

Oddělení fyzikálních praktik při Kabinetu výuky obecné fyziky MFF UK

PRAKTIKUM II

Úloha č.: IV

Název: Měření malých odporů

Vypracovala: stud. sk. dne: 28.02.04.....

Odevzdal dne: vráceno:

Odevzdal dne: vráceno:

Odevzdal dne:

Posuzoval: dne výsledek klasifikace

Připomínky:

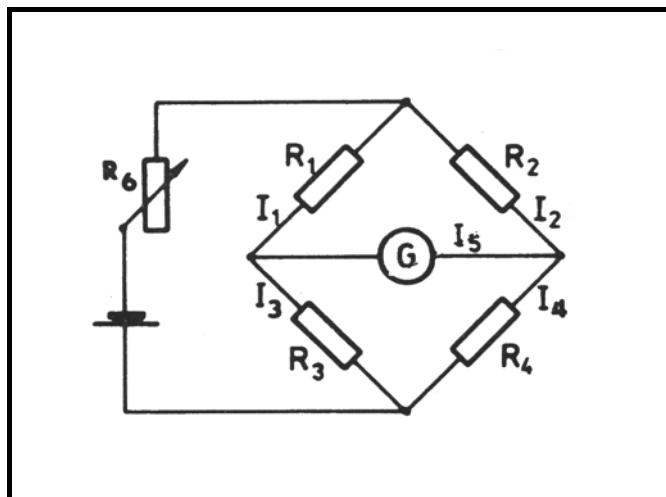
I. Pracovní úkol

- I. Změřte odpor vzorků drátů Wheatstoneovým a Thomsonovým můstkem. Vysvětlete rozdíly ve výsledcích měření.
- II. Vypočítejte měrný odpor jednotlivých vzorků i s příslušnou chybou výsledku. Stanovené hodnoty porovnejte s hodnotami uváděnými v tabulkách.

II. Teorie

A. Wheatstoneův můstek

Wheatstoneův můstek je jednoduchý můstkový obvod složený ze čtyř odporů (viz obr. 1).



obr. 1

Teče-li indikátorem G nulový proud, to je $I_5 = 0$, platí rovnice:

$$I_1 = I_3, I_2 = I_4, I_1 R_1 = I_2 R_2, I_3 R_3 = I_4 R_4 \quad (1)$$

Ze série rovnic (1) plyne vztah platný pro můstek v rovnováze:

$$R_1 : R_2 = R_3 : R_4 \quad (2)$$

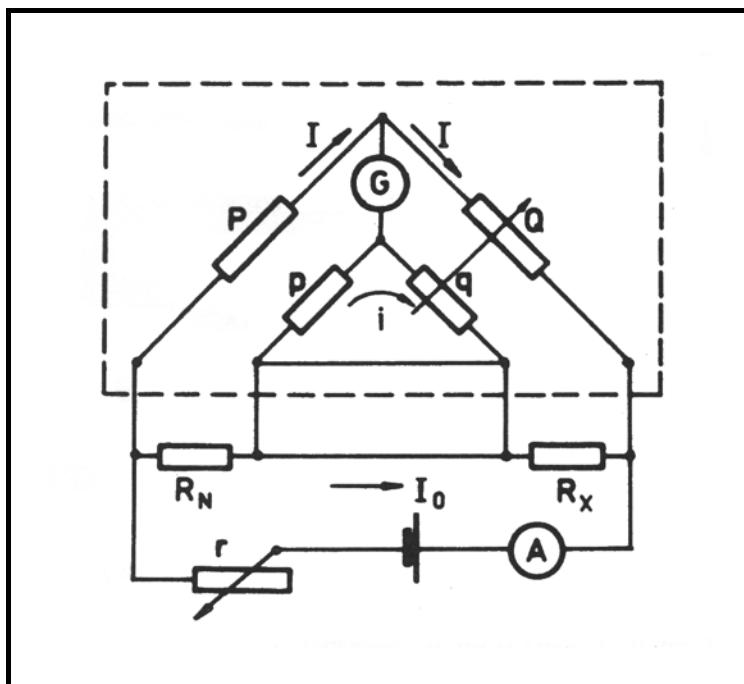
Vztah (2) umožňuje určit pomocí tří známých odporů např. R_2 , R_3 , R_4 čtvrtý neznámý odpor R_1 . Odpor R_6 slouží k nastavení citlivosti. Jeden z odporů, např. R_2 , je tvořen pětimístným dekádovým odporem. Jako R_3 a R_4 lze nastavit hodnoty 1 , 10 , 100 , $1\,000\,\Omega$. Poměr $R_3 : R_4$ lze měnit od 10^{-n} do 10^n , kde $n = 0, 1, 2, 3$. Potom:

$$R_1 = 10^{\pm n} R_2 \quad (3)$$

Při měření odporů menších, než 1Ω musíme počítat s tím, že se nám nepříznivě uplatňuje i vliv spojovacích vodičů.

B. Thomsonův můstek

Při měření malých odporů získáme správné výsledky, použijeme-li Thomsonův můstek, jehož schéma je na obr. 2.



obr. 2

Je-li můstek vyrovnan, je mezi body, ve kterých je připojen indikátor G , nulový rozdíl potenciálu. Odporů p , q pak teče stejný proud i . Napětí na odporu P musí být rovno napětí na odporech R_N a p . A proto platí:

$$IP = I_0 R_N + ip \quad (4)$$

Pro druhou polovinu můstku platí:

$$IQ = I_0 R_X + iq \quad (5)$$

Z (4), (5) plyne:

$$\frac{R_N}{R_X} = \frac{P}{Q} \cdot \frac{I - \frac{pi}{P}}{I - \frac{qi}{Q}} \quad (6)$$

Zvolíme-li P, p, Q, q tak, aby platilo

$$p : P = q : Q \quad (7)$$

zjednoduší se (6) na

$$R_X = \frac{Q}{P} \cdot R_N \quad (8)$$

C. Měrný odpor

Měrný odpor je definován vztahem:

$$\rho = \frac{RS}{l} \quad (9)$$

R odpor homogenního vodiče

l délka vodiče

S průřez vodiče

Průřez vodiče spočítáme ze vztahu:

$$S = \frac{\pi d^2}{4} \quad (10)$$

d průměr drátu

III. Výsledky měření

A. Odpor měřený Wheatstoneovým můstkem

tab. 1 – odpor drátů měřený Wheatstoneovým můstkem							
druh drátu	měď	wolfram	konstantan	železo	mosaz	chromnikl	přívodní vodiče
R [mΩ]	56,4	176,3	3730,0	797,4	257,0	1213,1	31,7

B. Odpor měřený Thomsonovým můstkem

tab. 2 – odpor drátů měřený Thomsonovým můstkem

druh drátu	měď	wolfram	konstantan	železo	mosaz	chromnikl
R [mΩ]	19,9	137,4	3690,0	655,0	219,9	1180,0

C. Měrný odpor

Délka drátu $l = (90 \pm 2) \text{ cm}$.

tab. 3 – průměry měřených drátů v mm

											průměr
wolfram	0,68	0,69	0,79	0,69	0,68	0,69	0,69	0,68	0,68	0,69	$0,69 \pm 0,01$
měď	1,00	1,00	1,00	1,12	1,06	1,01	1,02	1,05	1,03	1,06	$1,03 \pm 0,01$
konstantan	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,39	0,40	0,40	0,40	$0,40 \pm 0,01$
železo	0,48	0,48	0,49	0,48	0,47	0,49	0,48	0,49	0,49	0,48	$0,48 \pm 0,01$
mosaz	0,59	0,60	0,59	0,59	0,60	0,59	0,59	0,60	0,60	0,59	$0,59 \pm 0,01$
chromnikl	1,00	1,03	0,99	1,00	0,99	1,00	0,99	1,01	1,00	1,00	$1,00 \pm 0,01$

průměr drátu byl měřený mikrometrickým šroubem

tab. 4 – měrný odpor drátů

druh drátu	měď	wolfram	konstantan	železo	mosaz	chromnikl
$\rho_w [\mu\Omega \cdot \text{m}]$	$0,060 \pm 0,002$	$0,0229 \pm 0,0007$	$0,52 \pm 0,03$	$0,154 \pm 0,007$	$0,068 \pm 0,003$	$1,03 \pm 0,03$
$\rho_T [\mu\Omega \cdot \text{m}]$	$0,057 \pm 0,002$	$0,0184 \pm 0,0005$	$0,52 \pm 0,03$	$0,132 \pm 0,006$	$0,067 \pm 0,003$	$1,03 \pm 0,03$

ρ_w je měrný odpor měřený Wheatstoneovým můstkem s odečtením odporu přívodních vodičů

ρ_T je měrný odpor měřený Thomsonovým můstkem

chyby jsou počítány jako chyby nepřímých měření

IV. Diskuse

Odpor drátu jsme změřili pomocí Wheatstoneova a Thomsonova můstku. Odpor, zjištěný pomocí Wheatstoneova můstku, nám vyšel o něco větší, než odpor zjištěný pomocí

Thomsonova můstku. Je to způsobeno systematickou chybou, které se dopouštíme tím, že kromě odporu zkoumaného drátu měříme i odpor přívodních vodičů. Odpor přívodních vodičů jsme změřili zvlášť a po odečtení jeho hodnoty od změřených hodnot odporů zkoumaných vodičů se nám ve většině případů shodují v rámci chyb s hodnotami naměřenými Thomsonovým můstkem.

tab. 5 – srovnání naměřeného měrného odporu s tabelovanou hodnotou			
materiál drátu	naměřené hodnota [$\mu\Omega\cdot m$]	hodnota při 0°C [$\mu\Omega\cdot m$]	hodnota při 20°C [$\mu\Omega\cdot m$]
wolfram	$0,057 \pm 0,002$	0,053	0,058
měď	$0,0184 \pm 0,0005$	0,018	0,02
konstantan	$0,52 \pm 0,03$	0,5	0,55
železo	$0,132 \pm 0,006$	0,1 – 0,2	0,10 – 0,20
mosaz	$0,067 \pm 0,003$	0,08	0,082
chromnikl	$1,03 \pm 0,03$	1,1	1,2

Z předcházející tabulky je vidět, že námi naměřené hodnoty měrného odporu se většinou shodují s tabelovanými. Jen v případě mosazi a chromniklu se lišíme od tabelovaných hodnot o něco více. To může být způsobeno jiným složením slitiny, než předpokládají tabulky. Největší podíl na chybě má nepřesnost měření průměru drátu, neboť se tento průměr ve vzorci vyskytuje ve druhé mocnině.

V. Závěr

Vypočítali jsme měrný odpor zkoumaných drátů a zjistili jsme, že se v rámci chyb shodují s tabelovanými hodnotami (viz. tab. 5).

Odpor drátů jsme měřili pomocí Wheatstoneova a Thomsonova můstku. Zjistili jsme, že při měření pomocí Wheatstoneova můstku se dopouštíme systematické chyby, protože neuvazujeme odpor přívodních vodičů. Tento fakt potom hraje velkou roli především při měření malých odporů. Je to vidět například u mědi, jejíž odpor je s odporem přívodních vodičů srovnatelný. Pro měření malých odporů je tedy výhodnější použít Thomsonův můstek.

VI. Literatura

Bakule, R., Štenberk, J.: Fyzikální praktikum II., SPN Praha, 1989

Spružil, B., Zieleniecová, P.: Úvod do teorie fyzikálních měření, SPN Praha, 1986

Matematické, fyzikální a chemické tabulky, SPN Praha, 1989