

Oddělení fyzikálních praktik při Kabinetu výuky obecné fyziky MFF UK

PRAKTIKUM I

Úloha č.: VIII

Název: Kalibrace odporového teploměru a termočláunku – fázové přechody

Vypracovala: **stud. sk.** **dne:** 21.11.03.....

Odevzdal dne: **vráceno:**

Odevzdal dne: **vráceno:**

Odevzdal dne:

Posuzoval: **dne** **výsledek klasifikace**

Připomínky:

I. Pracovní úkol

I. Okalibrujte:

A. Platinový odporový teploměr určete konstanty R_0 , A , B .

B. Termočlánek měď – konstantan určete konstanty a , b , c pomocí bodu tání ledu, bodu varu vody a bodu tuhnutí cínu.

II. Registrujte zapisovačem teplotní průběh termoelektrického napětí ε při ohřevu a varu vody a při tuhnutí cínu. Naměřené hodnoty s úplnými údaji o experimentu přiložte k referátu.

III. Nakreslete graf teplotní závislosti R (kalibrační křivka odporového teploměru) a graf teplotní závislosti termoelektrického napětí ε (kalibrační křivka termočlánku).

II. Teorie

Závislost odporu platinového odporového teploměru R na teplotě t lze vyjádřit vztahem:

$$R = R_0(1 + At + Bt^2) \quad (1)$$

R_0 , A , B konstanty

Tyto konstanty určíme změřením při teplotách rovnovážných stavů: Bod tuhnutí vody 0°C, bod varu vody 100°C, bod tuhnutí cínu 232°C.

Teploměr je platinové vinutí v keramickém válečku. Jeho odpor při 0°C je asi 100Ω, a $R_{100}/R_0 \sim 1,38$.

Termočlánek použijeme dvojité – s dvěma spoji S_1 , S_2 měď – konstantan. S_1 budeme udržovat na teplotě t_1 (tání ledu) a vznikne termoelektrické napětí ε pro různé teploty t_1 , t_2 ($t_1 < t_2$). Jeho teplotní závislost na Δt lze aproximovat:

$$\varepsilon = a + b \cdot \Delta t + c \cdot \Delta t^2 \quad (2)$$

a , b , c konstanty

Tyto konstanty určíme měřením. ε pro $\Delta t = 10K$ je asi 0,4mV.

Ze vzorce (2) pro $\Delta t = 0$ je $\varepsilon = 0$ a tedy $a = 0$.

Teplotu bodu varu vody při atmosférickém tlaku p určíme ze vzorce:

$$t_p = 100 + 28,0216\left(\frac{p}{p_0} - 1\right) - 11,642\left(\frac{p}{p_0} - 1\right)^2 + 7,1\left(\frac{p}{p_0} - 1\right)^3 \quad (3)$$

p_0 normální atmosférický tlak, tj. 101,5kPa

t_p teplota ve °C

III. Výsledky měření

tlak $p = 988,7 \text{ hPa} = 98,87 \text{ kPa}$

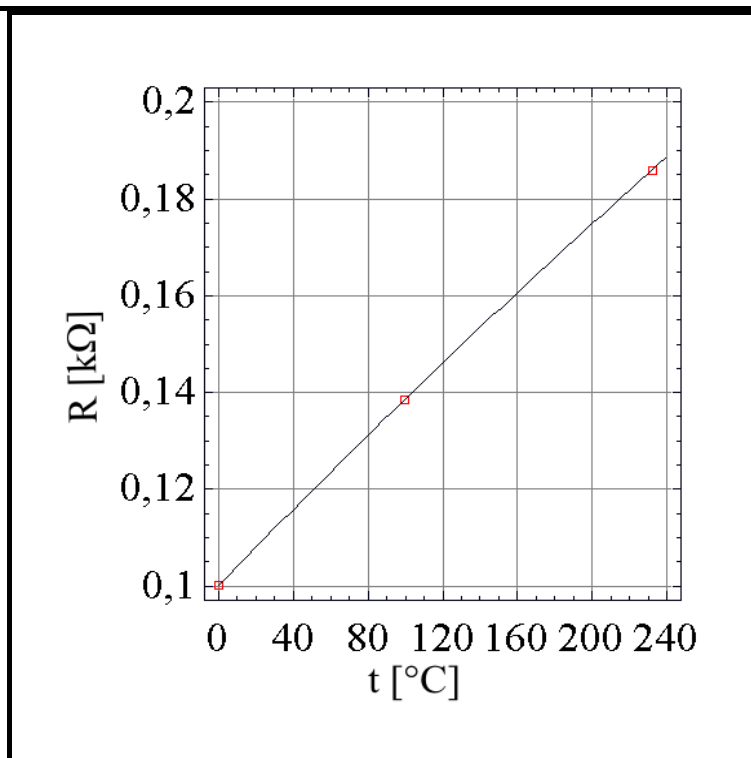
teplota varu vody $t_p = 99,27^\circ\text{C}$

A. Odporový teploměr

tab. 1 – závislost odporu na teplotě			
t [°C]	0,00	99,27	232,00
R [kΩ]	$0,1001 \pm 0,0005$	$0,1384 \pm 0,0007$	$0,1860 \pm 0,0009$

Z kvadratické regrese vyplývají konstanty:

- ♦ $R_0 = (0,1001 \pm 0,0005) \text{ k}\Omega$
- ♦ $A = (0,40 \pm 0,01) \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
- ♦ $B = (-0,117 \pm 0,002) \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-2}$
- ♦ $R = (0,1001 \pm 0,0005) \cdot 10^3 \cdot [1 + (0,40 \pm 0,01) \cdot 10^{-3} \cdot t + (-0,117 \pm 0,002) \cdot 10^{-6} \cdot t^2] \Omega$



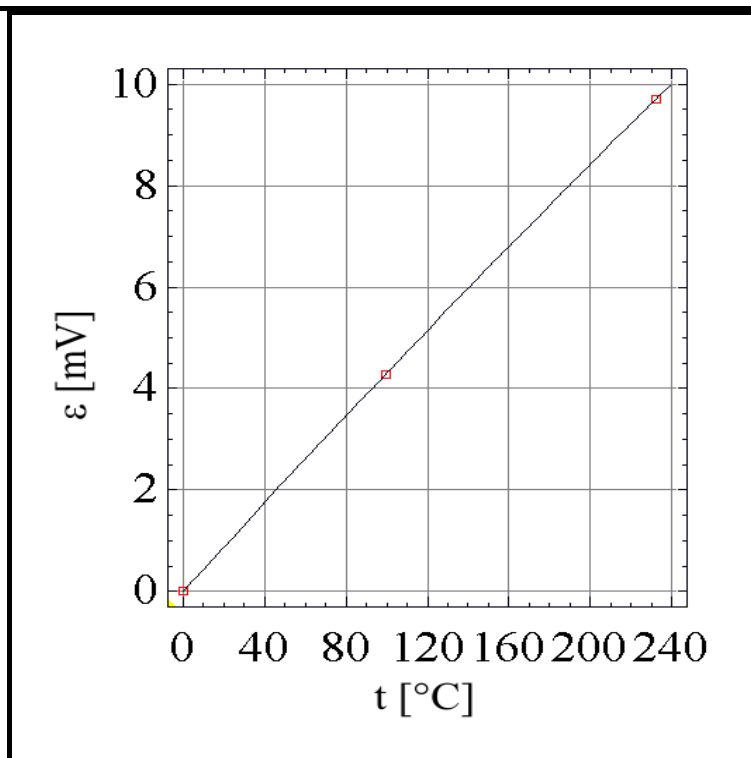
Graf 1 – teplotní závislost odporu

B. Termočlánek

tab. 2 – závislost napětí termočlánku na teplotě			
Δt [°C]	0,00	99,27	232,00
ε [mV]	$0,01 \pm 0,01$	$4,28 \pm 0,05$	$9,7 \pm 0,2$

Z kvadratické regrese vyplývají konstanty:

- ♦ $a = (0,01 \pm 0,01)mV$, neodpovídá teoretickému předpokladu, v regresi jsme použili $a = (0 \pm 0)mV$
- ♦ $b = (0,0441 \pm 0,001)mV \cdot ^\circ C^{-1}$
- ♦ $c = (-9,8 \pm 0,2) \cdot 10^{-6} mV \cdot ^\circ C^{-2}$
- ♦ $\varepsilon = [(0,0441 \pm 0,001) \cdot 10^{-3} \cdot t + (-9,8 \pm 0,2) \cdot 10^{-9} \cdot t^2] V$



Graf 2 – teplotní závislost termoelektrického napětí ε

IV. Diskuse

A. Odporový teploměr

Odpor odporového teploměru při 0°C vyšel v rámci chyb dle předpokladů. Stejně tak odpor při bodu varu vody vyšel přibližně 1,38krát vyšší než při bodu tání ledu.

B. Termočlánek

Předpokládaná závislost termoelektrického napětí ε na teplotě:

$$\diamond \quad \varepsilon = [0,0371 \cdot t + 4 \cdot 10^{-5} \cdot t^2] \text{ mV}$$

Námi naměřená závislost:

$$\diamond \quad \varepsilon = [(0,0441 \pm 0,001) \cdot 10^{-3} \cdot t + (-9,8 \pm 0,2) \cdot 10^{-9} \cdot t^2] \text{ V}$$

Porovnáním s předpokladem zjišťujeme, že námi naměřené koeficienty b a c se neshodují ani v rámci chyb. c se neshoduje dokonce ani řádově. Při nulovém rozdílu teplot na obou koncích termočlánu má dle teoretického předpokladu být termoelektrické napětí nulové, ale

my jsme naměřili 0,01mV, což odpovídá 0,25°C, což je nejspíše chyba termočlánu. Od předpokládané hodnoty se lišíme pravděpodobně proto, že cín nebyl úplně čistý, čímž se snížila jeho teplota tuhnutí.

Přesnost obou měření bychom mohli zvýšit, kdybychom zvětšili interval měřených teplot a zvýšili počet měření.

V. Závěr

Závislost odporu na teplotě u platinového odporového teploměru:

$$\diamond R = (0,1001 \pm 0,0005) \cdot 10^3 \cdot [1 + (0,40 \pm 0,01) \cdot 10^{-3} \cdot t + (-0,117 \pm 0,002) \cdot 10^{-6} \cdot t^2] \Omega$$

Závislost termoelektrického napětí na teplotě u termočlánu měď – konstantan:

$$\diamond \varepsilon = [(0,0441 \pm 0,001) \cdot 10^{-3} \cdot t + (-9,8 \pm 0,2) \cdot 10^{-9} \cdot t^2] V$$

VI. Použitá literatura

Úvod do teorie fyzikálních měření, Boris Sprušil, Pavla Zieleniecová, SPN, Praha, 1986

Fyzikální praktikum I., D. Slavínská, I. Stulíková, P. Vostrý, SPN, Praha, 1989

Fyzikální a matematické tabulky, J. Brož a kol., SNTL, Praha, 1980