



zajęcia otwarte z fizyki

PRAWO OHMA I KIRCHHOFFA

Instrukcja dla uczniów szkół ponadpodstawowych

WSTĘP

Celem doświadczenia jest wyznaczenie oporu zastępczego w układzie na podstawie pomiarów natężenia i napięcia prądu elektrycznego, co pozwoli na zweryfikowanie prawa Ohma.

Zgodnie z prawem Ohma różnica potencjałów, czyli napięcie elektryczne U między dwoma punktami przewodnika jest proporcjonalne do natężenia I prądu płynącego przez przewodnik:

$$U = RI$$

gdzie współczynnik proporcjonalności R nazywany jest oporem lub rezystancją przewodnika. Opór mierzymy w omach ($\Omega = \frac{V}{A}$). Do pomiaru oporu możemy użyć bezpośrednio omomierza lub zmierzyć napięcie i natężenie prądu w układzie.

Różne materiały można scharakteryzować posługując się wielkością nazywaną opornością właściwą. Jest to wielkość, którą można znaleźć w tablicach fizycznych. Opór danego przewodnika jest proporcjonalny do oporności właściwej ρ materiału, z którego jest zbudowany i jego długości l , a odwrotnie proporcjonalny do przekroju poprzecznego S :

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

Jednostką oporności właściwej jest $\Omega \cdot m$.

UKŁAD POMIAROWY

Do wykonania doświadczenia potrzebne będą:

- multimetry uniwersalne, które mogą pełnić rolę woltomierza, amperomierza oraz omomierza,
- oporniki,
- zasilacz prądu stałego.

POMIARY

Zadanie 1.

Na początek sprawdź opory kilku oporników dostępnych w zestawie pomiarowym. Porównaj wartość nominalną opornika z wartością zmierzoną za pomocą omomierza. Wyniki zapisz w Tabeli 1. Porównaj obie wartości wyznaczając procentową różnicę pomiędzy wartościami oporu.



Tabela 1. Wartości oporów nominalnego oraz zmierzonego za pomocą omomierza oporników dostępnym w zestawie pomiarowym.

Opór nominalny R_n	Opór zmierzony R_z	$\frac{ R_n - R_z }{R_n} \cdot 100\%$

Zadanie 2.

Wyznacz opór elektryczny swojego ciała. Wytrzymaj ręce tak, aby były suche i złap palcami za końcówki omomierza.

Wartość oporu ciała:

Porównaj wartości oporu ciała, które otrzymali Twoi koledzy. Powtórz pomiar oporu poprzedzając go nachuchaniem na palce, którymi dotykasz końcówki omomierza.

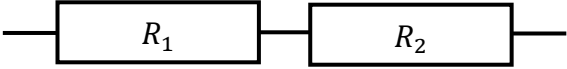
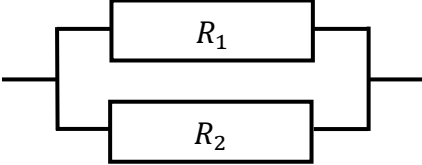
Wartość oporu ciała:

Czy wartość oporu uległa zmianie? Jak myślisz dlaczego?

Zadanie 3.

Pojedyncze oporniki można łączyć ze sobą tworząc większe układy. Dla układu oporników można wyznaczyć opór zastępczy R_z . W zależności od sposobu połączenia ze sobą oporników, opór możemy wyznaczyć za pomocą równań przedstawionych w Tabeli 2.

Tabela 2. Sposoby łączenia oporników oraz wzory na wyznaczenie oporu zastępczego R_Z .

Rodzaj połączenia	Schemat	Wzór
szeregowe		$R_Z = R_1 + R_2$
równoległe		$\frac{1}{R_Z} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

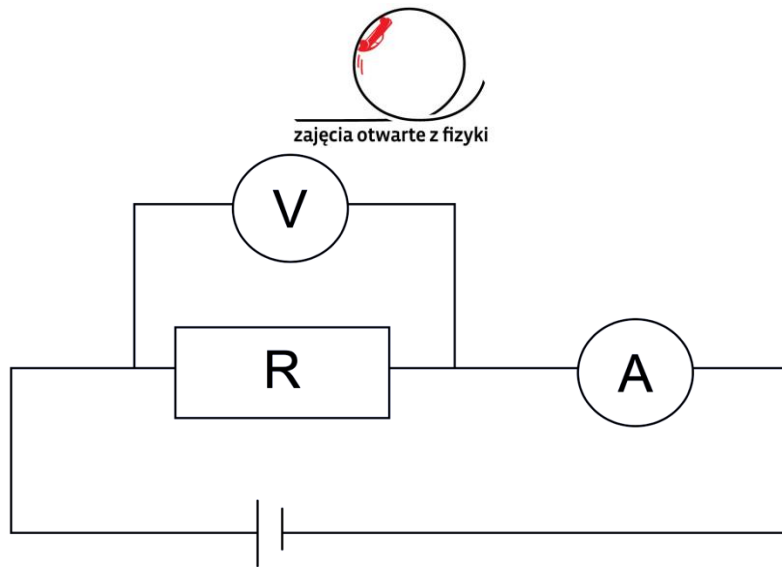
Wybierz dwa oporniki. Połącz je ze sobą najpierw szeregowo, a potem równoległe. Zmierz omomierzem wartość oporu zastępczego. Porównaj wynik wskazany przez omomierz z wartością obliczoną za pomocą wzoru z wykorzystaniem zmierzonych w pierwszej części doświadczenia wartości oporu. Wyniki zapisz w Tabeli 3.

Tabela 3. Wartości oporów zmierzonych i obliczonych ze wzorów dla połączeń szeregowych i równoległych oporników.

Rodzaj połączenia	Opór zmierzony R_Z	Opór obliczony ze wzoru R_Z
szeregowe		
równoległe		

Zadanie 4.

Sprawdź poprawność prawa Ohma dla pojedynczego opornika. Zbuduj obwód składający się z zasilacza, opornika, woltomierza i amperomierza. Został on przedstawiony na Rysunku 1. Woltomierz, czyli miernik napięcia, podłączamy równoległe do elementu obwodu, na którym chcemy zmierzyć napięcie. Natomiast amperomierz, czyli miernik natężenia prądu, podłączamy szeregowo do gałęzi, w której chcemy zmierzyć natężenie płynącego przez nią prądu.



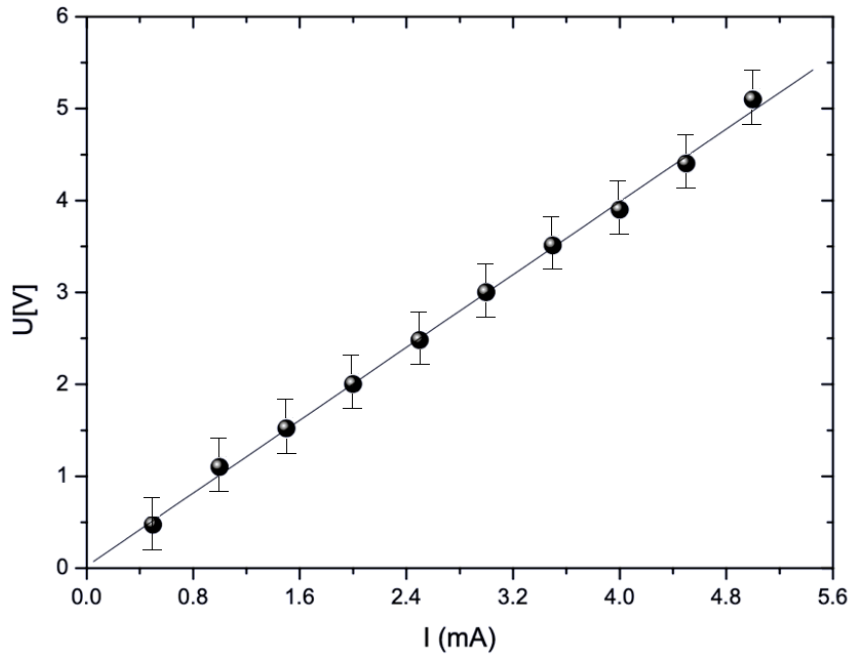
Rysunek 1. Przykład układ do sprawdzania prawa Ohma.

Zmieniaj napięcie na zasilaczu i zapisuj wartość napięcia zmierzonego na oporniku i prądu płynącego przez układ. Sprawdź jednostki. Wyniki zapisz w Tabeli 4.

Tabela 4. Wartości napięcia U , natężenia I oraz oporu R zmierzone otrzymane z pomiarów.

Napięcie U []	Natężenie I []	Opór $R = \frac{U}{I}$ []

Przedstaw otrzymane wyniki z Tabeli 4 w formie wykresu ilustrującego zależność napięcia od natężenia $U(I)$. Do przedstawionych punktów wraz z oszacowanymi powyżej niepewnościami dopasuj linię prostą postaci $U = R \cdot I$. Przykład dopasowania jest przedstawiony na Rysunku 2. Współczynnik kierunkowy dopasowanej prostej, który jest równy tangensowi kąta nachylenia tej prostej do osi x , to szukana wartość oporu R .



Rysunek 2. Dopasowanie linii prostej postaci $U = R \cdot I$ do przykładowych danych pomiarowych.

Wartość oporu:

$$R = \dots\dots\dots$$

Zadanie 5.

Sprawdź poprawność prawa Ohma dla układu oporników. Zaproponuj układ kilku oporników, który będzie zawierać jednocześnie połączenia szeregowe i równoległe. Narysuj schemat i oblicz opór zastępczy.





zajęcia otwarte z fizyki

Rysunek 3. Schemat układu.

Następnie zbuduj zaproponowany przez siebie układ pomiarowy i wykonaj pomiary. Wyniki zapisz w Tabeli 5. Postępuj zgodnie z poleceniami z *Zadania 4*.

Tabela 5. Wartości napięcia U , natężenia I oraz oporu R zmierzone otrzymane z pomiarów.

Napięcie U []	Natężenie I []	Opór $R = \frac{U}{I}$ []

Wartość oporu:

$$R = \dots\dots\dots$$

Zadanie 6. Oszacowanie niepewności pomiarowych.

W celu wyznaczenia oporu zastępczego oporników połączonych w obwodzie niezbędne było wykonanie serii pomiarów dla napięcia i natężenia zaprojektowanych układów.

Czy uważasz, że pomiary te zostały wykonane bardzo dokładnie, czy są obarczone niepewnościami? Jakie czynniki mogły wpłynąć na niepewności pomiarowe?

Spróbuj oszacować, z jakimi niepewnościami pomiarowymi dokonałeś pomiarów napięcia U i natężenia I :

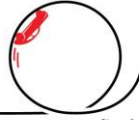
$$\Delta U = \dots\dots\dots \quad \Delta I = \dots\dots\dots$$

Należy pamiętać, że wartości oporów zastępczych dla różnych układów zostały obliczone pośrednio na podstawie pomiarów bezpośrednich (napięcie U i natężenie I). W związku z tym obliczone wartości oporów również obarczone są niepewnościami. Opór wyrażony jest wzorem:

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

Niepewność wyznaczenia wartości oporu można obliczyć jako:





zajęcia otwarte z fizyki

$$u_R = \sqrt{u_1^2 + u_2^2},$$

gdzie u_1 jest związane z niepewnością pomiaru napięcia U , natomiast u_2 jest związane z niepewnością pomiaru natężenia I i wyraża się następującymi wzorami:

$$u_1 = \frac{1}{2} |R|_{U+u_U} - R|_{U-u_U}| = \frac{1}{2} \left| \frac{U+u_U}{I} - \frac{U-u_U}{I} \right| = \frac{u_U}{I}$$

$$\begin{aligned} u_2 &= \frac{1}{2} |R|_{I+u_I} - R|_{I-u_I}| = \frac{1}{2} \left| \frac{U}{I+u_I} - \frac{U}{I-u_I} \right| = \frac{1}{2} U \left| \frac{(I-u_I) - (I+u_I)}{(I+u_I)(I-u_I)} \right| \\ &= -\frac{Uu_I}{I^2 - u_I^2} \xrightarrow{u_I^2 \ll I^2} -\frac{U \cdot u_I}{I^2} \end{aligned}$$

Oblicz powyższe niepewności dla wybranego układu i wyniki wpisz do Tabeli 6.

Tabela 6. Wartości niepewności wyznaczania oporu

u_1	u_2	u_R

Co to według Ciebie oznacza? Czy otrzymane wartości niepewności oporu są ze sobą zgodne? Czy potrafisz określić wpływ tych niepewności na niepewność określenia oporu układu?

Opracowanie:
A. Tartas, A. Drabińska