

Meno: Škola: Trieda: Dátum:

1. Závislosť elektrického odporu kovového vodiča od teploty

Fyzikálny princíp:

Pri kovoch je vzrast elektrického odporu ΔR priamo úmerný zvýšeniu teploty Δt podľa vzťahu:

$$\Delta R = R_0 \alpha \Delta t ,$$

kde R_0 je pôvodná hodnota odporu a α je teplotný súčiniteľ odporu. Ak považujeme α za konštantné, nezávislé na teplote, potom je odpor R pri teplote t pre nie príliš široké teplotné intervaly daný vzťahom

$$R = R_0 (1 + \alpha t) , \tag{1}$$

kde R_0 je odpor pri teplote $t_0 = 0^\circ C$ a teplota t predstavuje rozdiel teplôt $\Delta t = t - t_0 = t$.

Závislosť elektrického odporu kovového vodiča od teploty je s pomerne dobrou presnosťou lineárna, a to najmä pri teplotách dostatočne vzdialených od teploty absolútnej nuly.

Rovnicu (1) môžeme upraviť na tvar

$$R = R_0 + R_0 \alpha t$$

Cieľ:

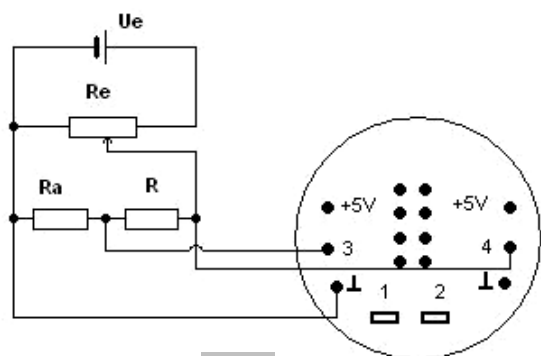
1. Odmerať závislosť odporu kovového vodiča na teplote
2. Z nameranej závislosti určiť odpor kovového vodiča pri teplote $0^\circ C$ a hodnotu teplotného súčiniteľa elektrického odporu α .

Pomôcky:

počítač s meracím panelom CoachLab II, program COACH5, senzor teploty (016&bt)(CMA)(-18..110C°), zdroj jednosmerného napätia (do 10 V), potenciometer R_e (1200 Ω , ak nemáme k dispozícii regulovateľný zdroj jednosmerného napätia), odporový normál R_A (napr. $R_A=10 \Omega$ z odporovej dekády), kovový vodič (napr. stočený medený drôt), ohrievač s vodným kúpeľom, spojovacie vodiče

Postup:

1. V časti Exploring Physics otvorte súbor „Závislosť odporu na teplote“. Pokiaľ súbor k dispozícii nemáte, pripravte novú úlohu. Na kanál 3, resp. 4 vložte voltmeter CMA 0..5 V, resp. CMA -10..10 V a na kanál 1 vložte senzor teploty. Dobu merania nastavte na 15 minút a sondu teploty pripojte na 1. kanál meracieho panela. Vytvorte graf závislosti napätia na kovovom vodiči na čase $U = f(t)$ a graf závislosti elektrického prúdu prechádzajúceho kovovým vodičom na čase $I = f(t)$. Na kanále 4 snímate napätie U_C z vetvy obvodu s odporovým normálom a kovovým vodičom. Na kanále 3 snímate napätie U_A z odporového normálu R_A . Napätie na kovovom vodiči získate ako rozdiel meraných napätí: $U = U_C - U_A$. Elektrický prúd I určíte nepriamo snímaním napätia U_A z odporu známej



obr. 1

hodnoty $R_A = 10 \Omega$ výpočtom na základe vzťahu $I = \frac{U_A}{R_A}$. Namerané hodnoty prúdu a napätia na koncoch


kovového vodiča využijeme na výpočet elektrického odporu vodiča.

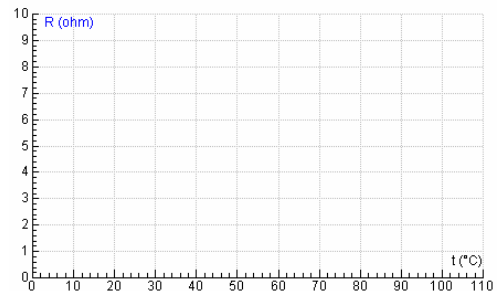
2. Zostavte elektrický obvod podľa schémy (obr.1). Kovový vodič a senzor teploty ponorte do ohrievača s vodným kúpeľom. Citlivá je špička senzora a preto ju nastavte na úroveň kovového vodiča.


3. Na zdroji jednosmerného napätia nastavte napätie napr. $U_e = 5\text{ V}$ a začnite ohrievať vodu.
4. Stlačením zeleného tlačidla START spustíte meranie. Rýchlosť ohrevu upravte tak, aby ste dosiahli zmenu teploty asi o $60\text{ }^\circ\text{C}$ počas nastavenej doby merania 15 min.
5. Po ukončení merania ohrievač vypnite a zdroj napätia odpojte.

Otázky a úlohy:

1. Do pripraveného grafu závislosti $R = f(t)$ zakreslite svoju predpoveď o priebehu sledovanej závislosti.

2. Vytvorte graf závislosti elektrického odporu na teplote, kde pre elektrický odpor zadefinujete vzťah $R = \frac{U}{I}$. Získanú závislosť porovnajte s vašou predpoveďou. Napíšte, akú závislosť vám pripomína graf $R = f(t)$. 



3. Graf závislosti $R = f(t)$ fitujte vhodne zvolenou funkciou. Zapíšte typ vybranej funkcie a hodnoty parametrov a, b, \dots 

$$f(x) = \qquad \qquad \qquad a = \qquad \qquad \qquad b =$$

4. Ktorú veličinu v našom meraní predstavuje nezávislá premenná x ?

$$x =$$

5. Ktorú veličinu v našom meraní predstavuje závislá premenná $y = f(x)$?

$$y = f(x) =$$

6. Aký je fyzikálny význam parametrov a, b vo funkcii, ktorou ste fitovali nameranú závislosť $R = f(t)$?

$$a = \qquad \qquad \qquad b =$$

7. Aká je hodnota odporu R_0 a teplotného súčiniteľa odporu α kovového vodiča?

$$R_0 = \qquad \qquad \qquad \alpha =$$

8. Určte odpor kovového vodiča pri teplote 40°C a pri teplotách 5°C a 100°C . 

$$R_{40} = \qquad \qquad \qquad R_5 = \qquad \qquad \qquad R_{100} =$$

2. Závislosť elektrického odporu termistora od teploty

Fyzikálny princíp:

Termistor je jednoduchá polovodičová súčiastka, ktorá sa skladá z kúska polovodiča a dvoch elektrických prívodov. S rastúcou teplotou rastie stredná kinetická energia a tým sa zväčšuje počet voľných elektrónov, ktoré sa uvoľnia z kovalentných väzieb a tiež i počet dier. Preto odpor polovodiča s rastúcou teplotou výrazne klesá, a jeho odpor závisí od teploty približne podľa vzťahu

$$R = A.e^{\frac{B}{T}} \qquad \qquad \qquad (2)$$

kde T je termodynamická teplota, $e = 2,718$ (Eulerovo číslo) a A, B sú parametre konkrétneho termistora. Ak zlogaritmuje túto rovnicu pri základe e , dostaneme

$$\ln R = B \cdot \frac{1}{T} + \ln A \quad (3)$$

Ak vynesieme na vodorovnú os veličinu $x = \frac{1}{T}$ a na zvislú os odpor v logaritmickej mierke $y = \ln R$, bude

grafom priamka, ktorej smernica je B a $\ln A$ určuje jej posunutie. Parametre A, B sa tak dajú získať pri fitovaní (aproximácii) priamkou a určenie ich hodnôt môžeme považovať za určenie kalibračnej krivky daného termistora.

Termistory sa používajú na meranie teplôt a s tým súvisiacich veličín, napr. rýchlosti vetra, rýchlosti prúdenia kvapalín atď. (čím rýchlejšie prúdi vzduch alebo kvapalina okolo termistora, tým rýchlejšie ho ochladzuje). Tiež sa termistory používajú na reguláciu teploty, na oneskorenie a spínanie v regulačnej technike (pri malej teplote má veľký odpor a viaže na seba prevažnú časť žeraviaceho napätia, zohrievaním sa odpor znižuje a celý výkon sa odovzdáva napr. vláknku elektrónky).

Cieľ:

1. Odmerať závislosť odporu termistora na teplote v teplotnom intervale aspoň 50°C.
2. Určiť parametre A, B termistora z grafu závislosti $\ln R = f\left(\frac{1}{T}\right)$.
3. Porovnať hodnoty teploty namerané priamo senzorom teploty a hodnoty teploty vypočítanej pomocou získaných parametrov A, B termistora.

Pomôcky:

počítač s meracím panelom CoachLab II, program COACH5, senzor teploty (016&bt)(CMA)(-18..110°C), zdroj jednosmerného napätia (do 10 V), potenciometer R_e (1200 Ω , ak nemáme k dispozícii regulovateľný zdroj jednosmerného napätia), odporový normál R_A (napr. $R_A=10\Omega$ z odporovej dekády), termistor (napr. tyčinkový typu NR-N2(N1)-150), ohrievač s vodným kúpeľom, spojovacie vodiče.

Postup:


Pri meraní postupujeme rovnakým spôsobom ako pri meraní závislosti odporu kovového vodiča na teplote len miesto kovového vodiča zapojíme do elektrického obvodu polovodič - termistor (obr.1).

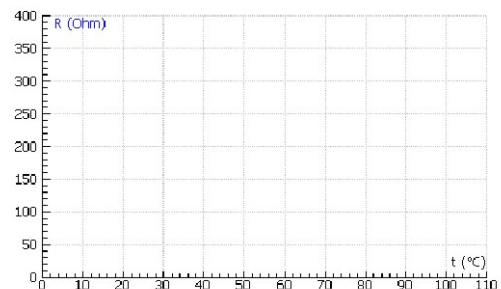
Otázky a úlohy:


1. Do pripraveného grafu závislosti $R = f(t)$ zakreslite svoju predpoveď o priebehu sledovanej závislosti.


2. Vytvorte graf závislosti elektrického odporu na teplote, kde

pre elektrický odpor zadefinujte vzťah $R = \frac{U}{I}$. Získanú

závislosť porovnajte s vašou predpoveďou. Napíšte, akú závislosť vám pripomína graf $R = f(t)$. 



3. Vytvorte nový graf zobrazujúci závislosť $\ln R = f\left(\frac{1}{T}\right)$. Akú závislosť vám pripomína graf $\ln R = f\left(\frac{1}{T}\right)$? 

4. Graf závislosti $\ln R = f\left(\frac{1}{T}\right)$ fitujte vhodne zvolenou funkciou. Zapište typ vybranej funkcie a hodnoty parametrov a, b, \dots 

$$f(x) = \qquad a = \qquad b =$$

5. Ktorú veličinu v našom meraní predstavuje nezávislá premenná x ?

$$x =$$

6. Ktorú veličinu v našom meraní predstavuje závislá premenná $y = f(x)$?

$$y = f(x) =$$

7. Aký je fyzikálny význam parametrov a, b vo funkcii, ktorou ste fitovali nameranú závislosť $\ln R = f\left(\frac{1}{T}\right)$?

$$a = \qquad b =$$

8. Aká je hodnota $\ln A$ a hodnoty konštánt A a B termistora?

$$\ln A = \qquad A = \qquad B =$$


9. Zapište závislosť odporu termistora na teplote matematickým vzťahom pre váš konkrétny termistor.

10. Určte odpor termistora pri teplote 40°C a pri teplotách 0°C a 150°C . 

$$R_{40} = \qquad R_0 = \qquad R_{150} =$$

11. Akú teplotu má termistor, ak jeho odpor je $R = 400 \Omega$?

12. Na základe rovnice (3) popisujúcej závislosť odporu termistora na teplote odvod'te vzťah vyjadrujúci závislosť teploty termistora na jeho elektrickom odpore. Teplotu pritom vyjadrite v Celziovej stupnici.

13. Vytvorte graf závislosti teploty odmeranej termistorom na čase. Zobrazte súčasne graf závislosti teploty na čase odmeranej teplotným senzorom. Hodnoty teploty namerané termistorom a teplotným senzorom navzájom porovnajte. 

$$t_{\text{sonda}} =$$

$$t_{\text{termistor}} =$$



Úloha 1. 2: Kliknite na  a zvolte *New diagram (Nový diagram)*. Zadaajte názov grafu: $R = f(t)$.

Súboru hodnôt *C1* priradte *Analog In 1: Temperature Sensor*. Zmeňte názov veličiny na *t*. Označte *Axis horizontal (Os horizontálna)*.

Súboru hodnôt *C2* priradte *Formula: U*. Označte *Axis invisible (Os neviditeľná)*.

Súboru hodnôt *C3* priradte *Formula: I*. Označte *Axis invisible (Os neviditeľná)*.

Súboru hodnôt *C4* priradte *Formula (Vzorec)* v tvare: $C2/C3$, označte *Axis first vertical (Prvá kolmice)*. Zadaajte *Quantity (Veličina)*: *R*, *Unit (jednotka)*: ohm, min: 0, max: 50.

Úloha 1. 3: Zvolte *Analyse/Function-fit (Analýza/Funkcia-fit)*, ktorú vyvoláte stlačením pravého tlačidla myši na grafe. Z ponuky *Function Type (Funkcia typu)* vyberte vhodnú funkciu a kliknite na ikonu *Auto fit*. Opíšte typ funkcie a hodnoty konštánt *a*, *b*.

Úloha 1. 8: Zvolte funkciu *Scan (Prezerat)*, ktorú vyvoláte stlačením pravého tlačidla myši na grafe závislosti $R = f(t)$.

Úloha 2. 2: Kliknite na  a zvolte *New diagram (Nový diagram)*. Zadaajte názov grafu: $R = f(t)$.

Súboru hodnôt *C1* priradte *Analog In 1: Temperature Sensor*. Zmeňte názov veličiny na *t*. Označte *Axis horizontal (Os horizontálna)*.

Súboru hodnôt *C2* priradte *Formula: U*. Označte *Axis invisible (Os neviditeľná)*.

Súboru hodnôt *C3* priradte *Formula: I*. Označte *Invisible axis (Os neviditeľná)*.

Súboru hodnôt *C4* priradte *Formula (Vzorec)* v tvare: $C2/C3$, označte *Axis first vertical (Prvá kolmice)*. Zadaajte *Quantity (Veličina)*: *R*, *Unit (Jednotka)*: ohm, min: 0, max: 400.

Úloha 2. 3: Kliknite na  a zvolte *New diagram (Nový diagram)*. Zadaajte názov grafu: $\ln R = f(1/T)$.

Súboru hodnôt *C1* priradte *Analog In 1: Temperature Sensor*. Zmeňte názov veličiny na *t*. Označte *Axis invisible (Os neviditeľná)*.

Súboru hodnôt *C2* priradte *Formula (Vzorec)* v tvare: $1/(c1+273.15)$. Označte *Axis horizontal (Os horizontálna)*. Zadaajte názov veličiny: $1/T$, jednotka: K-1, min: 0, max: 0.005.

Súboru hodnôt *C3* priradte *Formula: R*. Označte *Axis invisible (Os neviditeľná)*.

Súboru hodnôt *C4* priradte *Formula (Vzorec)* v tvare: $\ln(C3)$, označte *Axis first vertical (Prvá kolmice)*. Zadaajte *Quantity (Veličina)*: $\ln R$, *Unit (jednotka)*: ohm, min: 0, max: 10.

Úloha 2. 4: Zvoľte *Analyse/Function fit (Analýza/Funkcia fit)*, ktorú vyvoláte stlačením pravého tlačidla myši na grafe. Z ponuky *Function Type (Funkcia typu)* vyberte vhodnú funkciu a kliknite na ikonu *Auto fit*. Opíšte typ funkcie a hodnoty konštant a, b .

Úloha 2. 10: Zvoľte funkciu *Scan (Prezerat)*, ktorú vyvoláte stlačením pravého tlačidla myši na grafe závislosti $R = f(t)$.

Úloha 2. 13: Kliknite na  a zvoľte *New diagram (Nový diagram)*. Zadajte názov grafu: $t1 = f(\text{tau})$.

Súboru hodnôt *C1* prirad'te *Clock*. Zmeňte názov veličiny na *tau*. Označte *Axis horizontal (Os horizontálna)*.

Súboru hodnôt *C2* prirad'te *Formula: Fit of ln R*. Označte *Axis invisible (Os neviditeľná)*.

Súboru hodnôt *C3* prirad'te *Formula (Vzorec)* v tvare: $B/(c2 - \ln A) - 273.15$, pričom za parametre A, B dosad'te ich zistené hodnoty. Označte *Axis first vertical (Prvá kolmica)*. Zadajte *Quantity (Veličina):* t_1 , *Unit (jednotka):* °C, min: 0, max: 100.