

Oddělení fyzikálních praktik při Kabinetu výuky obecné fyziky MFF UK

PRAKTIKUM II

Úloha č.:IV.....

Název: Meranie malých odporov

Vypracoval:.... **Viktor Babjak** ... stud. sk. .. F 11 .. dne..... 5. 12. 2005

Odevzdal dne: vráceno:

Odevzdal dne: vráceno:

Odevzdal dne:

Posuzoval: **Kraus**.....dne výsledek klasifikace**1**.....

Připomínky:

Strana 3: R_{v1} a R_{v2} je potrebné merať spolu, aby boli korektné prechodové odpory

Pracovné úlohy:

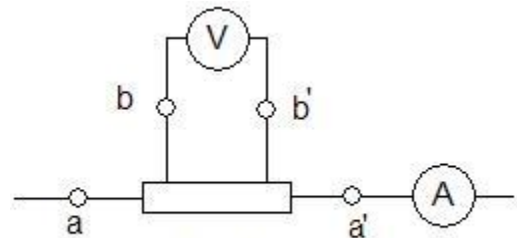
1. Zmerajte odpor šiestich drôtov Wheatstonovým a Thomsonovým mostíkom Metra – MTW. Vysvetlite rozdiel vo výsledkoch merania.
2. Stanovte merný odpor jednotlivých vzoriek i s príslušnou chybou výsledku. Stanovené hodnoty porovnajte s hodnotami uvádzanými v tabuľkách.

Teoretická časť:

Mostíkové metódy patria medzi najpresnejšie, teda aj najpoužívanejšie metódy merania.

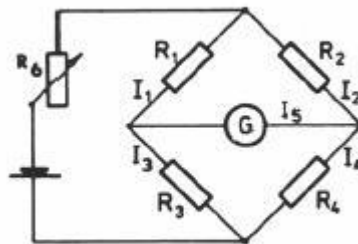
Štvorbodové zapojenie rezistora

Pri štvorbodovom zapojení, vid' *obrázok 1*, musia byť na rezistore (alebo na inom prvku) štyri kontakty (svorky). Vonkajšie (prúdové) kontakty a, a' sa zapájajú sériovo do obvodu so zdrojom napätia. Medzi vnútornými kontaktmi b, b' meriame napätie. Pri tomto usporiadaní sa neuplatní odpor prívodov ku prúdovým kontaktom (ani ich prechodový odpor).



Obrázok 1

Wheatstoneov mostík



Obrázok 2

Schéme zapojenia je na *obrázku 2*. Keď indikátorom G tečie nulový prúd, t.j. $I_5 = 0$, platia rovnice $I_1 = I_3, I_2 = I_4, I_1 R_1 = I_2 R_2, I_3 R_3 = I_4 R_4$. Z týchto rovníc pre mostík v rovnováhe platí

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \Rightarrow R_1 = \frac{R_3}{R_4} R_2. \quad (1)$$

Ak tri odpory sú známe (R_1, R_2, R_3), tak môžeme určiť štvrtý neznámy odpor R_4 .

Odpor R_2 je tvorený odporovou dekadou. Ako odpory R_3 resp. R_4 môžeme zaradiť ľubovoľnú z hodnôt 1, 10, 100 a 1000 Ω , t.j. pomer R_3 a R_4 môžeme meniť po dekadických hodnotách od 10^{-1} do 10^n ($n = 0, 1, 2, 3$).

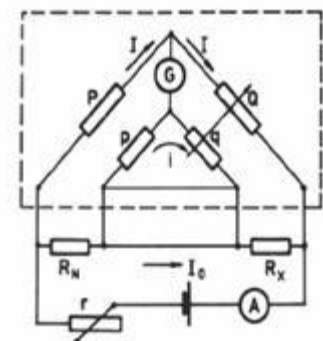
Pri meraní odporov menších ako 1 Ω sa nepriaznivo uplatňuje vplyv spojovacích vodičov. Relatívna systematická chyba je tým väčšia, čím menší odpor meriame.

Thomsonov mostík

Ak je mostík vyrovnaný, medzi bodmi v ktorých je pripojený indikátor G , je nulový rozdiel potenciálov. Odpormi p a q potom tečie rovnaký prúd i . Napätie na odpore P musí byť rovné napätiu na odporoch R_N a p , a preto platí $IP = I_0 R_N + ip$, resp. pre druhú časť obvodu $IQ = I_0 R_X + iq$. Ak zvolíme p, P, q, Q tak, aby platilo

$$\frac{P}{p} = \frac{Q}{q}, \text{ potom pre neznámy odpor } R_X \text{ platí}$$

$$R_X = \frac{Q}{P} R_N.$$



Obrázok 3

Pri meraní je P odpor, ktorý nastavíme pevne a Q odpor, ktorý nastavujeme na odporovej dekáde. Mostík je určený na meranie odporov menších ako 1Ω . Presné meranie vyžaduje štvorbodové zapojenie meraného odporu R_X i odporového normálu R_N . Ak sú odpory R_X a R_N menšie ako 1Ω , môžeme dosiahnuť to, že odpory P , p , Q , q sú aspoň tisíckrát väčšie ako R_N a R_X , t.j. prúdy i a I budú najmenej tisíckrát menšie ako I_0 . Spád napätia na prírodných vodičoch k mostíku a na svorkách neovplyvní podstatnejšie výsledok merania.

Merný odpor

Ak R je odpor homogénneho vodiča, S jeho prierez a l jeho dĺžka, potom merný odpor definujeme

$$r = R \frac{S}{l}. \quad (3)$$

Výsledky merania:

V tejto úlohe som určoval odpor šiestich drôtov (chrómnikel, mosadz, železo, konštantán, meď, wolfrám).

Pomocou pásového meradla som určil dĺžku drôtov. Chybu merania pomocou pásového meradla odhadujem podľa prehnutia drôtu na $0,5 \text{ cm}$.

$$l = (89,8 \pm 0,5) \text{ cm}$$

Pomocou mikrometra som určil priemery d jednotlivých drôtov. Vzhľadom k nerovnostiam som priemer drôtov určoval na piatich rôznych miestach. Výslednú chybu priemeru som určil ako kvadratický priemer štatistickej chyby a chyby meracieho prístroja, ktorá je $0,005 \text{ mm}$, viď [2]. Namerané hodnoty sú uvedené v tabuľke 1.

Tabuľka 1 – Priemery drôtov

	d_1 [mm]	d_2 [mm]	d_3 [mm]	d_4 [mm]	d_5 [mm]	d [mm]	σ_d [mm]
chrómnikel	1,000	1,020	1,030	1,005	1,000	1,011	0,013
mosadz	0,595	0,590	0,590	0,595	0,595	0,593	0,006
železo	0,495	0,495	0,490	0,485	0,495	0,492	0,006
konštantán	0,400	0,400	0,395	0,395	0,400	0,398	0,006
meď	1,020	1,045	1,005	1,005	1,025	1,020	0,016
wolfrám	0,685	0,685	0,690	0,690	0,690	0,688	0,006

V tabuľkách chybu jednotlivých veličín označujem σ .

Meranie Wheatstoneovým mostíkom

Pri meraní pomocou Wheatstonovho mostíka som neznámy odpor určoval podľa $X = \frac{a}{b} R$.

Hodnoty odporov a a b som nastavoval pomocou kolíkov. Aby som využil všetky miesta na dekáde, zvolil som pomer $\frac{a}{b} = \frac{1}{1000}$. R je odpor, ktorý som nastavoval na odporovej dekáde.

Namerané hodnoty závisia na upevnení prírodných vodičov ku meraným drôtom (meranie ovplyvňujú prechodové odpory). Určenie hodnoty odporu drôtov je zaťažené systematickou chybou, ktorá súvisí s tým, že nemôžeme zanedbať odpor prírodných vodičov.

Odpor prírodných vodičov som určil pomocou Thomsonovho mostíka – chybu odhadujem na $0,5 \text{ m}\Omega$:

- prvý vodič: $R_{v1} = (16,9 \pm 0,5) \text{ m}\Omega$
- druhý vodič: $R_{v2} = (33,0 \pm 0,5) \text{ m}\Omega$

Výsledný odpor prírodných vodičov, ktoré boli spojené sériovo, určím ako súčet R_{v1} a R_{v2} . Chybu odporu určím podľa [2] – chyby jednotlivých veličín v celej úlohe určujem podľa kvadratického zákona prenosu chýb.

- odpor prírodných vodičov: $R = (49,9 \pm 0,7) m\Omega$

Namerané hodnoty sú uvedené v *tabuľke 2*. Chybu určenia odporu drôtov odhadujem na $0,5 m\Omega$. Na základe nameranej hodnoty odporu prírodných vodičov uvádzam v *tabuľke* aj korigované hodnoty odporu drôtov R^* , na základe ktorých som určil aj merný elektrický odpor ρ .

Tabuľka 2 – Meranie pomocou Wheatstonovho mostíka

	$R [m\Omega]$	$\sigma_R [m\Omega]$	$R^* [m\Omega]$	$\sigma_{R^*} [m\Omega]$	$\rho \cdot 10^{-8} [\Omega m]$	$\sigma_\rho \cdot 10^{-8} [\Omega m]$
<i>chrómnikel</i>	1232,9	0,5	1183,0	0,7	105,8	2,8
<i>mosadz</i>	274,0	0,5	224,1	0,7	6,89	0,15
<i>železo</i>	684,1	0,5	634,2	0,7	13,43	0,34
<i>konštantán</i>	3664,2	0,5	3614,3	0,7	50,1	1,5
<i>meď</i>	70,9	0,5	21,0	0,7	1,91	0,08
<i>wolfrám</i>	194,0	0,5	144,1	0,7	5,97	0,11

Meranie Thomsonovým mostíkom

Pri meraní pomocou Thomsonovho mostíka som neznámy odpor počítal podľa $R_x = \frac{R_N}{R_P} R$.

R_N normálový odpor mal hodnotu $0,1\Omega$. R_P je odpor, ktorý som nastavoval pomocou kolíkov: 100Ω pre chrómnikel a konštantán a 1000Ω pre mosadz, železo, meď a wolfrám (kolíky a, b musia byť v rovnakej polohe). R je odpor, ktorý som nastavoval na odporovej dekáde. Odpor prírodných vodičov neovplyvňuje výsledok merania (pretože sa používa štvorbodové zapojenie).

Namerané hodnoty sú uvedené v *tabuľke 3*. Chybu určenia odporu drôtov odhadujem na $0,5 m\Omega$. V *tabuľke* uvádzam aj vypočítané hodnoty merného elektrického odporu, podľa (3). Chybu merného elektrického odporu som určil podľa kvadratického zákona prenosu chýb, vid' [2].

Tabuľka 3 – Meranie pomocou Thomsonovho mostíka

	$R [m\Omega]$	$\sigma_R [m\Omega]$	$\rho \cdot 10^{-8} [\Omega m]$	$\sigma_\rho \cdot 10^{-8} [\Omega m]$
<i>chrómnikel</i>	1179,9	0,5	105,5	2,8
<i>mosadz</i>	222,4	0,5	6,84	0,14
<i>železo</i>	658,0	0,5	13,93	0,35
<i>konštantán</i>	3601,0	0,5	49,9	1,5
<i>meď</i>	20,0	0,5	1,82	0,07
<i>wolfrám</i>	138,2	0,5	5,72	0,11

V *tabuľke 4* uvádzam podľa [3] *tabuľkové* hodnoty merného elektrického odporu.

Tabuľka 4 – Tabuľkové hodnoty merného elektrického odporu

	$\rho \cdot 10^{-8} [\Omega m]$
<i>chrómnikel</i>	104,5
<i>mosadz</i>	7,26
<i>železo</i>	13,5
<i>konštantán</i>	49,05
<i>meď</i>	1,72
<i>wolfrám</i>	5,48

Diskusia výsledkov:

Meranie Wheatstoneovým mostíkom

Pri určovaní odporov pomocou Wheatstonovho mostíka sa prejavil odpor prírodných vodičov, ktorý nemôžeme zanedbať, a preto pomocou Thomsonovho mostíka som určil ich odpor a previedol korekciu nameraných hodnôt odporu drôtov.

Namerané hodnoty odporu dosť závisia na upevnení kontaktov (keď som pootočil kontakt medzi prírodným vodičom a meraným drôtom, tak sa mierne zmenila aj nameraná hodnota odporu – v prípade wolfrámu asi o $2\text{ m}\Omega$).

Meranie Thomsonovým mostíkom

Pri tomto meraní sa neprejavil odpor prírodných vodičov, pretože pri Thomsonovom mostíku sa používa štvorbodové zapojenie neznámeho rezistoru. Chyba určenia odporu je daná chybou meracích prístrojov – odporovej dekády.

Porovnanie nameraných hodnôt

Hodnoty odporu namerané pomocou Wheatstoneovho a Thomsonovho mostíka sa pre chrómnikel, mosadz a konštantán zhodujú; pre železo, meď a wolfrám sa stredné hodnoty odlišujú o 3,8–4,8% .

Odchýlky medzi nameranými hodnotami sú spôsobené pravdepodobne chybným určením odporu pomocou Wheatstonovho mostíka, pri ktorom nameraná hodnota dosť záležala na upevnení kontaktov (na prechodových odporoch).

Merný elektrický odpor

Merný elektrický odpor charakterizuje daný materiál. Vypočítané hodnoty pre chrómnikel, železo a konštantán sa v rámci chyby zhodujú; pre mosadz, meď a wolfrám sa stredné hodnoty odlišujú o 5–8% . T.j. pri nízkych odporoch je väčšia relatívna chyba určenia odporu, ktorá sa prejavuje aj na určení ρ . Najväčší vplyv na chybu mernej elektrickej vodivosti má priemer drôtu, ktorý vystupuje vo vzťahu (3) v druhej mocnine; chyba určenia dĺžky drôtu sa prejaví menej.

Záver:

Pomocou Wheatstoneovho a Thomsonovho mostíka som určil malé odpory šiestich drôtov (chrómnikel, mosadz, železo, konštantán, meď, wolfrám). Namerané hodnoty sú uvedené v *tabuľkách 2 a 3*. Pomocou Thomsonovho mostíka som určil odpor prírodných vodičov.

Z nameraných hodnôt odporov a rozmerov vodičov (*tabuľka 1*) som vypočítal merný elektrický odpor ρ (*tabuľky 2 a 3*) – vypočítané hodnoty som porovnal s tabuľkovými hodnotami (*tabuľka 4*).

Literatúra:

- [1] Bakule, J.; Štenberk: Fyzikálne praktikum II; SPN; Praha 1989
- [2] English, J.; Zpracování výsledků fyzikálních měření, LS 1999/2000
- [3] Fyzikální a matematické tabulky, J. Brož, V. Roskovec, M. Valouch, SNTL, Praha 1980