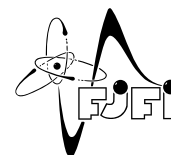
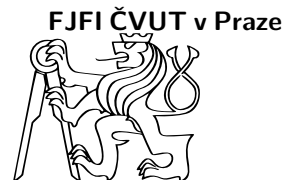


**Úloha 9 – Měření vysokých teplot, Závislost odporu termistoru na teplotě**

Jméno: **Radek Kubíček** Kolegyně: Anna Pjatkanová  
 Kruh: **středa** Číslo skup.: 7  
 Měřeno: **16.3.2022** Zpracování: 5 h



Klasifikace:

**1 Pracovní úkoly**

- DŮ:** Nakreslete závislost  $R = R(T)$  a  $\ln R = f(1/T)$  v intervalu teplot  $<293;343>$  K. Předpokládejte  $B = 2500$  K a  $R_\infty = 0,1\Omega$ . (Pro potřeby ZFM předpokládejte, že  $\ln R$  je bezrozměrná veličina.)
- DŮ:** Odvoďte závislost teplotního součinitele odporu  $\alpha$  na teplotě  $T$  pro termistor a pro rezistor z kovového materiálu. Teplotní součinitel odporu  $\alpha$  je definován vztahem

$$\alpha = \frac{1}{R} \frac{dR}{dT}. \quad (1)$$

Závislost odporu termistoru na teplotě je dána vztahem

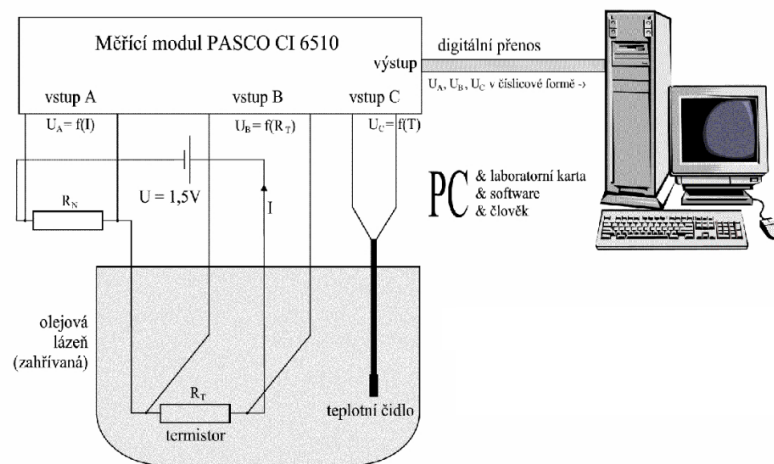
$$R(T) = R_\infty e^{B/T}. \quad (2)$$

Odpor rezistoru z kovového materiálu lineárně vzrůstá s teplotou. Porovnejte oba výsledky.

- Pomocí PC změřte teplotní závislost odporu daného termistoru v obvodu od cca  $20^\circ\text{C}$  do  $60^\circ\text{C}$ . Nezapomeňte převést  $^\circ\text{C}$  na Kelviny.
- Z naměřených hodnot sestrojte graf, ve kterém na vodorovnou osu vynesete hodnoty  $1/T$  a na svislou  $\ln R$ . Proč je to výhodné? Rozsah obou os volte tak, abyste mohli extrapolovat do bodu, který odpovídá teplotě  $0^\circ\text{C}$ .
- Odpor termistoru při  $0^\circ\text{C}$  odečtete z grafu, který jste kreslili v úkolu č. 4. Tuto hodnotu získejte prostřednictvím grafické extrapolace ručně, bez pomoci PC.
- Vypočítejte hodnoty konstant  $B$  a  $R_\infty$ . Za tím účelem vyberte z dat poblíž začátku měření hodnotu teploty  $T_1$  a příslušnou hodnotu odporu  $R_1$  a obdobně z konce měření hodnoty  $T_2$  a  $R_2$ . Každá z dvojic  $[T_1; R_1]$ ,  $[T_2; R_2]$  by měla splňovat rovnice  $R_1 = R(T_1)$  a  $R_2 = R(T_2)$ . Tyto dvě rovnice tvoří soustavu dvou rovnic pro dvě neznámé  $B$  a  $R_\infty$ , které z nich můžete vypočítat. Jaký je význam konstant  $R_\infty$  a  $B$ ?
- Pomocí  $B$  a  $R_\infty$  (vypočtených v úkolu č. 6) určete, jaký odpor bude mít termistor při teplotě  $0^\circ\text{C}$  (jde o početní extrapolaci).
- Hodnoty odporu termistoru při teplotě  $0^\circ\text{C}$  získané podle bodů 5 a 7 vzájemně porovnejte.

**2 Vypracování****2.1 Pomůcky**

Termistor TR 001-750 v olejové lázni, vaříč s elektromagnetickou míchačkou, Bunsenův stojan s teploměrem  $0-100^\circ\text{C}$ , ventilátor, digitální multimetr, měřicí moduly PASCO, PC, monočlánek  $1,5\text{V}$ , teplotní čidlo, kalibrační rezistor ( $\pm 300\Omega$ ).



Obr. 1: schéma připojení termistoru na měřící aparaturu

## 2.2 Teoretický úvod

Termistor je elektronická součástka, jejíž elektrický odpor je závislý na teplotě. Odpor termistoru jde vyjádřit vztahem

$$R(T) = R_{\infty} e^{\frac{B}{T}}$$

(3)

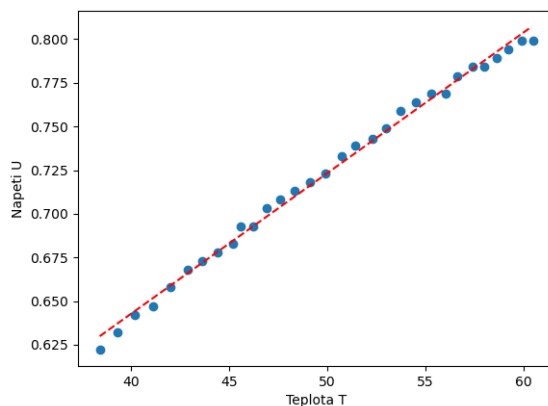
Kde  $R_{\infty}$  je konstanta a  $B$  je teplotní citlivost vlastní danému termistoru. Schéma zapojení na Obr. 1 nám umožňuje převést měření odporu na měření napětí, a následně ke sběru dat použít PC. Odpor termistoru  $R$  se pak vypočítá podle vztahu

$$R = \frac{U_T}{U_N} R_N. \quad (4)$$

Pyrometr je bezdotykový teploměr, který určuje teplotu měřeného tělesa z teplotního záření. V našem případě porovnáním barvy vyzařovaného světla s rozpáleným odporovým drátem uvnitř zařízení.

## 2.3 Naměřené a spočtené hodnoty

Hodnotu napětí rezistoru jsme zapoměli odebrat, a tak byla vypočtena z fitu referenčních dat. Hodnota kalibračního rezistoru byla vyměřena na  $330\Omega$



Obr. 2: graf závislosti napětí rezistoru na teplotě

T [K]	$U_N$ [V]	$U_T$ [V]
311.55	0.629	0.805
312.85	0.640	0.784
313.95	0.649	0.770
315.25	0.659	0.756
316.65	0.671	0.741
318.15	0.683	0.726
319.65	0.695	0.712
321.25	0.708	0.698
322.75	0.720	0.683
324.25	0.732	0.668
325.75	0.744	0.656
327.15	0.755	0.644
328.55	0.766	0.633
329.95	0.778	0.621
331.25	0.788	0.611
332.55	0.799	0.600
333.75	0.808	0.591
334.95	0.818	0.581
336.05	0.827	0.571

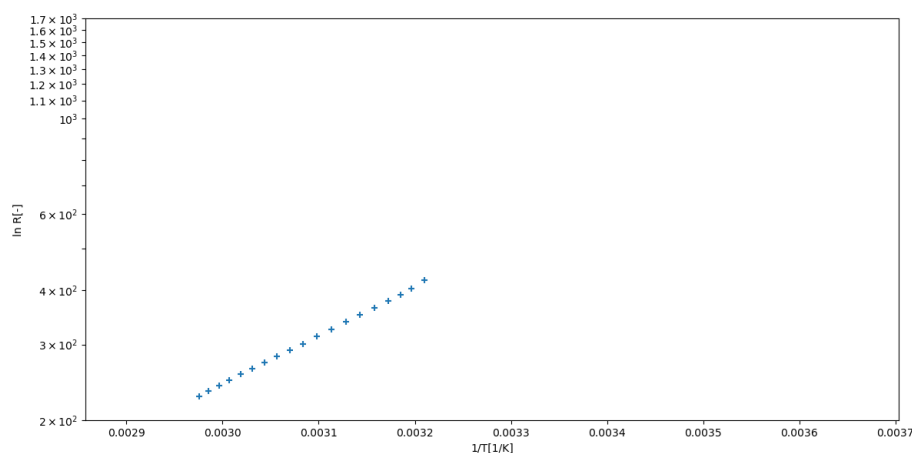
Tab. 1: tabulka naměřených hodnot napětí na termistoru a odpočítaných hodnot napětí na rezistoru za dané teploty

Hodnota  $R_\infty$  vyšla počtem  $R_\infty = 0,1\Omega$ , hodnota B vyšla  $B = 2584,3K$  a tedy odpor termistoru při  $0^\circ\text{C}$  vyšel přibližně  $R_{0^\circ\text{C}} = 1337\Omega$ . Odpor termistoru pomocí grafické extrapolace vyšel přibližně  $1330\Omega$ . Rozdíl bude nejspíše zapříčiněn nedostatečně podrobnými osami.

T[°C]
1600
1680
1620
1680
1680
1680

Tab. 2: teplota lampy naměřená pyrometrem

teplota lampy byla určena na  $T = (1656 \pm 15)^\circ\text{C}$



Obr. 3: graf závislosti odporu termistoru na teplotě s logaritmickou Y-osou

## 2.4 Diskuse

Použili jsme logaritmickou závislost, protože výrazně zjednoduší fitovanou křivku. Hodnoty grafické a početní extrapolace jsou si velice podobné, nicméně nejsou zcela stejné. Na vině jsou zčásti poměrně nepodrobné stupnice os, jež umožňují zachovat kompaktní rozměry grafu, také to můžou být drobné chyby a odchylky od měření, jimiž nebyla rukou rýsovaná křivka zatěžována. Je pravděpodobné že doplnění hodnot napětí rezistoru ze závislosti generované jiným měřením, ač na stejné aparatuře mělo negativní vliv na přesnost vypočtených hodnot odporu termistoru. Stejně tak velice skromný výčet naměřených hodnot způsobených ztrátou času nad bojem s nespolupracující aparaturou pro záznam hodnot napětí na PC. Následné měření pyrometrem bylo vedeno spíše orientačně pro nedostatek času k plnému ovládnutí přístroje a důkladnému proměřování teplot lampy.

## 3 Závěr

Z naměřených hodnot jsme grafickou extrapolací získali odpor přibližně  $1330\Omega$ , početní extrapolací  $1337\Omega$ . Teplotní citlivost termistoru  $B = 2584,3K$ , konstantu  $R_\infty = 0,1\Omega$ .

pro pyrometr teplota vlákna lampy  $T = (1656 \pm 15)^\circ\text{C}$ .

## 4 Použitá literatura

- [1] Kolektiv KF. *Návod: Úloha 9 – Měření vysokých teplot, Závislost odporu termistoru na teplotě* [Online]. [cit. 30. července 2024].  
[http://praktikum.fjfi.cvut.cz/pluginfile.php/415/mod\\_resource/content/test.pdf](http://praktikum.fjfi.cvut.cz/pluginfile.php/415/mod_resource/content/test.pdf)
- [2] Kolektiv KF. *Chyby měření* [Online]. [cit. 30. července 2024].  
<http://praktikum.fjfi.cvut.cz/documents/chybynav/chyby-o.pdf>

# Příloha

## 5 Domácí příprava

Domácí příprava je přiložena k protokolu. Obsahuje čitelně napsané řešení domácího úkolu.

## 6 Nákresey a schémata

Zakomentujte dle potřeby.

## 7 Tabulky a grafy

Zakomentujte dle potřeby.

1. měření		2. měření		3. měření		4. měření	
$\Phi$ [Wb]	$p$ [atm]	$\Phi$ [Wb]	$p$ [atm]	$\Phi$ [Wb]	$p$ [atm]	$\Phi$ [Wb]	$p$ [atm]
612	0,0	610	19,2	353,16	2,52	352,00	2,49
-612	-18,9	-24	4,6	-353,16	-2,41	-13,85	-1,32
524	-0,3	-32	4,3	302,38	2,44	-18,47	-1,40
403	-0,7	-54	3,6	232,55	2,33	-31,16	-1,58
309	-1,2	-106	2,7	178,31	2,20	-61,17	-1,81
203	-1,8	-222	1,4	117,14	2,05	-128,11	-2,15
109	-2,7	-330	1,0	62,90	1,81	-190,43	-2,26
36	-4,3	-421	0,6	20,77	1,40	-242,94	-2,36
0	-6,0	-490	0,5	0,00	0,95	-282,76	-2,39
-36	-11,2	0	6,6	-20,77	-0,40	0,00	-0,80
-100	-16,1	477	18,8	-57,71	-1,68	275,25	2,39
-202	-17,4	404	18,4	-116,56	-2,02	233,13	2,28
-297	-18,0	295	17,9	-171,38	-2,18	170,23	2,15
-417	-18,6	204	17,3	-240,63	-2,33	117,72	1,99
-500	-18,8	54	13,1	-288,53	-2,39	31,16	0,90
-38	-11,6	24	9,0	-21,93	-0,51	13,85	-0,17
-42	-11,8	36	10,5	-24,24	-0,56	20,77	0,22
-52	-13,0	94	15,2	-30,01	-0,87	54,24	1,45
-70	-14,3	136	16,4	-40,39	-1,21	78,48	1,76
-22	-8,8			-12,70	0,22		

Tab. 3: Složitější tabulka.

## 8 Zdrojový kód k makrům

```
% Matematika
\newcommand{\ee}{\mathrm{e}} %eulerovo číslo
\newcommand{\ii}{\mathrm{i}} %imaginární jednotka

% Jednotky
\newcommand{\unit}[1]{\,\mathrm{#1}} %jednotky zadávejte pomocí tohoto příkazu
\renewcommand{\deg}{\ensuremath{\mathring{\,;}}} %symbol stupně
\newcommand{\celsius}{\ensuremath{\deg\mathrm{C}}} %stupně celsia

%(hodnota plus minus chyba) jednotka
\newcommand{\hodn}[3]{(#1 \pm #2)\unit{#3}}

%veličina [jednotka] do hlavičky tabulky
\newcommand{\tabh}[2]{\ensuremath{#1\,,\,[\mathrm{#2}]}}
```