

## 1. Měření teplotní závislosti elektrického odporu

### 1.1. Zadání úlohy

1. Změřte teplotní závislosti elektrického odporu vodiče, odporového drátu a negativního termistoru.
2. Naměřené hodnoty napište do tabulky.
3. Graficky zpracujte závislost  $R = f(T)$ .
4. Graficky zlinearizujte závislost u kovů a určete teplotní koeficienty změny odporu  $\alpha$ ,  $\beta$ .

### 1.2. Teoretický úvod

V případě kovových materiálů je vliv struktury a teploty dán Mathiessenovým pravidlem, podle něhož můžeme rezistivitu rozdělit na dvě složky:

$$\rho = \rho_S + \rho_T,$$

kde  $\rho_S$  je složka závislá pouze na struktuře a souvisí se složením kovu, jeho zpracováním a technologií a nezávisí na teplotě. Složka  $\rho_T$  je závislá pouze na teplotě.

S rostoucí teplotou se v kovech zkracuje střední doba mezi srážkami, s tím jak atomy zvětšují amplitudu tepelného pohybu a tím dochází k růstu rezistivity v závislosti na teplotě. Tento růst vyjadřuje vztah:

$$R = R_0[1 + \alpha(T - T_0)]$$

Pro koeficient změny odporu  $\alpha$  můžeme říct:

$$\alpha = \frac{R - R_0}{R_0(T - T_0)}$$

Negativní termistory jsou často realizovány z polovodivých materiálů, u nichž dochází ke zvýšení koncentrace nosičů náboje s rostoucí teplotou a tím dochází ke snižování rezistivity. Pro teplotní závislost odporu pro negativní termistor platí:

$$R = R_0 \cdot e^{-\beta\left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T}\right)}$$

Koeficient změny odporu  $\beta$  je potom:

$$\beta = \frac{\ln\left(\frac{R}{R_0}\right)}{\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}}$$

### 1.3. Postup měření

Ohřev na plotýnce provádíme velmi zvolna. Před zapnutím plotýnky změříme první hodnotu odporu. Při zapnutí plotýnky postupně otáčíme regulátorem ohřevu doprava, dokud nedojde k sepnutí ohřevu. Necháme regulátor v poloze sepnutí, dokud nepřestane stoupat teplota. Sledujeme teplotu na rozsahu měření teploty a v intervalu  $5^\circ\text{C}$  zaznamenáváme hodnoty odporu vzorku. Jestliže přestane stoupat teplota, pootočíme regulátorem doprava, dokud opět nedojde k sepnutí ohřevu. Takto měříme až do hodnoty  $80^\circ\text{C}$ .

### 1.3.1. Použité měřicí přístroje

- Multimetr METEX M-3850D, inv. č. 65 329
- Multimetr METEX M-3850D, inv. č. 64 770

### 1.4. Naměřené hodnoty

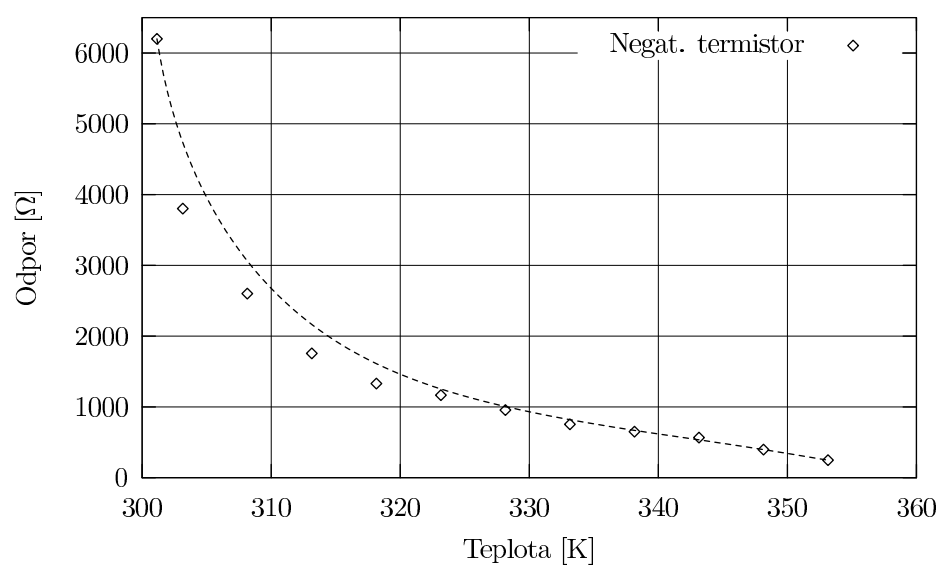
$R_1$  – Odpor měděného drátu.

$R_2$  – Odpor termistoru.

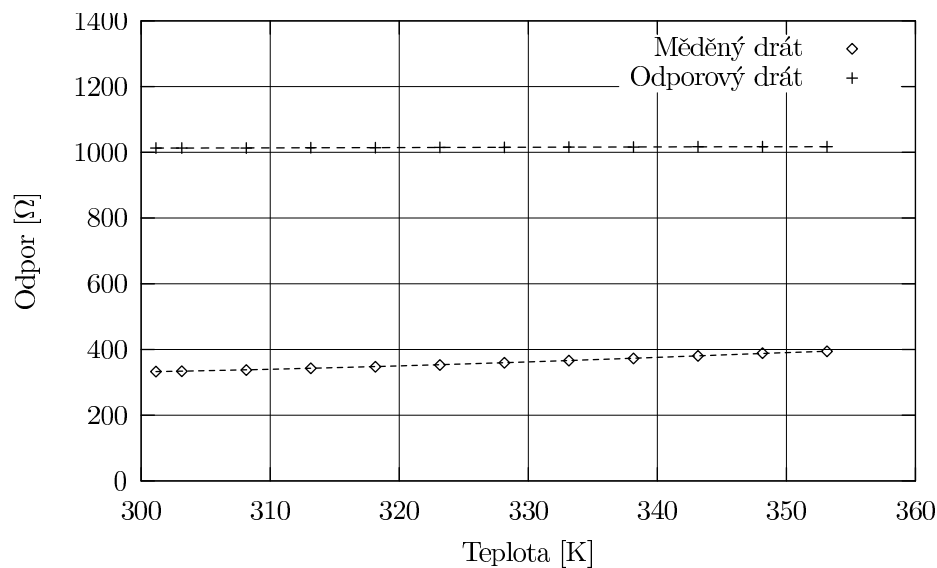
$R_3$  – Odpor odporového drátu.

$t$ [°C]	$T$ [K]	$R_1$ [ $\Omega$ ]	$R_2$ [ $\Omega$ ]	$R_3$ [ $\Omega$ ]
28	301	332,7	6200	1013
30	303	333,8	3802	1013
35	308	337,4	2601	1013
40	313	342,7	1756	1014
45	318	347,2	1330	1014
50	323	352,7	1166	1015
55	328	359,4	956	1015
60	333	366,0	754	1016
65	338	372,6	650	1016
70	343	380,5	567	1017
75	348	388,7	397	1017
80	353	394,4	247,1	1017

#### 1.4.1. Závislost odporu jako funkce termodynamické teploty



Obrázek 1: Průběh změřený pro negativní termistor.



Obrázek 2: Průběh změřený pro odporový a měděný drát.

#### 1.4.2. Výpočet koeficientů změn odporu

##### Koeficient $\alpha$ pro měděný drát

$$\alpha = \frac{R - R_0}{R_0(T - T_0)} = \frac{394,4 - 332,7}{332,7(353 - 301)} = 3,51 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

##### Koeficient $\alpha$ pro odporový drát

$$\alpha = \frac{R - R_0}{R_0(T - T_0)} = \frac{1017 - 1013}{1013(353 - 301)} = 0,076 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

##### Koeficient $\beta$ pro negat. termistor

$$\beta = \frac{\ln\left(\frac{R}{R_0}\right)}{\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}} = \frac{\ln\left(\frac{247,1}{6200}\right)}{\frac{1}{353} - \frac{1}{301}} = 6584,64 \text{ K}^{-1}$$

### 1.5. Závěr

Celková rezistivita kovů je závislá na teplotě  $T$  vlivem vlastnosti, která se projevuje tak, že s rostoucí teplotou stoupá počet srážek elektronů s kmitajícími atomy mřížky, které kmitají kolem svých středních poloh a rezistivita se tedy zvyšuje. Změřená závislost je téměř lineární.

U negativních termistorů dochází s rostoucí teplotou ke zvýšení koncentrace nosičů náboje v polovodiči a tím dochází ke snižování rezistivity. Změřená závislost je exponenciální.