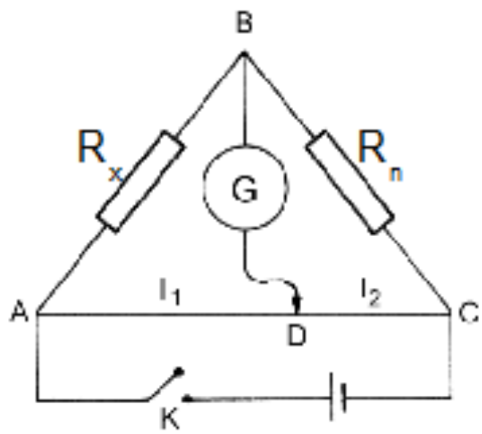
1 Cel ćwiczenia

Celem cwiczenia jest pomiar oporu elektrycznego pojedynczych rezystorów oraz układu rezystorów połaczonych szeregowo i równolegle z wykorzystaniem mostka pradu stałego (mostek Wheatstone'a) wykorzystując przedstawiony na poniższym rysunku układ.



R_n - rezystancja wzorcowa (rezystora dekadowego)
R_x - badana rezystancja
l_1, l_2 - położenie ślizgacza na skali milimetrowej listy

2 Użyte wzory

2.1 Wyniki

Do obliczenia rezystancji R_x przy wykorzystaniu pomierzonych danych korzystamy ze wzoru

$$R_x = R_n \frac{l_1}{l_2}$$

Natomiast chcąc policzyć opór właściwy konstatanu korzystamy ze wzoru

$$R(\frac{1}{d^2}) = \frac{\rho * l}{\pi} * \frac{1}{d^2}$$

stąd współczynnik kierunkowy prostej otrzymanej z metody najmniejszych kwadratów będzie równy

$$a = \frac{\rho * l}{\pi}$$

2.2 Niepewności

Ponieważ opornik dekadowy jest bardzo dokładny, w dalszych rozważaniach uznajemy, że jego niepewność jest równa zeru. Niepewność rezystancji liczyliśmy zatem z metody różniczki zupełnej uwzględniając niepewności l_1 i l_2 [1]

$$\Delta R_x = |\frac{\partial R_x}{\partial l_1}|\Delta l_1 + |\frac{\partial R_x}{\partial l_2}|\Delta l_2 = \frac{R_n}{l_2}(\Delta l_1 + \frac{l_1}{l_2}\Delta l_2)$$
$$\Delta R_x = R_x(\delta l_1 + \delta l_2)$$

przyjmując $\Delta l_i = 1\text{mm}$.
Do określenia niepewności oporu właściwego konstatanu skorzystamy ze wzoru [2]

$$u_a = \sqrt{\frac{n}{n-2} * \frac{\Sigma y_i^2 - a\Sigma x_i y_i}{n\Sigma x_i^2}}$$

skąd

$$u_\rho = |\frac{\partial \rho}{\partial a}|u_a = \frac{\pi}{l}u_a$$

3 Badanie rezystancji pojedynczych rezystorów o nieznanej wartości

3.1 Pomierzone dane

Rezystor	R_n [Ω]	l_1 [mm]	l_2 [mm]
1	152	480	520
2	620	506	494
3	430	504	496
4	2040	501	499
5	3030	502	498
6	13800	500	500

3.2 Wyniki

Rezystor	R_x [Ω]
1	140,31 ± 0,56
2	635,06 ± 2,53
3	437,94 ± 1,75
4	2048,18 ± 8,19
5	3054, 34 ± 12,22
6	13800,00 ± 55,20

[1] `https://ftims.pg.edu.pl/documents/10673/20436990/wstep.pdf` (9.)
[2] `https://ftims.pg.edu.pl/documents/10673/20436990/wstep.pdf`

3.3 Rachunek niepewności

4 Badanie rezystancji układów rezystorów połączonych szeregowo

4.1 Pomierzone dane

Rezystor	R_n [Ω]	l_1 [mm]	l_2 [mm]
4 i 2	2720	500	500
5 i 2	3780	500	500
4 i 5	5000	508	492

4.2 Wyniki

Rezystor	R_x [Ω]
2 i 4	$2720{,}00 \pm 10{,}88$
2 i 5	$3780,\ 00 \pm 15{,}12$
4 i 5	$5163{,}60 \pm 20{,}66$

5 Badanie rezystancji układów rezystorów połączonych równolegle

5.1 Pomierzone dane

Rezystor	R_n [Ω]	l_1 [mm]	l_2 [mm]
2 i 4	495	500	500
2 i 5	540	500	500
4 i 5	1260	499	501

5.2 Wyniki

Rezystor	R_x [Ω]
2 i 4	$495{,}00 \pm 1{,}98$
2 i 5	$540{,}00 \pm 2{,}16$
4 i 5	$1254{,}97 \pm 5{,}02$

6 Badanie drutów konstantanowych o różnej średnicy

6.1 Pomierzone dane

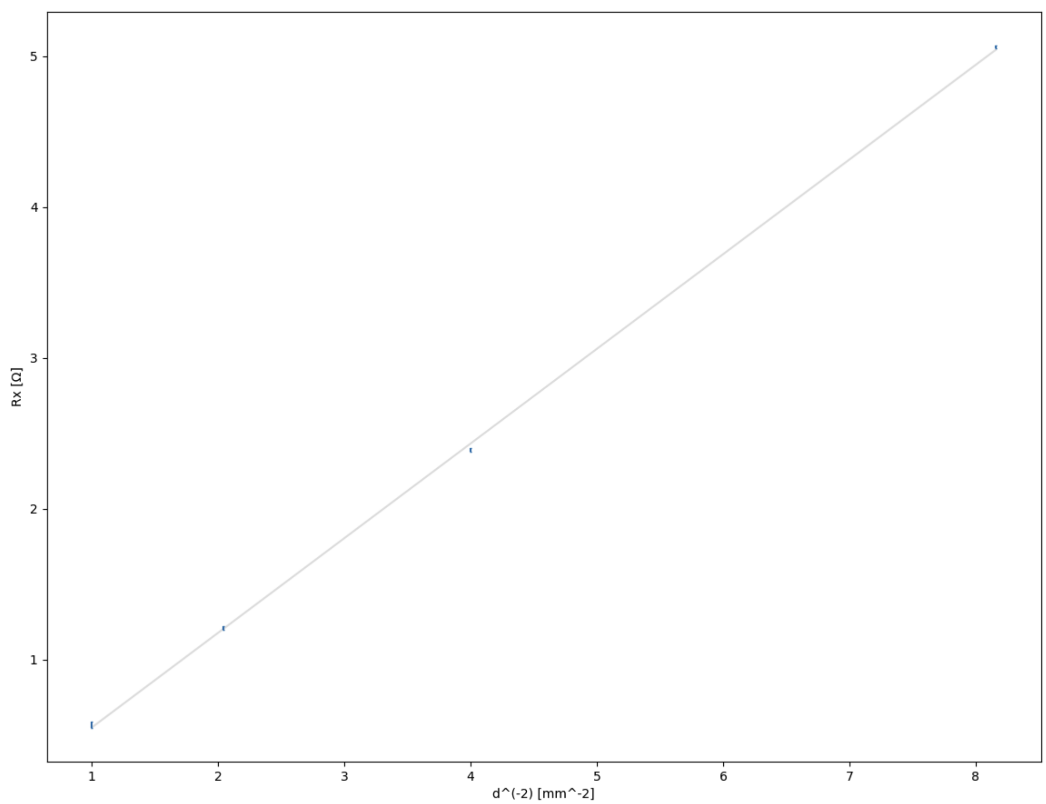
d [mm]	R_n [Ω]	l_1 [mm]	l_2 [mm]
0,35	5	503	497
0,50	2	544	456
0,70	1	547	453
1,00	1	365	635

d - średnica drutu
R_n - opór wzorcowy mostka
l_1 - położenie ślizgacza na skali milimetrowej listwy

6.2 Wyniki

d [mm]	$\frac{1}{d^2}$ [mm^{-2}]	R_x [Ω]
0,35	8,16	5,06$\pm$ 0,02
0,50	4,00	2,39 $\pm$ 0,01
0,70	2,04	1,21 $\pm$ 0,01
1,00	1,00	0,57 $\pm$ 0,01

6.3 Zależność R $=f(\frac{1}{d^2})$



a = 0,63 $\rightarrow \rho = (1{,}88 \pm 1{,}97) * 10^{-6}\ \Omega$m (korzystamy ze wzorów wymienionych wyżej)

6.4 Kod w pythonie

Kod użyty do narysowania wykresu i policzenia u_ρ

```
import math

import matplotlib
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np

from matplotlib.pyplot import plot, show, errorbar, savefig


def stdev(a, x, y):
    n = len(y)
    numerator = abs(sum([i * i for i in y]) - a * sum([x[i]*y[i] for i
        in range(n)]))
    denominator = n * sum([i * i for i in x])

    return math.sqrt(n/(n-2) * numerator / denominator)


if __name__ == "__main__":
    matplotlib.use('MacOSX')

    error = [0.02, 0.01, 0.01, 0.01]
    x = [1.0, 2.04, 4.0, 8.16]
    y = [0.57, 1.21, 2.39, 5.06]

    coeff = np.polyfit(x,y,1)
    dev = stdev(coeff[0], x, y)

    plot(x,y, 'yo', x, np.poly1d(coeff)(x), c='0.88',markersize=0.01)
    _, caps, _ = errorbar(x, y, error, fmt='o', markersize=0.01,
        capsize=1)

    for cap in caps:
        cap.set_markeredgewidth(1)

    plt.ylabel('Rx [\Ohm]')
    plt.xlabel('d^(-2) [mm^-2]')

    print("a=", coeff)
    print("stdev=", dev)

    show()
```

7 Wnioski

Wyniki pomiarów były dokładniejsze ze względu na poprawne równoważenie mostka w centralnej części struny

Wyniki pomiarów rezystancji szeregowo i równolegle zgadzają się z wartościami teoretycznymi

Szeregowo:

Rezystor	R_x [Ω]	Wartość teoretyczna [Ω]
2 i 4	2720,00 ± 10,88	2683,24
2 i 5	3780, 00 ± 15,12	3689,40
4 i 5	5163,60 ± 20,66	5103,51

Równolegle:

Rezystor	R_x [Ω]	Wartość teoretyczna [Ω]
2 i 4	495,00 ± 1,98	485,76
2 i 5	540,00 ± 2,16	525,75
4 i 5	1254,97 ± 5,02	1226,03

Wyniki pomiarów rezystancji drutów są zbliżone do wartości teoretycznych. Różnice między wartościami mogły być spowodowane niedokładnością pomiaru długości drutu oraz nie wzięciem pod uwagi temperatury.

Opór właściwy konstantanu ρ wynosi $0.5 * 10^{-6}\ \Omega m$

d [mm]	$\frac{1}{d^2}$ [mm^{-2}]	R_x [Ω]	Wartość teoretyczna [Ω]
0,35	8,16	5,06± 0,02	4,08
0,50	4,00	2,39 ± 0,01	2,00
0,70	2,04	1,21 ± 0,01	1,02
1,00	1,00	0,57 ± 0,01	0,50