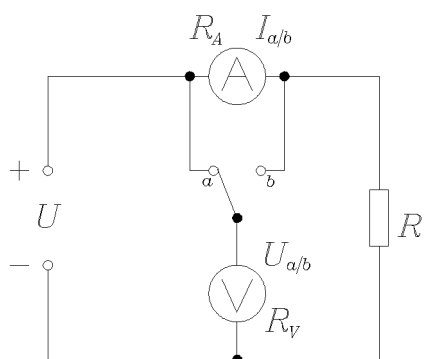


## 2. Meranie odporov

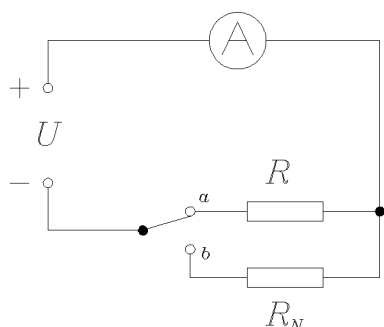
### Úloha

1. Zmerajte metódou priamou závislosť odporu vlákna žiarovky na prúde, ktorý ním preteká. K meraniu použijte jednosmerné napätie v rozsahu do 24 V.
2. Zmerajte substitučnou metódou vnútorný odpor meracích prístrojov použitých v úlohe 1. Výsledok použite k prípadnej korekcii nameraných hodnôt odporu v úlohe 1.
3. Metódou substitučnou zmerajte závislosť odporu vlákna žiarovky od najmenších prúdov (0,2 mA) až do 25 mA. Porovnajte presnosť výsledkov s presnosťou dosiahnutou v úlohe 1.
4. Výsledky spracujte graficky a diskutujte vplyv meracích prístrojov.
5. Stanovte odpor vlákna žiarovky pri laboratórnej teplote. K extrapolácii odporu vlákna na laboratórnu teplotu použijte graf závislosti odporu vlákna na príkone žiarovky (do grafu vyznačte chybu merania).

### Teória



Obr. 1: Metóda priama



Obr. 2: Metóda substitučná

V tejto úlohe som meral odpor žiarovky dvoma spôsobmi (podľa [1]): Metódou priamou (obr. 1) a metódou nepriamou (obr. 2), ktorou som meral aj odpor použitých prístrojov. Použil som regulovateľný stabilizovaný zdroj napätia. Pri metóde priamej sa kvôli neideálnosti použitých ručičkových meracích prístrojov (prítomnosť paralelného odporu  $R_A$  u ampérmetra a sériového odporu  $R_V$  u voltmetra) odčítané hodnoty menia pri prepnutí prepínača medzi polohami  $a$  a  $b$  ( $U_a$  a  $I_a$  v polohe  $a$ ,  $U_b$  a  $I_b$  v polohe  $b$ ). Ak sú vnútorné odpory meracích prístrojov známe a nezávislé na meraných hodnotách (závisia iba na nastavenom rozsahu), potom pri ich znalosti možno presne určiť hodnotu meraného odporu  $R$  (vzorce vyplývajú priamo z Ohmovho a Kirchhoffových zákonov):

$$R = \frac{U_a}{I_a} - R_A \quad (1)$$

$$R = \frac{U_b}{I_b - \frac{U_b}{R_V}} \quad (2)$$

V prvom prípade preteká vláknom prúd  $I_{(a)} = I_a$ , v druhom  $I_{(b)} = I_b - \frac{U_b}{R_V}$ .

Vnútorný odpor použitého voltmetra a ampérmetra som odmeral metódou substitučnou (obr. 2), pri ktorej odpor  $R_N$  predstavuje odporovú dekádu, ktorú nastavím tak, aby sa pri prepínaní prepínača medzi polohami  $a$  a  $b$  nemenil prúd ampérmetrom. Potom  $R = R_N$ .

Neistotu takto odmeraného odporu som určil ako interval, v rámci ktorého odchýlka ručičky ampérmetra bola nerozlíšiteľná.

Touto metódou som zmeral aj závislosť odporu vlákna žiarovky od prúdu. Príkon žiarovky potom vypočítam ako:

$$P = RI^2 \quad (3)$$

## Meranie

Meranie vnútorných odporov použitého ampérmetra (rozsah 30 mA, trieda presnosti 0.2) a voltmetra (rozsah 30 V, trieda presnosti 0.2) substitučnou metódou. Použitý bol ampérmeter s nastaviteľným rozsahom a triedou presnosti 0.5.

$I$ [mA]	$R_A$ [ $\Omega$ ]
6,0	$10,8 \pm 0,1$
12,0	$10,7 \pm 0,1$
18,0	$10,7 \pm 0,1$
24,0	$10,7 \pm 0,1$

Tabuľka 1

$I$ [mA]	$R_V$ [k $\Omega$ ]
0,40	$15,0 \pm 0,1$
0,80	$15,0 \pm 0,1$
1,20	$15,0 \pm 0,1$
1,60	$15,00 \pm 0,05$

Tabuľka 2

Použijem teda:

$$R_A = (10,7 \pm 0,1) \Omega$$

$$R_V = (15,00 \pm 0,05) \text{ k}\Omega$$

*Meranie odporu vlákna žiarovky metódou priamou* s použitím už spomenutého voltmetra a ampérmetra. Meral som pri rovnako nastavených hodnotách  $I_a$ ,  $I_b$  (t.j. po každom prepnutí prepínača som nastavoval zdroj napätia). V zátvorkách sú uvedené neistoty v posledných desiatinných miestach, ktoré som určoval ako odmocninu zo súčtu druhých mocnín čiastkových neistôt (relatívnych v prípade súčinu a podielu, absolútnych v prípade súčtu a rozdielu). Podľa tried presnosti by neistoty východných hodnôt mali byť 0,06, čo som ale zvýšil na 0,10 kvôli obtiažnosti odčítavať tak presné hodnoty zo stupnice.

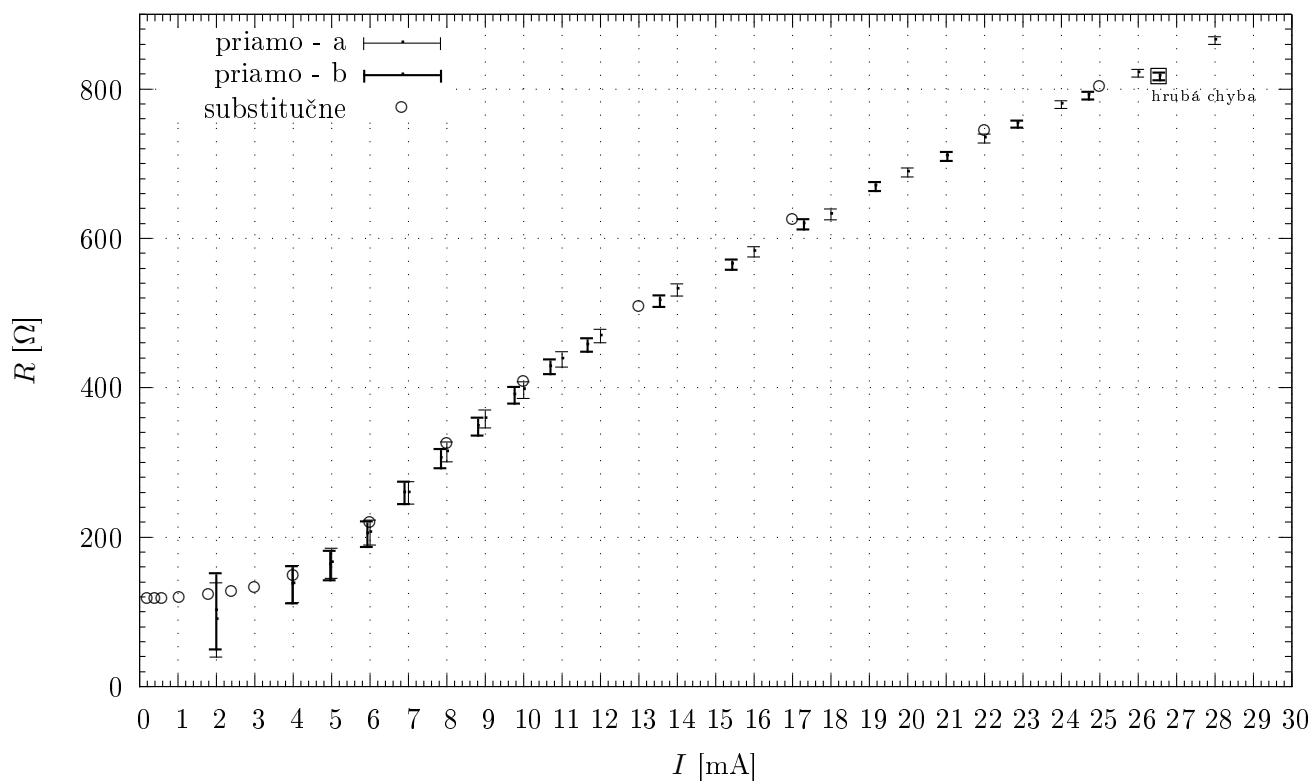
$I_a, I_b$ [mA]	$U_a$ [V]	$U_b$ [V]	$I_{(a)}$ [mA]	$R_{(a)}$ [ $\Omega$ ]	$I_{(b)}$ [mA]	$R_{(b)}$ [ $\Omega$ ]
2,00(10)	0,20(10)	0,20(10)	2,00(10)	89(50)	1,99(10)	101(51)
4,00(10)	0,59(10)	0,54(10)	4,00(10)	137(25)	3,96(10)	136(25)
5,00(10)	0,88(10)	0,80(10)	5,00(10)	165(20)	4,95(10)	162(20)
6,00(10)	1,30(10)	1,21(10)	6,00(10)	206(17)	5,92(10)	204(17)
7,00(10)	1,89(10)	1,78(10)	7,00(10)	259(15)	6,88(10)	259(15)
8,00(10)	2,60(10)	2,39(10)	8,00(10)	314(13)	7,84(10)	305(13)
9,00(10)	3,32(10)	3,06(10)	9,00(10)	358(12)	8,80(10)	348(12)
10,00(10)	4,08(10)	3,80(10)	10,00(10)	397(11)	9,75(10)	390(11)
11,00(10)	4,94(10)	4,58(10)	11,00(10)	438(10)	10,69(10)	428(10)
12,00(10)	5,76(10)	5,32(10)	12,00(10)	469(9)	11,65(10)	457(9)
14,00(10)	7,58(10)	6,98(10)	14,00(10)	531(8)	13,53(10)	516(8)
16,00(10)	9,48(10)	8,71(10)	16,00(10)	582(7)	15,42(10)	565(7)
18,00(10)	11,56(10)	10,70(10)	18,00(10)	632(7)	17,29(10)	619(7)
20,00(10)	13,98(10)	12,80(10)	20,00(10)	688(6)	19,15(10)	669(6)
22,00(10)	16,39(10)	14,92(10)	22,00(10)	734(6)	21,01(10)	710(6)
24,00(10)	18,96(10)	17,20(10)	24,00(10)	779(5)	22,85(10)	753(5)
26,00(10)	21,62(10)	19,54(10)	26,00(10)	821(5)	24,70(10)	791(5)
28,00(10)	24,52(10)	21,70(10)	28,00(10)	865(5)	26,55(10)	817(5)

Tabuľka 3

*Meranie odporu vlákna žiarovky metódou substitučnou.* Použitý bol ampérmeter s nastaviteľným rozsahom a triedou presnosti 0.5. Prúd tečúci ampérmetrom  $I$  tečie rovnako aj meraným vláknom žiarovky. Neistota určenia prúdu je daná triedou presnosti a nastaveným rozsahom

(0,6 mA / 2,4 mA / 6 mA / 24 mA). Posledná hodnota 25 mA je meraná ampérmetrom z predchádzajúcej metódy. Výsledky sú v tabuľke 4.

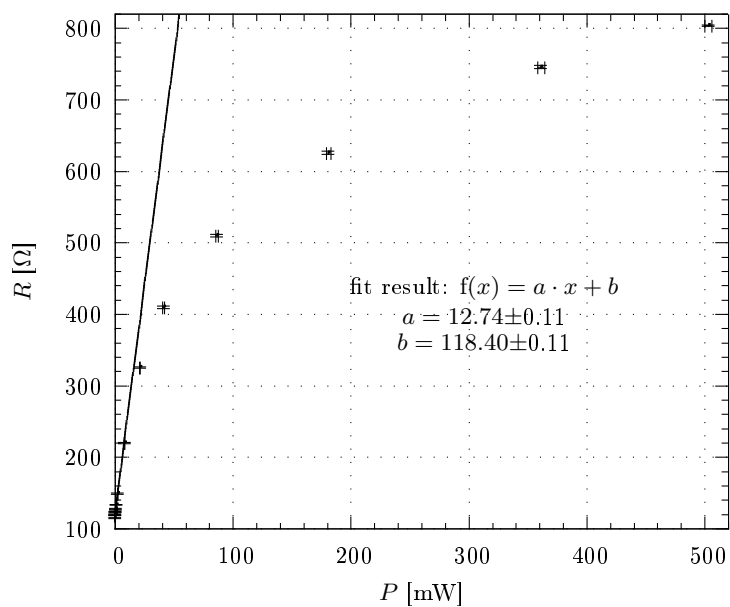
Graf 1: Závislosť odporu vlákna žiarovky na prúde



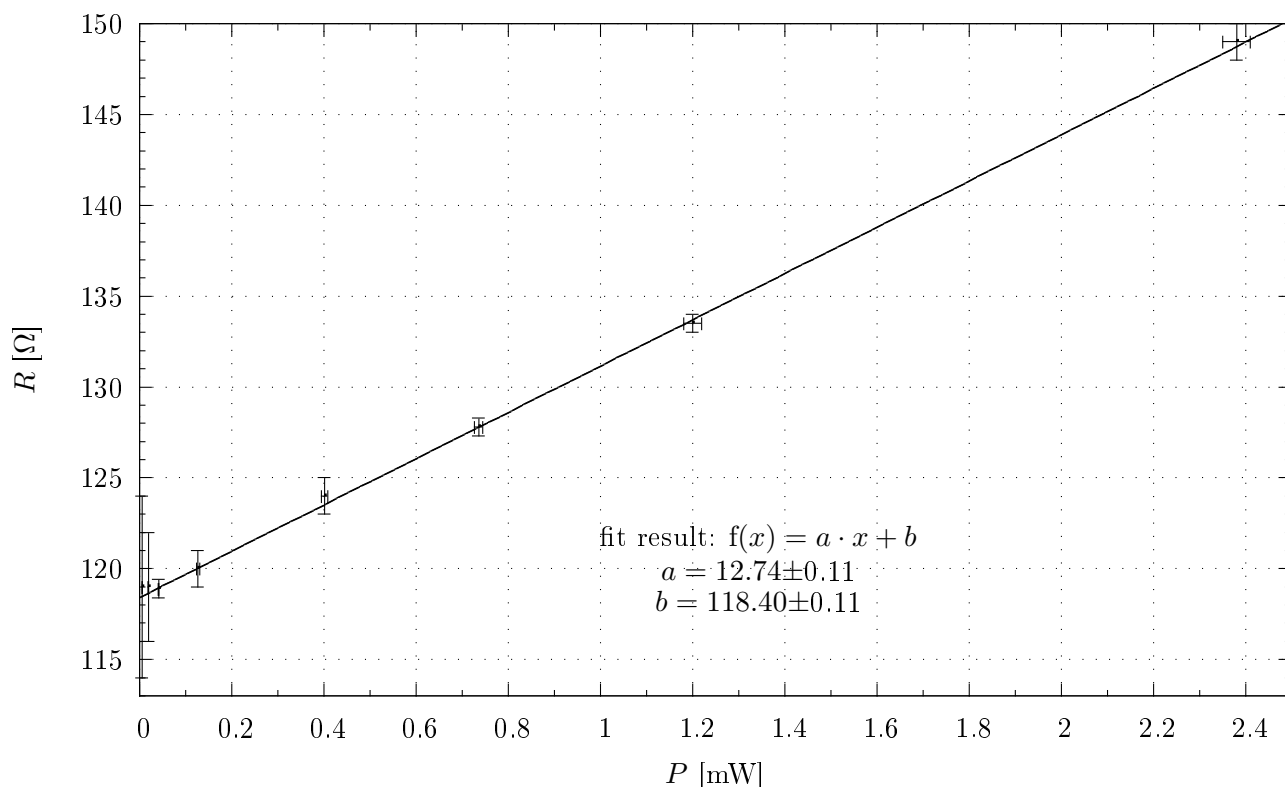
$I$ [mA]	$R$ [Ω]	$P$ [mW]
0,208(3)	119(5)	0,00515(24)
0,400(3)	119(3)	0,0190(5)
0,589(3)	118,9(5)	0,0412(3)
1,03(2)	120(1)	0,127(4)
1,80(2)	124(1)	0,402(7)
2,40(2)	127,8(5)	0,736(9)
3,00(3)	133,5(5)	1,20(2)
4,00(3)	149(1)	2,38(3)
6,00(3)	220(1)	7,92(7)
8,00(12)	326(1)	20,9(4)
10,00(12)	410(2)	41,0(7)
13,00(12)	510(2)	86,2(12)
17,00(12)	626(2)	180,9(19)
22,00(12)	746(2)	361(3)
25,00(10)	804(1)	503(3)

Tabuľka 4

Graf 2: Závislosť odporu vlákna žiarovky na príkone



Graf 3: Závislosť odporu vlákna žiarovky na príkone (výrez)



## Diskusia

Metóda priama sa ukázala aj po korekcii ako nepresná pre určovanie odporu vo väčšom rozsahu prúdov, čo spôsobené najmä nemožnosťou meniť rozsahy prístrojov - mení sa tým ich vnútorný odpor, ktorý by bolo treba stále znova premeriavať. Pri nezapočítaní korekcie v  $R_a$  by bol odpor o  $10,7 \Omega$  menší od skutočného (v grafe 1 to predstavuje polovicu malého dielika), čo by pri nižších hodnotách prúdu neovplyvnilo príliš výsledok (ktorý je aj tak veľmi nepresný), pri vyšších hodnotách by však odchýlka prekročila stanovenú hodnotu neistoty. Odpor voltmetra  $10 \text{ k}\Omega$  sa výraznejšie prejaví pri vyšších hodnotách odporu vlákna, kde by bez korekcie spôsobil odchýlku až 8% (čo je znova viac ako hodnota neistoty). Podstatne lepšie výsledky by sa získali použitím digitálneho voltmetra v zapojení *b*, kde sa vnútorný odpor pohybuje od  $10$  do  $1000 \text{ M}\Omega$  (a nie je potrebné započítavať korekciu).

Metódou substitučnou možno získať podstatne presnejšie výsledky vo veľkom rozsahu odporov, je však pracnejšia. Porovnanie výsledkov oboch metód v grafe 1 ukazuje, že touto metódou sa získali systematicky o niečo vyššie hodnoty odporu, čo môže byť spôsobené systematickou chybou niektorého meracieho prístroja alebo odporovej dekády.

## Záver

Odpor vlákna žiarovky pri laboratórnej teplote je  $(118,4 \pm 0,1) \Omega$ .

## Literatúra

[1] R. Bakule, J. Šternberk: Fyzikální praktikum II. SPN, Praha 1989