

Oddělení fyzikálních praktik při Kabinetu výuky obecné fyziky MFF UK

Praktikum1...

Úloha č. 14

Název: Povrchové napětí vody - Studium teplotní závislosti *OK*

Pracoval: Jiří Kratochvíl

stud.sk.: 15

dne: 26.3.2010

Odevzdal dne: 31/3 bez zápisu a měření

- 04-2010

- došel zápis a měření. *OK*

Pracovní úkol:

- 1) změřit povrchové napětí vody při teplotách od 295K do 345K
- 2) aproximovat tuto závislost kvadratickou funkcí a vynést ji do grafu

| | možný počet bodů | udělený počet bodů |
|---------------------------|------------------|--------------------|
| Práce při měření | 0 - 5 | 5 |
| Teoretická část | 0 - 1 | 0 |
| Výsledky měření | 0 - 8 | 6 |
| Diskuse výsledků | 0 - 4 | 3 |
| Závěr | 0 - 1 | 1 |
| Seznam použité literatury | 0 - 1 | 1 |
| Celkem | max. 20 | 16 |

Posuzoval: *Kula*

dne: 8/4/2010

Teorie:

Metoda bublin: Při vytlačování vzduchu do kapaliny působí proti vytlačování hydrostatický tlak a povrchové napětí kapaliny. Tento kapilární přetlak popisuje rovnice (1) Při vzniku bubliny vytlačováním kapilárou o poloměru r nabývá tento přetlak nejvyšší hodnoty, když bublina má poloměr shodný s poloměrem kapiláry. Když se bublina zvětší více začne tento tlak klesat, bublina se začne samovolně rozpínat a vypluje na hladinu. Bubliny se začnou tvořit pokud podtlak vytvořený aspirátorem bude větší než kapilární přetlak. Hydrostatický tlak jsem zanedbal, neboť kapilára byla ponořena těsně pod hladinu. Z rovnosti vztahů (1) (2) jsem získal rovnici (3).

$$(1) \Delta p_{\sigma} = \frac{2\sigma}{r} \quad (2) \Delta p_m = \frac{h\rho g}{\sin \alpha} \quad (3) \sigma = \frac{h\rho g r}{2\sin \alpha}$$

Povrchové napětí kapaliny se změří dle vztahu 3, kde je dosazováno za h -výška vody v manometru. ρ -hustota vody při okolní teplotě, r -poloměr kapiláry, g -gravitační zrychlení, σ -výsledné povrchové napětí kapaliny. $\sin \alpha$ -sklon manometrické trubice. Manometr byl ve sklonu 30° .

Handwritten note: σ - výška

Pomůcky: manometr, aspirátor, kapilára o známém poloměru, teploměr, baňka s vývodem se zátkou s dírami na kapiláru a teploměr, kádinka, magnetická míchačka, ohřivač.

Aparatura: Na magnetické míchačce-ohřivači byla postavena kádinka s vodou, která ohřívala baňku s měřenou destilovanou vodou. Do baňky byl vložen teploměr s kapilárou, kapilára byla spojena s okolním prostředím a vedla těsně pod hladinu destilované vody, abychom mohli zanedbat hydrostatický tlak při měření napětí. Baňka byla spojena s aspirátorem, a manometrem. Na aspirátoru byla svorka pro regulaci průtoku.

Postup měření: Nejprve jsem upravil svorku pro optimální průtok vody z aspirátoru, zapnul jsem magnetickou míchačku a ohřivač, poté jsem sledoval hladinu vody v manometru. Hladina v manometru oscillovala, měřil jsem horní hranici, pokaždé když klesla hladina o 1 dílek odečetl jsem hodnotu z teploměru. Tento postup jsem opakoval v určeném rozmezí teplot.

Statistické zpracování: Odchytky jsem započítal 2, 1.odchytku poloměru kapiláry, která měla největší význam a 2. odchytku měření tlaku. Odchytky jsem sečetl dle vztahu

$$s = \sqrt{\sum_i \left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^2 (\sigma_i)^2}, \text{ kde } f \text{ je rovna vztahu (3). Pro fitování naměřených hodnot jsem použil}$$

program gnuplot, kde jsem zahrnul odchytky povrchového napětí.

Výsledky měření

Tabulka č.1: t-teplota, h-výška v manometru, σ -povrchové napětí kapaliny, s-odchylka

Tabulka č.2: tabelované hodnoty, t-teplota σ -povrchové napětí vody

Tabulka č.3: r-poloměr kapiláry, ρ -hustota vody při 25,4°C, g gravitační zrychlení

Tabulka č.4: h-přesnost manometru, t-přesnost teploměru

Tabulka č.5: T-teplota v laboratoři, p-tlak v laboratoři

1. Naměřené hodnoty

| t[°C] | h[mm] | σ [N/m] | s |
|--------|-------|----------------|--------|
| 293,15 | 108,5 | 0,0730 | 0,0027 |
| 298,15 | 108 | 0,0726 | 0,0027 |
| 305,15 | 107,5 | 0,0723 | 0,0027 |
| 307,15 | 107 | 0,0720 | 0,0027 |
| 310,15 | 106,5 | 0,0716 | 0,0027 |
| 312,15 | 106 | 0,0713 | 0,0027 |
| 314,65 | 105,5 | 0,0710 | 0,0027 |
| 315,65 | 105 | 0,0706 | 0,0027 |
| 317,15 | 104,5 | 0,0703 | 0,0026 |
| 319,15 | 104 | 0,0699 | 0,0026 |
| 320,65 | 103,5 | 0,0696 | 0,0026 |
| 321,65 | 103 | 0,0693 | 0,0026 |
| 322,15 | 102,5 | 0,0689 | 0,0026 |
| 324,28 | 102 | 0,0686 | 0,0026 |
| 325,9 | 101,5 | 0,0683 | 0,0026 |
| 326,65 | 101 | 0,0679 | 0,0026 |
| 327,4 | 100,5 | 0,0676 | 0,0025 |
| 328,15 | 100 | 0,0673 | 0,0025 |
| 328,9 | 99,5 | 0,0669 | 0,0025 |
| 331,15 | 99 | 0,0666 | 0,0025 |
| 331,98 | 98,5 | 0,0662 | 0,0025 |
| 334,4 | 98 | 0,0659 | 0,0025 |
| 337,15 | 97,5 | 0,0656 | 0,0025 |
| 338,9 | 97 | 0,0652 | 0,0025 |
| 339,65 | 96,5 | 0,0649 | 0,0025 |
| 340,4 | 96 | 0,0646 | 0,0024 |
| 341,15 | 95,5 | 0,0642 | 0,0024 |
| 343,15 | 95 | 0,0639 | 0,0024 |
| 345,15 | 94,5 | 0,0636 | 0,0024 |

2. tabelované hodnoty

| t[°C] | σ [N/m]*10 ³ |
|--------|--------------------------------|
| 273,15 | 75,6 |
| 278,15 | 74,9 |
| 283,15 | 74,2 |
| 288,15 | 73,5 |
| 293,15 | 72,75 |
| 303,15 | 71,2 |
| 313,15 | 69,6 |
| 323,15 | 67,9 |
| 333,15 | 66,2 |

3. konstanty

| const | hodnota | s |
|-----------------------------|---------|------|
| r[mm] | 0,28 | 0,01 |
| ρ [kg/m ³] | 997,2 | |
| g | 9,81 | |

4. odchylky

| odchylky | |
|----------|-----|
| h[mm] | 0,5 |
| t[°C] | 0,5 |

5. laboratorní podmínky

| lab.p. | hodnota |
|--------|---------|
| t[°C] | 25,4 |
| p[HPa] | 988,4 |

*Prostředky detekce cifer i také cos a převodník
měření relativizuj! měřte se jít u všech
bodů odchyly!*

Výstup dat z gnuplotu:

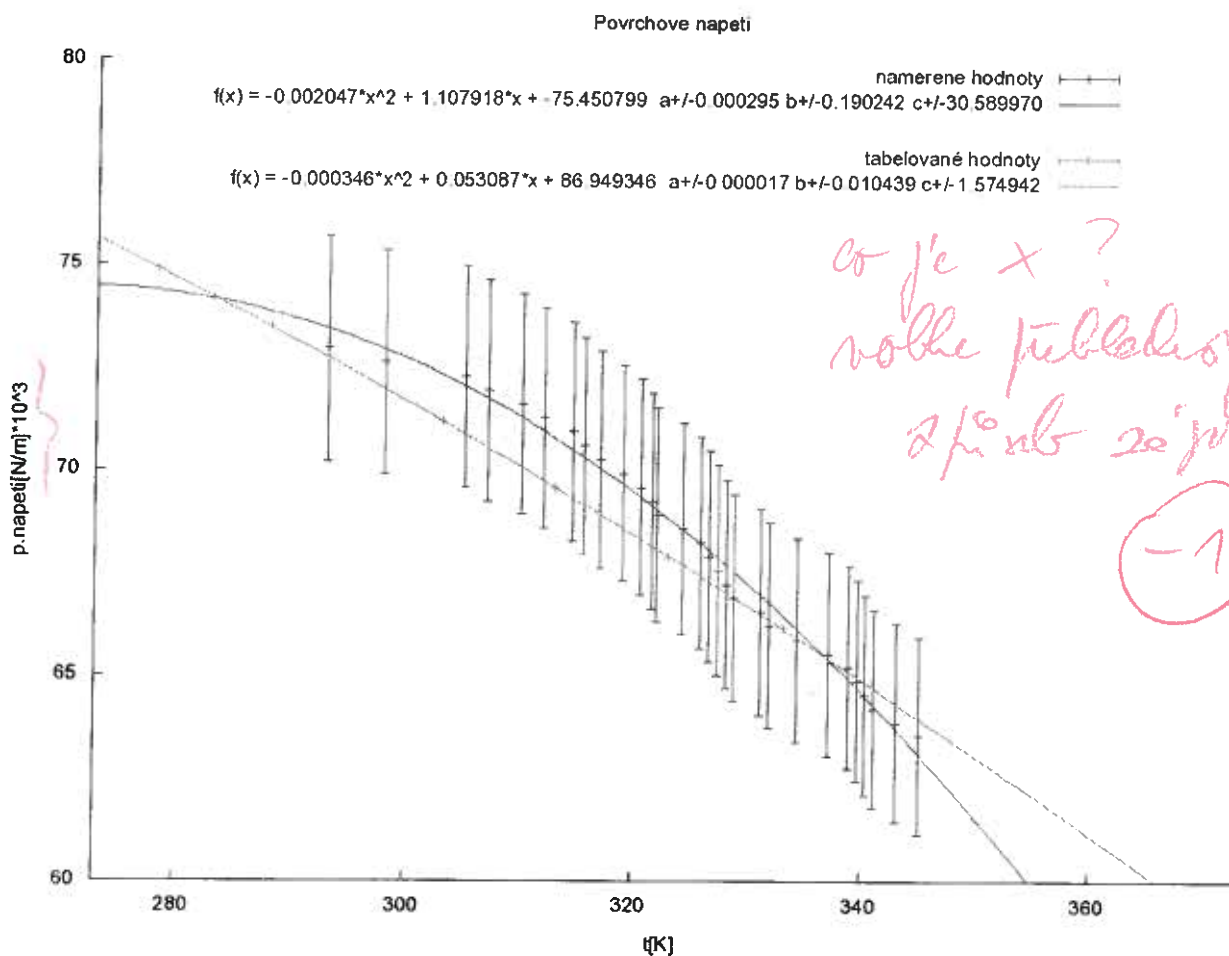
a = -0.00204667 +/- 0.0002954 (14.43%)
 b = 1.10792 +/- 0.1902 (17.17%)
 c = -75.4508 +/- 30.59 (40.54%)

*H jednotky
 (-1)*

Závislost povrchového napětí vody na teplotě mi vyšla:

$$\frac{\sigma}{N \cdot m^{-3}} = (-0.00204 \pm 0.00029) T^2 [K] + (1.11 \pm 0.19) T [K] + (-75 \pm 31)$$

Graf (1)



↑
 voda by byt abs. křivka T

Diskuse:

Hlavní část práce!

(-1)

Mnou změřené povrchové napětí vody se v rámci odchylek shoduje s tabelovanými hodnotami. Po aproximaci kvadratickou funkcí se prokázala kvadratická závislost, na rozdíl od aproximace tabelovaných hodnot. Toto je nejspíše způsobeno různou metodou měření. Faktory ovlivňující toto měření mohou být následující: 1. Teplotní roztažnost kapiláry. 2. teplotní roztažnost vody v manometru, kde jsem ji zanedbával. 3. Nepřesně vybroušená kapilára.

Pro zlepšení přesnosti pokusu bych 1. navrhl lépe změřil průměr kapiláry, neboť chyba je zbytečně velká. 2. Měřil bych v manometru teplotu vody 3. Započítal bych teplotní roztažnost kapiláry. 4. Lépe bych vybrousil konec kapiláry, který se mi nezdál dostatečně hladký, toto způsobovalo odchylky tlaku při vytvoření bubliny.

Závěr:

Změřil jsem povrchové napětí vody v rozmezí od 293,15K do 345,15K, hodnoty vyšly v rozmezí od $(73,0 \pm 2,7) \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$ do $(63,6 \pm 2,4) \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$, všechny hodnoty v tabulce (1).

Aproximoval jsem tuto závislost kvadratickou funkcí viz graf (1), která vyšla

$$\frac{\sigma}{\text{N} \cdot \text{m}^{-3}} = (-0.00204 \pm 0.00029) T^2 [K] + (1.11 \pm 0.19) T [K] + (-75 \pm 31)$$

Použitá literatura:

1. Studijní materiál ze stránek praktik matematicko-fyzikální fakulty <http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/>
2. Matematické, fyzikální a chemické tabulky a vzorce J. Mikulčák a kol. 2003
3. Základy fyzikálních měření I, Brož, J. a kol., SPN, Praha 1983

108,5 | ~~108,5~~ 20

| mm | °C |
|-------|--------------------------|
| 108 | 108,5 25 |
| 107,5 | 32 |
| 107 | 34 |
| 106,5 | 37 |
| 106 | 39 |
| 105,5 | 41,5 |
| 105 | 42,5 |
| 104,5 | 43,5 44 |
| 104 | 45 |
| 103,5 | 47,5 |
| 103 | 48,5 |
| 102,5 | 49 |
| 102 | 50 51 51,5 52 |
| 101,5 | 52,5 53 |
| 101 | 53,5 |
| 100,5 | 54 54,5 |
| 100 | 55 |
| 99,5 | 55,5 56 |
| 99 | 57 58 59 |
| 98,5 | 57 58 58,5 60 |
| 98 | 60,5 61 61,5 62 |
| 97,5 | 63 63,5 64 64,5 65 |
| 97 | 65,5 66 67 |
| 96,5 | 66,5 |
| 96 | 67/67,5 |

| | |
|------|-----------------------------|
| 95,5 | 68 |
| 95 | 68 69 69,5 70 71 |
| 94,5 | 69 72 |
| 94 | 72 |

0
1420 25,4°C
997,200

~~996,787~~
~~996,058~~

25,4°C

VLOHA
32,5%

988.4 / 7 Pa

Hauwert z PRUBEK $\cdot 10^3 \cdot \frac{N}{mm}$

| | |
|----|-------|
| 0 | 75,6 |
| 5 | 74,9 |
| 10 | 74,2 |
| 20 | 73,5 |
| 25 | 72,75 |
| 30 | 71,2 |
| 40 | 69,6 |
| 50 | 67,9 |
| 80 | 66,2 |

$$\frac{2\sigma}{N_0} =$$

$$N_0 = \left(\frac{0,55}{2} \pm \frac{0,02}{2} \right) \text{ mm}$$