N}}{\text{m}}\right]$	$t[^\circ\text{C}]$	$\sigma \left[10^{-2} \frac{\text{N}}{\text{m}}\right]$	$t[^\circ\text{C}]$	$\sigma \left[10^{-2} \frac{\text{N}}{\text{m}}\right]$
19,5	$7,05 \pm 0,27$	34,5	$6,73 \pm 0,26$	45	$6,35 \pm 0,25$	54	$6,03 \pm 0,23$	62	$5,97 \pm 0,23$
21	$7,05 \pm 0,27$	35,5	$6,67 \pm 0,26$	46	$6,35 \pm 0,25$	55	$6,03 \pm 0,23$	62,5	$5,91 \pm 0,23$
22	$6,99 \pm 0,27$	36,5	$6,61 \pm 0,26$	47	$6,22 \pm 0,24$	56	$6,03 \pm 0,23$	63,5	$5,91 \pm 0,23$
23,5	$6,99 \pm 0,27$	38	$6,54 \pm 0,25$	48	$6,22 \pm 0,24$	57	$6,03 \pm 0,23$	64,5	$5,91 \pm 0,23$
25,5	$6,92 \pm 0,27$	39	$6,54 \pm 0,25$	49	$6,22 \pm 0,24$	58	$6,03 \pm 0,23$	65	$5,84 \pm 0,23$
27,5	$6,92 \pm 0,27$	40	$6,48 \pm 0,25$	50	$6,16 \pm 0,24$	59	$5,97 \pm 0,23$	66	$5,84 \pm 0,23$
29,5	$6,86 \pm 0,27$	41	$6,41 \pm 0,25$	51	$6,16 \pm 0,24$	59,5	$5,97 \pm 0,23$	67	$5,84 \pm 0,23$
31	$6,86 \pm 0,27$	42	$6,41 \pm 0,25$	51,5	$6,16 \pm 0,24$	60,5	$5,97 \pm 0,23$	68	$5,84 \pm 0,23$
32,5	$6,80 \pm 0,26$	43	$6,41 \pm 0,25$	52,5	$6,10 \pm 0,24$	61	$5,97 \pm 0,23$	69	$5,84 \pm 0,23$
33,5	$6,73 \pm 0,26$	44	$6,35 \pm 0,25$	53,5	$6,03 \pm 0,23$	61,5	$5,91 \pm 0,23$	70	$5,84 \pm 0,23$

Závislost povrchového napětí na teplotě byla aproximována kvadratickou funkcí metodou nejmenších čtverců. Výsledný tvar je

$$\sigma = (7,96 \cdot 10^{-2} - 4,48 \cdot 10^{-4}t + 1,95 \cdot 10^{-6}t^2)N/m$$

Grafy



Graf 1 – závislost $\sigma(t)$ – tabulkové hodnoty převzaty z [2]

Diskuze výsledků

Naměřená závislost povrchového napětí neodpovídá ani v rámci experimentální chyby tabulkovým hodnotám a odchylka se zvětšuje s teplotou. Tento efekt nelze vysvětlit případnou nezanedbatelností hloubky konce kapiláry h ani zvětšováním h s teplotou v důsledku teplotní roztažnosti kapaliny, protože tyto efekty by vedly k chybě opačným směrem. Odchylka by mohla být způsobena špatně určeným poloměrem kapiláry.

Závěr

Závislost $\sigma(t)$ lze odhadnout rovnicí

$$\sigma = (7,96 \cdot 10^{-2} - 4,48 \cdot 10^{-4}t + 1,95 \cdot 10^{-6}t^2)N/m$$

Seznam použité literatury

[1] studijní text dostupný na

http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/_media/zadani/texty/txt_114.pdf

[2] fyzikální tabulky dostupné na <http://www.engineeringtoolbox.com/>

[3] Jiří English: Úvod do praktické fyziky I, Matfyzpress, Praha 2006