

Data .....

nazwisko .....

Imię .....

Numer ćw.....

Kierunek, rok studiów i nr grupy .....

## Pomiar oporu właściwego

### Wstęp

Opór przewodników wyrażony jest wzorem:

$$R = \rho L / S,$$

gdzie  $L$  to długość przewodnika (w metrach)  $S$  – jego pole przekroju poprzecznego w metrach kwadratowych) a  $\rho$  nazywamy oporem właściwym, który zgodnie z powyższą definicją będzie wyrażony

$$\rho = SR / L$$

i jest wyrażany w jednostkach [ $\Omega\text{m}$ ].

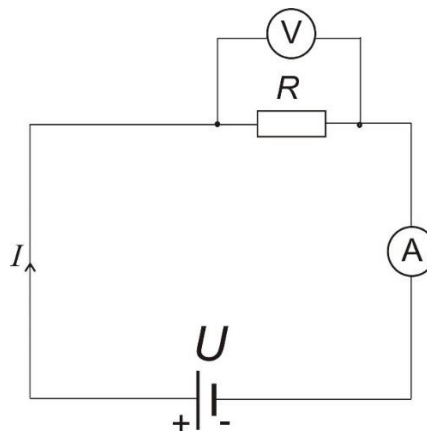
Wielkość ta jest stała dla danego materiału przewodnika w określonej temperaturze i określa zdolność materiału do przewodzenia prądu elektrycznego.

Dla przewodnika w postaci drutu o średnicy  $d$ , mierząc napięcie  $U$  na jego końcach oraz natężenie prądu  $I$  płynącego przez niego, podstawiając definicję oporu  $R = U / I$ , otrzymamy ostatecznie

$$\rho = \frac{\pi d^2 U}{4 L I}$$

### Wykonanie ćwiczenia

Zestawiamy obwód wg. Schematu:



U – napięcie – zasilacza

V - woltomierz

A – amperomierz

Opornikiem  $R$  jest tu drut wykonany z określonego metalu.

1. Mierzmy długość  $L$  drutu przymiarem kreskowym oraz w 6 miejscach jego średnicę za pomocą mikrometru.
2. Zastawiamy obwód wg. powyższego schematu.
3. Zmieniając napięcie zasilacza wykonano 5 pomiarów odczytując wskazania amperomierza i woltomierza.

Opór obliczono z wzoru  $R = U/I$ , gdzie  $U$  – napięcie na końcach drutu mierzone woltomierzem,  $I$  – natężenie prądu mierzone amperomierzem.

Tabela pomiarowa:

| Materiał badany nr3 |          |               |                           |                           |
|---------------------|----------|---------------|---------------------------|---------------------------|
| LP                  | $U$      | $I$           | $\rho$                    | $\rho_{sr}$               |
|                     | V        | A             | $\times 10^{-8} \Omega m$ | $\times 10^{-8} \Omega m$ |
| 1                   | 0,2      | 0,39          | 6.69                      | 6,61 ± 1,76<br>(±26,9 %)  |
| 2                   | 0,3      | 0,59          | 6.64                      |                           |
| 3                   | 0,4      | 0,80          | 6.53                      |                           |
| 4                   | 0,5      | 0,99          | 6.59                      |                           |
| 5                   | 0,6      | 1,19          | 6.58                      |                           |
|                     | $d$ [mm] | $d_{sr}$ [mm] | $L$ [mm]                  |                           |
| 1                   | 0,44     | 0.432         | 1112                      |                           |
| 2                   | 0,43     |               |                           |                           |
| 3                   | 0,42     |               |                           |                           |
| 4                   | 0,46     |               |                           |                           |
| 5                   | 0,43     |               |                           |                           |
| 6                   | 0,44     |               |                           |                           |

## Przykłady obliczeń

Pomiar nr 2:

$$\rho = \frac{\pi d^2 U}{4LI} =$$

$$= 3,14 \cdot 0,442^2 \cdot 0,3 / (4 \cdot 0,59 \cdot 1,112) = 6,69 \cdot 10^{-8} \Omega m.$$

## Szacowanie niepewności pomiarowej maksymalnej – metoda różniczkowa

dla pom. Nr 3. (pomiar nr3 – najbardziej odbiega od wart. Średniej)

1. Pomiar  $L$  przymiar kreskowy z dokładnością 1 mm z każdej strony.
2. Pomiar  $d$  mikrometrem z dokładnością 0.01 mm.
3. V - woltomierz cyfrowy typ V540 klasa 0,2, na zakresie 20 V, najmniejsza cyfra  $D = 0,01$  V.
4. A – amperomierz analogowy typ UM-5, klasa 0,5, liczba działek 60, zakres 1,5 A.

$$1. \Delta L_{\max} = 2 \text{ mm}$$

2.  $\Delta d_{\max} = 0,028$  mm – największe odchylenie od wartości średniej (większe niż niepewność pomiarowa mikrometru)

$$3. \Delta U_{\max} = \frac{\text{klasa} \times \text{wskazanie}}{100} + D = 0,2 \cdot 0,4 / 100 \text{ V} + 0,01 \text{ V} = 0,0008 + 0,01 = 0,0108 \text{ V}$$

$$4. \Delta I_{\max} = \Delta I'_{\max} + \Delta I''_{\max} = \frac{\text{klasa} \times \text{zakres}}{100} + \frac{\text{zakres}}{\text{liczbadzialek}} =$$

$$= 0,5 \cdot 1,5/100 \text{ A} + 1,5/60 \text{ A} = 0,0075 \text{ A} + 0,025 \text{ A} = 0,0325 \text{ A}$$

**Niepewność względna maksymalna** pomiaru oporu właściwego jest sumą niepewności względnych wynikających z pomiarów średnicy, długości, napięcia oraz natężenia prądu, co zapisujemy odpowiednio:

$$\delta\rho = \delta\rho_d + \delta\rho_L + \delta\rho_U + \delta\rho_I$$

$$\delta\rho = \left| \frac{\partial\rho}{\partial d} \cdot \frac{\Delta d}{\rho} \right| + \left| \frac{\partial\rho}{\partial L} \cdot \frac{\Delta L}{\rho} \right| + \left| \frac{\partial\rho}{\partial U} \cdot \frac{\Delta U}{\rho} \right| + \left| \frac{\partial\rho}{\partial I} \cdot \frac{\Delta I}{\rho} \right|$$

Podstawiamy:

$$\rho = \frac{\pi d^2 U}{4LI}$$

$$\frac{\partial\rho}{\partial d} = \frac{\pi d U}{2LI}$$

$$\frac{\partial\rho}{\partial L} = \frac{-\pi d^2 U}{4IL^2}$$

$$\frac{\partial\rho}{\partial U} = \frac{\pi d^2}{4LI}$$

$$\frac{\partial\rho}{\partial I} = \frac{-\pi d^2 U}{4LI^2}$$

$$\begin{aligned} \delta\rho &= \frac{\pi d U}{2LI} \frac{\Delta d}{\frac{\pi d^2 U}{4LI}} + \frac{\pi d^2 U}{4IL^2} \frac{\Delta L}{\frac{\pi d^2 U}{4LI}} + \frac{\pi d^2}{4LI} \frac{\Delta U}{\frac{\pi d^2 U}{4LI}} + \frac{\pi d^2 U}{4LI^2} \frac{\Delta I}{\frac{\pi d^2 U}{4LI}} = \\ &= \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta L}{L} + \frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta I}{I} \end{aligned}$$

Dla pom. Nr 3. (pomiar nr 3 – najbardziej odbiega od wart. średniej):

$$\delta\rho = \frac{2 \cdot 0,028}{0,432} + \frac{2}{1112} + \frac{0,0108}{0,2} + \frac{0,0325}{0,39} = 0,130 + 0,002 + 0,054 + 0,083 = 0,269 = 26,9\%$$

### **Niepewność bezwzględna maksymalna**

$$\Delta\rho \cdot \rho = 0,269 \cdot 6,53 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m} = 1,76 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$$

Niepewność bezwzględna popełniona maksymalna:

$$\Delta\rho_{\text{pop}} = |\rho_3 - \rho_{\text{sr}}| = |6,53 - 6,61| \cdot 10^{-8} = 0,08 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m} < \Delta\rho = 1,76 \Omega\text{m}$$

### **Wnioski**

.....