

ĆWICZENIE 3.

SPRAWDZANIE PRAWA OHMA. POMIAR REZYSTYWNOSCI PRZEWODNIKA.

Cel ćwiczenia: Sprawdzanie prawa Ohma. Pomiar rezystywności przewodników: miedzianego i aluminium.

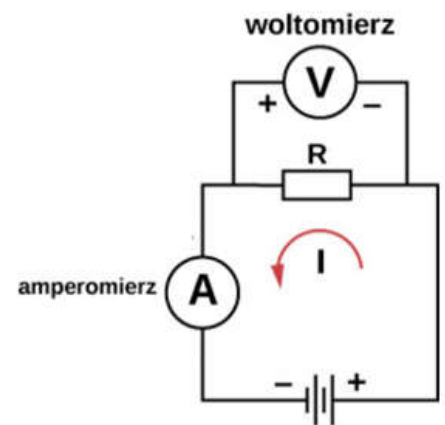
Część teoretyczna: Pojęcie prądu elektrycznego, opór elektryczny, prawo Ohma, szeregowo i równoległe łączenie rezystorów, przewodność i rezystywność przewodnika.

Aparatura: Zasilacz prądu stałego, mierniki uniwersalne, wzmacniacz napięcia, komplet rezystorów i żarówek, rdzeń miedziany i aluminium, suwmiarka, taśma miernicza.

Wstęp.

Natężenie prądu płynącego przez większość materiałów jest wprost proporcjonalne do przyłożonego napięcia. Niemiecki fizyk Georg Ohm był pierwszym, który doświadczalnie wykazał, że natężenie prądu w metalowym przewodzie jest wprost proporcjonalne do przyłożonego napięcia. Ten ważny związek jest podstawą prawa Ohma. Liniowa zależność nie zawsze występuje. Każdy materiał i urządzenie, które spełniają prawo Ohma, czyli gdy natężenie prądu jest proporcjonalne do napięcia, nazywamy elementem omowym.

W pracy opublikowanej w 1827 r. Georg Ohm opisał doświadczenie, w którym zmierzył przyłożone napięcie oraz natężenie prądu płynącego przez proste obwody elektryczne zawierające przewody o różnych długościach. Podobny eksperyment przedstawia rysunek. Obserwuje się w nim natężenie prądu płynącego przez rezystor, które jest wynikiem przyłożonego napięcia. W tym prostym obwodzie rezystor połączono szeregowo z baterią. Napięcie mierzy się woltomierzem, który jest podłączony równoległe do rezystora. Natężenie prądu mierzy się amperomierzem, który musi być połączony szeregowo z rezystorem.



Typowym elementem w obwodach elektrycznych jest rezystor (opornik). Używa się go do ograniczania przepływającego prądu lub zapewnienia spadku napięcia. Jednostką rezystancji jest om $[\Omega]$. Przy danym napięciu płynie tym mniejszy prąd im większa jest rezystancja.

$$R = \frac{U}{I}$$

Popularnym elementem w obwodach elektrycznych jest żarówka. Rezystancja żarnika żarówki zależy od temperatury. A zatem

$$R = R_0(1 + \alpha \Delta T)$$

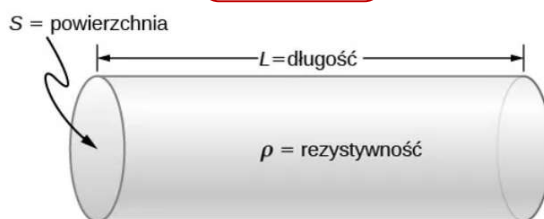
jest temperaturową zależnością rezystancji żarnika, gdzie R_0 to początkowa rezystancja, a R to rezystancja po zmianie temperatury o ΔT , α oznacza współczynnik temperaturowy danego materiału (np.: dla wolframu wynosi $\alpha = 0,0045K^{-1}$).

Przewodność elektryczna jest miarą zdolności materiału do przewodzenia prądu. Przewodniki mają większą przewodność elektryczną niż izolatory. Rezystywność materiału określa to, jak bardzo materiał opiera się przepływowi prądu elektrycznego. **Jednostką rezystywności w układzie SI jest (Ωm).** Dobre przewodniki mają dużą przewodność oraz małą rezystywność. Tabela przedstawia wartości rezystywności oraz przewodności dla różnych materiałów.

Materiał	Przewodność σ (Ωm) ⁻¹	Rezystywność ρ (Ωm)
<i>Przewodniki</i>		
Srebro	$6,29 \cdot 10^7$	$1,59 \cdot 10^{-8}$
Miedź	$5,95 \cdot 10^7$	$1,68 \cdot 10^{-8}$
Złoto	$4,10 \cdot 10^7$	$2,44 \cdot 10^{-8}$
Glin	$3,77 \cdot 10^7$	$2,65 \cdot 10^{-8}$
Wolfram	$1,79 \cdot 10^7$	$5,60 \cdot 10^{-8}$
Żelazo	$1,03 \cdot 10^7$	$9,71 \cdot 10^{-8}$
Platyna	$0,94 \cdot 10^7$	$10,6 \cdot 10^{-8}$
Stal	$0,50 \cdot 10^7$	$20,0 \cdot 10^{-8}$
Ołów	$0,45 \cdot 10^7$	$22,0 \cdot 10^{-8}$

Rezystancja cylindrycznego kawałka przewodnika równa się rezystywności materiału pomnożonej przez długość przewodnika i podzielonej przez powierzchnię przekroju poprzecznego:

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

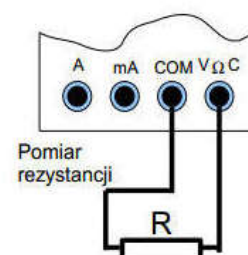
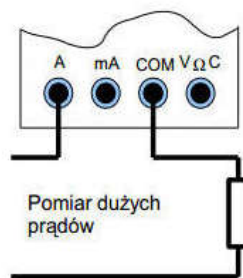
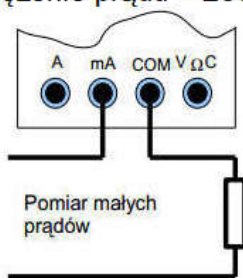
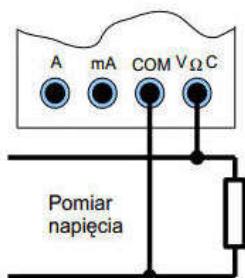


stąd rezystywność wynosi:

$$\rho = \frac{RS}{L}$$

Jak podłączyć multimetr?

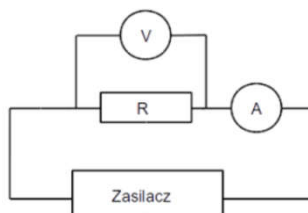
natężenie prądu < 200mA



Część praktyczna:

Cześć I. Sprawdzenie prawa Ohma.

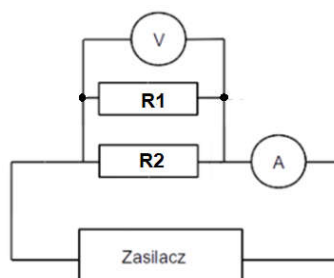
- Wykonaj wstępny pomiar oporu rezystora (wybranego przez prowadzącego zajęcia). Pomiar wykonaj omomierzem. Ustal dokładność pomiaru.
- Korzystając z równania na moc $P_{max} = \frac{U_{max}^2}{R} [W]$ oblicz maksymalną moc wydzieloną na oporniku. Porównaj wynik z danymi na obudowie rezystora.
- Połącz obwód z rezystorem według schematu przedstawionego na rysunku:



- Wykonaj pomiar natężenia prądu płynącego w obwodzie zmieniając wartość napięcia w przedziale od 0V do 12V. Wyniki zapisz w tabeli:

pomiar	1	2	3	4	5	6	7	8
$I[mA]$								
$U[V]$								

- Za pomocą aplikacji Microsoft Office Excel (lub innej) narysuj punktowy wykres zależności $U(I)$ dla rezystora. Korzystając z metody najmniejszych kwadratów wyznacz jego rezystancję oraz niepewność $u(R)$. Porównaj otrzymany wynik z informacją podaną na oporniku.
- Powtórz pomiary, łącząc tym razem dwa oporniki równolegle (schemat poniżej).

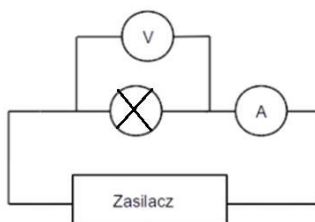


Układ dwóch oporników połączonych równolegle: $R_1 =$ $R_2 =$								
pomiar	1	2	3	4	5	6	7	8
$I[mA]$								
$U[V]$								

- Korzystając z aplikacji Excel (lub innej) i metody najmniejszych wyznacz rezystancję układu R_u oraz jej niepewność. Porównaj otrzymany wynik z wynikiem obliczonym ze wzoru:

$$\frac{1}{R_u} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

8. Wykonaj wstępny pomiar oporu żarówki. Pomiar wykonaj omomierzem. Ustal dokładność pomiaru.
9. Połącz obwód z żarówką według schematu przedstawionego na rysunku:



10. Zbadaj charakterystykę prądowo-napięciową żarówki. Wyniki zapisz w tabeli:

pomiar	1	2	3	4	5	6	7	8
$I[mA]$								
$U[V]$								

11. Za pomocą aplikacji Microsoft Office Excel narysuj punktowy wykres zależności $U(I)$ dla żarówki.
12. Zapisz wnioski z pomiarów.

Część II. Pomiar oporu właściwego (rezystywności) miedzi i aluminium.

1. Wykonaj wstępny pomiar oporu przewodnika aluminiowego. Pomiar wykonaj omomierzem. Wyciągnij wnioski.
2. Za pomocą internetowego kalkulatora określ przybliżoną wartość rezystancji rdzenia aluminiowego (https://calcoolator.pl/rezystancja_dlugosc_srednica_przewodu.html).
3. Ustaw układ pomiarowy według rysunku oraz wzmacnienie napięcia 1000x. UKŁAD POMIAROWY NALEŻY USTAWIĆ PRZY WYŁĄCZONYM ZASILACZU. ZASILACZ NALEŻY URUCHOMIĆ TYLKO PO WCZEŚNIEJSZYM SPRAWDZENIU OBWODU PRZEZ PROWADZĄCEGO ZAJĘCIA!



4. Wykonaj pomiar napięcia na rdzeniu aluminiowym zmieniając wartość natężenia prądu w przedziale od 0A do 2A . Zapisz otrzymane pomiary w tabeli:

pomiar	1	2	3	4	5	6	7	8
$I[A]$								
$U[\mu V]$								

- Korzystając z aplikacji Microsoft Office Excel (lub innej) przedstaw w postaci wykresu punktowego zależność napięcia od natężenia prądu $U(I)$.
- Metodą najmniejszych kwadratów dopasuj prostą regresji $U = R_{Cu}I + U_0$ wyznaczając rezystancję R_{Cu} oraz niepewność pomiaru $u(R_{Cu})$.
- Wykonaj pomiar długości l rdzenia za pomocą przymiaru milimetrowego oraz pomiar średnicy rdzenia za pomocą suwmiarki. Ustal niepewność tych pomiarów.
- Wyznacz pole przekroju S przewodnika oraz niepewność $u(S)$.
- Korzystając ze wzoru

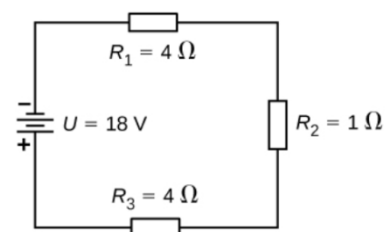
$$\rho = \frac{RS}{l}$$

oblicz wartość rezystywności aluminium oraz $u(\rho)$ korzystając z prawa przenoszenia niepewności pomiarowych. Porównaj wyniki pomiarów z teoretycznymi danymi z tabeli we wstępie instrukcji.

- Powtórz pomiary i obliczenia z podpunktów 1) – 8) dla rdzenia miedzianego.
- Zapisz wnioski z pomiarów.

Przykładowe zadania na kolokwium.

- Oblicz efektywną rezystancję kalkulatora kieszonkowego, który ma 1,35-woltową baterię oraz płynie przez niego prąd o natężeniu 0,2mA.
- Jak długi powinien być żarnik wolframowy w żarówce o średnicy 0,1mm, jeśli ma mieć rezystancję 0,2Ω w temperaturze 20°C?
- Temperatura w Warszawie może wahać się pomiędzy –15°C zimą a 30°C latem. O ile procent zmienia się rezystancja drutu aluminiowego w ciągu roku?
- Rozważ obwód pokazany obok. Napięcie na biegunach baterii wynosi $U = 18V$. Oblicz opór równoważny obwodu, natężenie prądu przepływającego przez każdy opornik, spadek potencjału na każdym oporniku.
- Do rezystora o oporze 100Ω podłączono drugi opornik i okazało się że opór układu zmalał pięciokrotnie. Narysuj schemat podłączenia oporników i wykonując obliczenia ustal opór podłączonego opornika.



Bibliografia:

Podręcznik online- Fizyka dla szkół wyższych. <https://cnx.org/>

Henryk Szydłowski, Pracownia fizyczna, PWN, Warszawa 2003

David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker, Podstawy fizyki, t. 1-5, PWN, Warszawa 2003.