

FYZIKÁLNE PRAKTIKUM

Spracoval: Vladimír Domček

Namerané: 3.10.2012

Obor: Astrofyzika **Ročník:** II **Semester:** III

Testované:

Úloha č. 3: Mostíkové metódy, Elektrostatické pole

$$T = 24,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$p = 986 \text{ hPa}$$

$$\varphi = 40 \text{ } \%$$

1. Zadanie

- Wheatstoneovým mostíkom zmerajte odpor dvoch rezistorov, ich sériového a paralelného zapojenia a overte platnosť vzťahov pre sériové a paralelné zapojenie odporov.
- Určte rozloženie ekvipotenciálnych čiar v okolí dvojvodičového vedenia tvoreného rovnobežnými valcovými vodičmi a porovnajzte experimentálne získané rozloženie s výpočtom.

2. Teória

2.1. Meranie odporu rezistora

V prvej časti úlohy sa pokúsime zmerať odpor dvoch rôznych rezistorov. Na určenie týchto odporov využijeme zapojenie do tzv. Wheatstonoveho mostíka. V tomto zapojení platí rovnica:

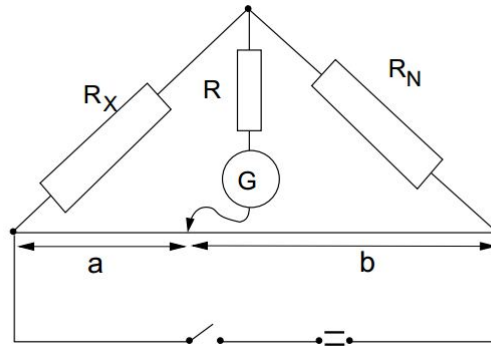
$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \quad (1)$$

Z tejto rovnice nám vyplýva, že na určenie neznámeho odporu, napríklad R_1 , nám stačí poznať absolútnu hodnotu odporu jedného rezistora a pomer odporov ostávajúcich dvoch rezistorov.

$$R_1 = R_2 \frac{R_3}{R_4} \quad (2)$$

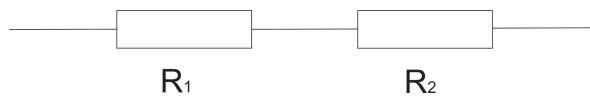
Tento záver nám poslúži k určaniu neznámeho odporu R_x v zapojení mostíka podľa obr.1. Absolútnu hodnotu odporu získame z odporovej dekády R_N a pomer dvoch zvyšných odporov získame zo súčiastky zvanej lineárny potenciometer. Táto súčiastka je tvorená homogénnym drôtom a posuvným kontaktom, ktorým nastavujeme mostík do rovnováhy. Odpor R nám slúži na zmenu citlivosti Galvanometra. Vo výsledku tak dostávame rovnicu:

$$R_x = R_N \frac{a}{b} = R_N \frac{a}{l - a} \quad (3)$$



Obr.1 Mostík s lineárnym potenciometrom

2.2. Sériové zapojenie

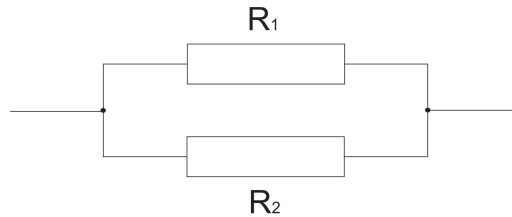


Obr.2 Sériové zapojenie 2 rezistorov

Pre takéto zapojenie sa celkový odpor rezistorov rovná súčtu veľkostí odporov jednotlivých rezistorov:

$$R_c = R_1 + R_2 \quad (4)$$

2.3. Paralelné zapojenie



Obr.3 Paralelné zapojenie 2 rezistorov

Pre toto zapojenie rezistorov sa celkový odpor určí zo vzťahu:

$$\frac{1}{R_c} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (5)$$

Po úprave:

$$R_c = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad (6)$$

2.4. Rozloženie ekvipotencialných čiar

Potenciál pola vo vzdialenosti r od vodiča je:

$$V = \frac{\tau}{2\pi\epsilon} \ln \frac{R}{r} \quad (7)$$

kde τ je lineárna hustota vodiča a R je vzdialenosť, v ktorom kladieme potenciál nule. Ak zvolíme $R=1\text{m}$, potom potenciál pola dvoch rovnobežných vodičov je podľa princípu superpozície rovný:

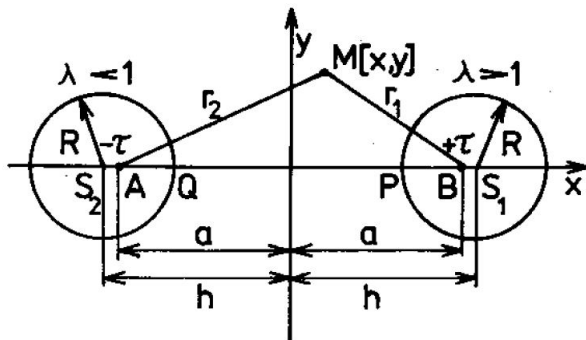
$$V = \frac{\tau}{2\pi\epsilon} \ln(r) \quad (8)$$

Na vodičoch sú náboje rozmiestnené s hustotou $+\tau$ a $-\tau$, takže pre ekvipotenciály platí:

$$\frac{\tau}{2\pi\epsilon} \ln \frac{r_2}{r_1} = \text{konst} \quad (9)$$

Geometrickým miestom, ktoré ma od dvoch bodov konštantný pomer vzdialeností $\frac{r_2}{r_1} = \lambda$, je buď priamka ($\lambda = 1$), alebo Apolloniova kružnica ($\lambda \neq 1$). V zvolenej kartézskej súradnicovej sústave je touto priamkou osa y a stredy Apolloniových kružníc určíme podľa vzťahov:

$$x_s = a \frac{\lambda^2 + 1}{\lambda^2 - 1}, r = \sqrt{x_s^2 - a^2} \quad (10)$$



Obr.4

Vzdialenosť stredov vodičov je $2h$, polohu náhradných vodičov A,B určíme podľa $a = \sqrt{h^2 + R^2}$. Potenciál v bode M:

$$V = \frac{\tau}{2\pi\epsilon} \ln \frac{r_2}{r_1} = \frac{\tau}{2\pi\epsilon} \ln(\lambda) \quad (11)$$

Hodnotu τ určíme:

$$\tau = \frac{U\pi\epsilon}{\ln \frac{h+a}{R}} \quad (12)$$

Z tohto môžeme určiť potenciál ekvipotenciály zhodnej s povrchom vodiča ako:

$$V = \frac{U}{2\ln \frac{h+a}{R}} \ln \frac{r_2}{r_1} \quad (13)$$

3. Postup

3.1. Meranie odporu

- zapojíme obvod podľa obr.1
- nastavíme preradný odpor R na najväčšiu hodnotu a posúvaním bežca na potenciometri sa snažíme doceliť rovnováhu v obvode
- znižovaním preradného odporu R zvyšujeme postupne citlivosť merania
- pri najväčšej citlivosti zapíšeme hodnoty a meranie opakujeme 5x pre oba rezistory
- výpočtom pomocou rovnice (3) určíme hodnoty odporu pre oba rezistory

3.2. Sériové zapojenie

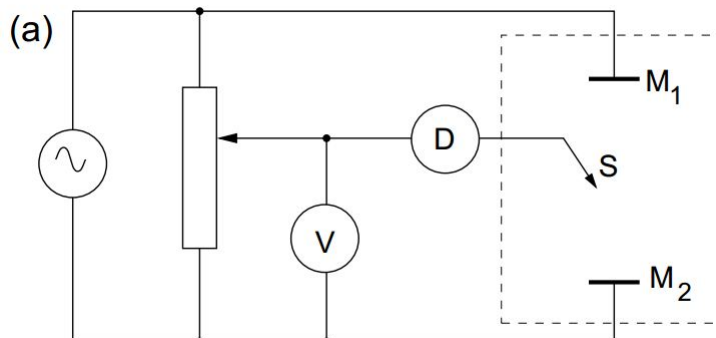
- do obvodu na obr.1 zapojíme namiesto odporu R_x dva rezistory sériovo, ako je tomu na obr.2
- podobne ako v predchádzajúcej časti úlohy meriame neznámi odpor R_x , ktorý nám tento krát vznikol sériovým zapojením 2 rezistorov
- meranie opakujeme 5x a zistíme či rovnica (4) platí

3.3. Paralelné zapojenie

- do obvodu na obr.1 zapojíme namiesto odporu R_x dva rezistory paralelne, ako je tomu na obr.3
- podobne ako v predchádzajúcej časti úlohy meriame neznámi odpor R_x , ktorý nám tento krát vznikol paralelným zapojením 2 rezistorov
- meranie opakujeme 5x a zistíme či rovnica (5) platí

3.4. Rozloženie ekvipotencialnych čiar

- zapojíme obvod podľa obr.5



Obr.5 Schéma zapojenia

- potenciál sondy nastavíme na určitú hodnotu vzhľadom k jednej z elektród a zaznačíme miesta, kde budeme mať potenciál zhodný. To sa prejaví ako minimálny signál.
- potenciál sondy nastavíme na rôzne hodnoty a opakujeme merania
- vypočítame teoretické polohy ekvipotencialnych čiar a porovnáme ich s experimentálne získanými

4. Meranie

4.1. Meranie odporu rezistora

Meranie	$R_N[\Omega]$	a [cm]	b [cm]	$R_{x1} [\Omega]$
1	300	25,34	74,66	101,8
2	190,2	35	65	102,4
3	130	47	53	115,3
4	67,3	63	37	108,5
5	822	11	89	101,6

Tab.1 Meranie odporu pre rezistor R_{x1}

$$\bar{R}_{x1} = (105 \pm 2)\Omega$$

Meranie	$R_N[\Omega]$	a [cm]	b [cm]	$R_{x2} [\Omega]$
1	5490	11	89	678,5
2	2400	22	78	676,9
3	1021	40	60	680,7
4	520	57	43	689,3
5	80,5	90	10	724,5

Tab.2 Meranie odporu pre rezistor R_{x2}

$$\bar{R}_{x2} = (689 \pm 9)\Omega$$

4.2. Sériové zapojenie

Meranie	$R_N[\Omega]$	a [cm]	b [cm]	$R_{xs} [\Omega]$
1	960	45	55	785,5
2	2770	22	78	781,3
3	1330	37	63	781,1
4	448	64	36	796,4
5	123,5	87	13	826,5

Tab.3 Meranie odporu pre sériové zapojenie rezistorov R_{x1} a R_{x2}

$$\bar{R}_{xs} = (794 \pm 9)\Omega$$

Výsledok získaný z výpočtu podľa vzťahu (4):

$$\bar{R}_{xsv} = (796 \pm 9)\Omega$$

4.3. Paralelné zapojenie

Meranie	$R_N[\Omega]$	a [cm]	b [cm]	$R_{xp} [\Omega]$
1	60,2	60	40	90,3
2	35,6	72	28	91,5
3	17,7	84	16	92,9
4	128	41	59	88,9
5	158,3	36	64	89

Tab.3 Meranie odporu pre paralelné zapojenie rezistorov R_{x1} a R_{x2}

$$\bar{R}_{xp} = (90,5 \pm 0,8)\Omega$$

Výsledok získaný z výpočtu podľa vzťahu (6):

$$\bar{R}_{xpv} = (92 \pm 2)\Omega$$

4.4. Rozloženie ekvipotencialných čiar

$$U = 7,6V$$

$$a = 74\text{mm}$$

$$R = 8\text{mm}$$

V [V]	λ	x_s [mm]	r [mm]
2	0,321	-91	53
3	0,783	-309	300
4	1,552	179	163
5	3,111	91	53
6	6,4	78	24
7	13,8	75	11

Tab.4 Poloha a veľkosť Apollionových kružníc pre hodnoty napätí

5. Záver

V prvej časti sme mali za úlohu zmerať odpory dvoch náhodných rezistorov. Meranie sme opakovali 5x na každom rezistore, pričom sme pri každom meraní menili odpor na dekáde. Po prvom meraní sme však dostali nápad na analogické riešenie úlohy: namiesto hľadania rovnováhy pomocou bežca na lineárnom potenciometri, sme rovnováhu v obvode nastavovali pomocou odporovej dekády. Zaručilo nám to presnejšie odčítanie hodnôt a zvýšila sa aj rýchlosť merania. Taktiež nám to odstránilo problém zlého kontaktu bežca s homogénnym drôtom. Pre prvý rezistor nám vyšiel odpor: $\bar{R}_{x1} = (105 \pm 2)\Omega$, zatiaľ čo pre druhý: $\bar{R}_{x2} = (689 \pm 9)\Omega$.

V ďalšej časti tejto úlohy sme mali overiť platnosť vzťahov pre sériové a paralelné zapojenie rezistorov. Ako prvé sme získali experimentálne získané hodnoty pre sériové: $\bar{R}_{xs} = (794 \pm 9)\Omega$ a paralelné: $\bar{R}_{xp} = (90,5 \pm 0,8)\Omega$ zapojenie. Potom sme pomocou vzťahov (4) a (6) vypočítali tieto hodnoty s použitím priemerných hodnôt odporov, ktoré sme získali v prvej časti úlohy: $\bar{R}_{xsv} = (796 \pm 9)\Omega$ a $\bar{R}_{xpv} = (92 \pm 2)\Omega$. Porovnaním týchto hodnôt vidíme, že vzťahy (4) a (6) skutočne platia.

V povinnej voliteľnej časti úlohy sme hľadali ekvipotenciály v okolí dvojvodičového vedenia. Robili sme tak pomocou osciloskopu a sondy, ktorá nám v bode dotyku, v ktorom sa nachádzala hľadaná ekvipotenciála ukazovala na osciloskope minimálnu amplitúdu. Výsledný obrazec sa nachádza v prílohe č.1, kde sme dokreslili výpočtom získané Apollionove kružnice. Tie su vzhľadom na problematiku zostrojenia znázornené ako tmavé body. Poloha kružníc sa nám približne zhoduje s tým experimentálne získanými. Najväčší rozdiel môžeme vidieť pri ekvipotenciale s hodnotou 2V. Tento rozdiel môže byť spôsobený tým, že bola meraná ako prvá. Zdroj napätia bol v tej dobe na hodnote 8V, a preto je teoretická kružnica posunutá smerom nadol od experimentálne získanej. Neskôr sa zdroj ustálil na hodnote 7,6V, pre ktorú sa nám zhodujú ostatné ekvipotenciály.