

Oddělení fyzikálních praktik při Kabinetu výuky obecné fyziky MFF UK

PRAKTIKUM 2

Úloha č.: 4.

Název: Měření malých odporů

Vypracoval: Mária Šoltésová stud. sk. F – 14 dne 21. 10. 2005

Odevzdal dne: vráceno:

Odevzdal dne: vráceno:

Odevzdal dne:

Posuzoval:dne výsledek klasifikace

Připomínky:

Pracovní úloha:

1. Změřte odpor šesti drátů Wheatstoneovým a Thomsonovým mostíkem Metra – MTV. Vysvětlíte rozdíly ve výsledcích měření.
2. Stanovte měrný odpor jednotlivých vzorků aj s příslušnou chybou výsledku. Stanovené hodnoty porovnejte s hodnotami uváděnými v tabulkách.

Teoretická časť:

Wheatstoneov mostík

Je to jednoduchý mostíkový obvod znázornený na obr. 1. Ak tečie indikátorom G nulový prúd, t. j. $I_5 = 0$, platia rovnice podľa [1]:

$$\begin{aligned}I_1 &= I_3 \\I_2 &= I_4 \\I_1 R_1 &= I_2 R_2 \\I_3 R_3 &= I_4 R_4\end{aligned}\tag{1}$$

Zo série rovníc (1) plynie vzťah platný pre mostík v rovnováhe:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}\tag{2}$$

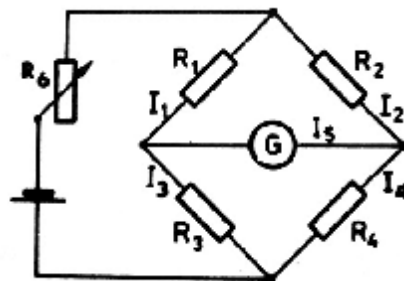
Hľadaný odpor X určíme podľa vzťahu

$$X = \frac{a}{b} R,\tag{3}$$

ktorý v našej schéme zodpovedá vzťahu

$$R_1 = \frac{R_3}{R_4} R_2.\tag{4}$$

Obr. 1: *Wheatstonov mostík*



Thomsonov mostík

Schéma Thomsonovho mostíka je znázornená na obr. 2 z [1]. Ak je mostík vyrovnaný, tečie galvanometrom G nulový prúd, odpormi p , q tečie rovnaký prúd i . Napätie na odpore P musí byť preto rovné napätiu na odporoch R_N a p , preto platí

$$IP = I_0 R_X + ip.\tag{5}$$

Obdobne pre druhú polovicu mostíka

$$IQ = I_0 R_X + iq.\tag{6}$$

Ak zvolíme odpory P , p , Q , q tak, aby platilo

$$\frac{P}{p} = \frac{Q}{q},\tag{7}$$

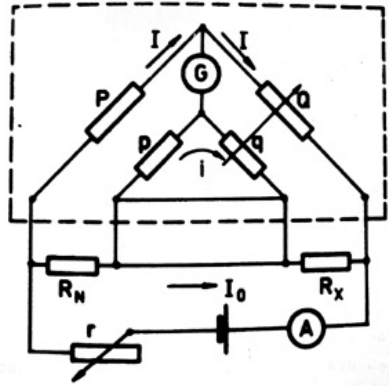
dostaneme vzťah pre hľadaný odpor

$$R_X = \frac{R_N}{R_p} R,\tag{8}$$

ktorý zodpovedá v našej schéme vzťahu

$$R_x = \frac{Q}{P} R_N, \quad (9)$$

Obr. 2: Thomsonov mostík



Merný odpor

Merný odpor ρ je definovaný vzťahom

$$r = \frac{RS}{l}, \quad (10)$$

kde R je odpor homogénneho vodiča dĺžky l a prierezu S . Aby sme mohli určiť merný odpor vodiča, potrebujeme zmerať jeho dĺžku l a priemer d , merný odpor potom určíme ako

$$r = \frac{\rho d^2 R}{4l}. \quad (11)$$

Výsledky meraní:

Najprv sme zmerali rozmery preverovaných drôtov, namerané hodnoty sú uvedené v tabuľke 1. Dĺžku drôtu sme určili pásmovým meradlom rovnakú pre všetky drôty, $l = (90,2 \pm 0,5)$ cm. Chyba určenia dĺžky je odhadnutá vzhľadom k prehnutiu drôtov. Priemer drôtov sme určili meraním na rôznych miestach mikrometrickým meradlom.

Tabuľka 1: Rozmery drôtov

materiál	volfrám	meď	konštantán	železo	mosadz	chrómnikel
priemer d_i [mm]	0,68	1,03	0,39	0,49	0,59	1,01
	0,69	1,01	0,40	0,48	0,59	1,05
	0,68	0,99	0,40	0,48	0,59	1,01
	0,70	0,99	0,40	0,48	0,59	1,01
	0,68	1,03	0,39	0,49	0,58	1,04
\bar{d} [mm]	0,69	1,01	0,40	0,48	0,59	1,02
σ_d [mm]	0,02	0,04	0,01	0,01	0,01	0,04

Hodnota \bar{d} určuje aritmetický priemer nameraných hodnôt, σ_d určuje štatistickú chybu, chyba meracieho zariadenia je oproti nej zanedbateľná.

Wheatstoneov mostík

Odpor drôtu meraný Wheatstoneovým mostíkom sa určuje podľa vzťahu (3), hodnotu odporu R sme nastavovali na päťmiestnej dekáde, pomer $\frac{a}{b}$ sme nastavili ako $\frac{a}{b} = \frac{1}{1000}$.

Nameraný odpor treba korigovať vzhľadom k odporu prírodných vodičov, ktorý sme určili ako $R_v = (36,3 \pm 0,2) \text{ m}\Omega$. Namerané hodnoty odporov sú uvedené v tabuľke 2.

Tabuľka 2: Meranie odporov Wheatstoneovým mostíkom

materiál	volfrám	meď	konštantán	železo	mosadz	chrómnikel
$X [\text{m}\Omega]$	182,5	60,6	3787,4	667,9	258,0	1289,7
$\sigma_X [\text{m}\Omega]$	0,2	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6
$X_k [\text{m}\Omega]$	146,2	24,3	3751,1	631,6	221,7	1253,4
$\sigma_{X_k} [\text{m}\Omega]$	0,8	0,2	21	3,5	1,3	6,9
$10^8 \rho [\Omega \cdot \text{m}]$	6,0	5,4	52	14	7,8	118
$10^8 \sigma_\rho [\Omega \cdot \text{m}]$	0,3	0,3	3	1	0,3	7

Hodnota σ_X udáva odchýlku určenú z toho, na aké malé zmeny odporu dekády galvanometer ešte viditeľne zareagoval. Hodnota X_k určuje odpor korigovaný vzhľadom na odpor prírodných vodičov, je daná rozdielom $X_k = X - R_v$. Merný odpor drôtov udáva hodnota ρ , chyba σ_ρ prenesením chýb z veličín vystupujúcich vo vzťahu (10).

Thomsonov mostík

Odpor drôtu meraný Thomsonovým mostíkom sa určuje podľa vzťahu (8), hodnotu odporu R sme nastavovali na odporovej dekáde, R_N je normálový odpor, ktorého hodnota bola $R_N = 0,1 \Omega$, odpor R_P sme nastavili podľa potreby ako $R_P = 1000 \Omega$ alebo $R_P = 100 \Omega$. Namerané hodnoty odporov sú uvedené v tabuľke 3.

Tabuľka 3: Meranie odporov Thomsonovým mostíkom

materiál	volfrám	meď	konštantán	železo	mosadz	chrómnikel
$R_X [\text{m}\Omega]$	137,6	20,0	3605,3	695,3	221,1	1247,3
$\sigma_{R_X} [\text{m}\Omega]$	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
$R_N [\Omega]$	1000	1000	100	1000	1000	100
$10^8 \rho [\Omega \cdot \text{m}]$	5,6	1,8	49	14,2	6,7	114
$10^8 \sigma_\rho [\Omega \cdot \text{m}]$	0,2	0,1	1	0,3	0,1	7

Chybu σ_{R_X} sme určili podľa toho, na aké zmeny odporu na dekáde galvanometer ešte viditeľne zareagoval. Hodnota ρ je merný elektrický odpor drôtu, chyba σ_ρ prenesením chýb z veličín vystupujúcich vo vzťahu (10).

Zistené hodnoty merného odporu sme porovnali s tabuľkovými hodnotami [2], porovnanie je uvedené v tabuľke 4.

Tabuľka 4: Porovnanie zistených a tabuľkových hodnôt merných odporov

		volfrám	meď	konštantán	železo	mosadz	chrómnikel
Wheatstone	$10^8 \rho [\Omega \cdot \text{m}]$	6,0	5,4	52	14	7,8	118
	$10^8 \sigma_\rho [\Omega \cdot \text{m}]$	0,3	0,3	3	1	0,3	7
Thomson	$10^8 \rho [\Omega \cdot \text{m}]$	5,6	1,8	49	14,2	6,7	114
	$10^8 \sigma_\rho [\Omega \cdot \text{m}]$	0,2	0,1	1	0,3	0,1	7
tabuľkový	$10^8 \rho [\Omega \cdot \text{m}]$	4,89	1,56	49	8,81	7-9	105

Diskusia:

Porovnaním hodnôt v tabuľke 4 zistíme, že hodnoty merného odporu určené obidvoma metódami sú podobné, až na hodnotu merného odporu medi, čo mohlo byť spôsobené hrubou

chybou merania. Hodnoty merané Wheatstoneovým mostíkom bolo potrebné korigovať vzhľadom k odporu prívodných vodičov, aby sme vylúčili systematickú chybu. Ďalšia systematická chyba vzniká kvôli prechodným odporom na kontaktoch so vzorkou. Odpory namerané Wheatstoneovým mostíkom sú preto vyššie ako hodnoty namerané Thomsonovým mostíkom, u ktorého meranie nie je touto chybou zaťažené. Metódu merania Thomsonovým mostíkom preto môžeme považovať za presnejšiu.

Ak porovnáme určené hodnoty merného odporu s tabuľkovými hodnotami [2], zistíme, že sa v niektorých prípadoch zhodujú, rozdiely môžu byť spôsobené teplotnou závislosťou merného elektrického odporu, napríklad merný odpor medi a volfrámu výraznejšie závisí od teploty (tabuľkové hodnoty sú udávané pre teplotu 0 °C). Aby sme obmedzili vplyv teploty, merali sme odpor pri takých prúdoch, aby sa vzorka príliš nezahrievala. Rozdiely medzi tabuľkovými hodnotami a určenými hodnotami odporu môžu byť takisto spôsobené odlišným zložením zliatin.

Na chybe určenia merného odporu drôtov sa podieľa hlavne chyba určenia priemeru drôtu, ktorý vo vzťahu (10) vystupuje v druhej mocnine, takisto aj chyba určenia dĺžky drôtov, ktoré neboli dokonale rovné, ale na mierne poprehýbané.

Záver:

Zmerali sme odpor šiestich drôtov z rôzneho materiálu Wheatstoneovým mostíkom a Thomsonovým mostíkom (tabuľka 2 a 3), vypočítali sme merný odpor drôtov a výsledky sme porovnali s tabuľkovými hodnotami (tabuľka 4). Na základe porovnaní výsledkov meraní môžeme považovať meranie Thomsonovým mostíkom za presnejšie.

Literatúra:

[1] Doc. RNDr. Roman Bakule, CSc., Doc. RNDr. Jíří Šternberk, CSc., Fyzikální praktikum II. Elektřina a magnetismus, Státní pedagogické nakladatelství Praha

[2] J. Brož, V. Roskovec, M. Valouch, Fyzikální a matematické tabulky, SNTL, Praha 1980