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 ($\Omega = \frac{\mathrm{V}}{\mathrm{A}}$). 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 $\Omega \cdot \mathrm{m}$.

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.

WYDZIAŁ FIZYKI UNIWERSYTET WARSZAWSKI
Polskie Towarzystwo Fizyczne Oddział Warszawski
projekt współfinansuje miasto stołeczne Warszawa

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

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

Zadanie 2.

Wyznacz opór elektryczny swojego ciała. Wytrzyj 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: .....

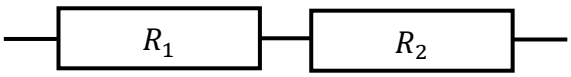
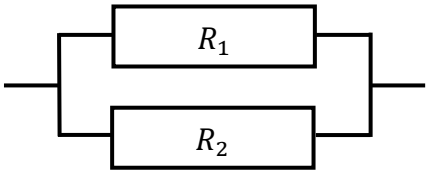
Czy wartość oporu uległa zmianie? Jak myślisz dlaczego?

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.

WYDZIAŁ FIZYKI UNIWERSYTET WARSZAWSKI
Polskie Towarzystwo Fizyczne Oddział Warszawski
projekt współfinansuje miasto stołeczne Warszawa

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 równolegle. 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.

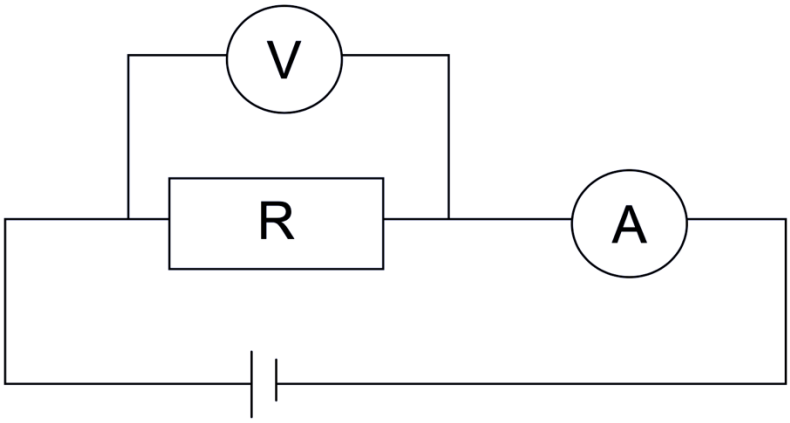
Tabela 3. Wartości oporów zmierzonych i obliczonych ze wzorów dla połączeń szeregowych i równoległych oporników.

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 równolegle 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.

WYDZIAŁ FIZYKI UNIWERSYTET WARSZAWSKI
Polskie Towarzystwo Fizyczne Oddział Warszawski
projekt współfinansuje miasto stołeczne Warszawa



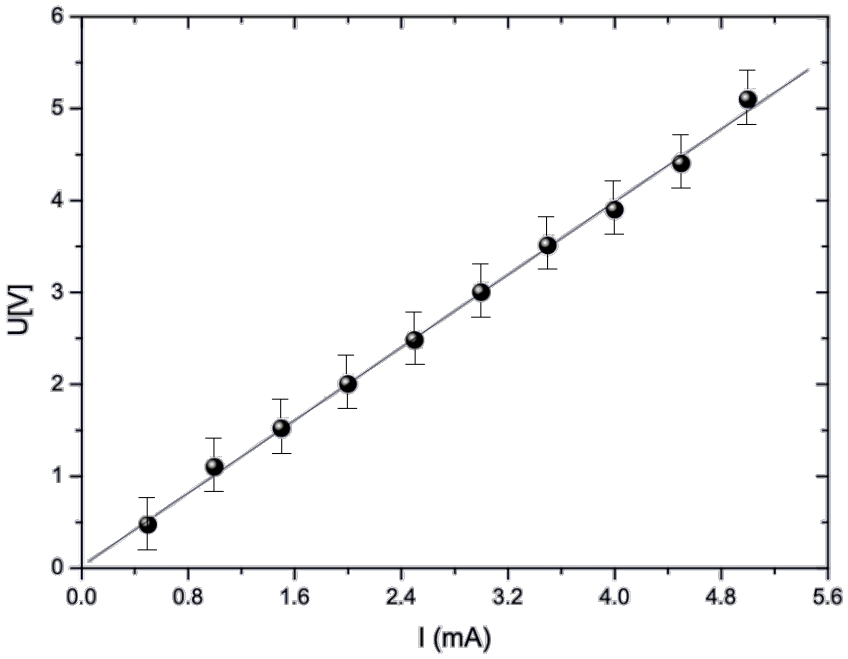
Rysunek 1. Przykład układ do sprawdzania prawa Ohma.

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:

$$R = \text{.....}$$

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.

Rysunek 3. Schemat układu.

WYDZIAŁ FIZYKI UNIWERSYTET WARSZAWSKI
Polskie Towarzystwo Fizyczne Oddział Warszawski
projekt współfinansuje miasto stołeczne Warszawa

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:

$$R = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

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:

$$\Delta U = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \qquad \Delta I = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

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:

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

WYDZIAŁ FIZYKI UNIWERSYTET WARSZAWSKI
Polskie Towarzystwo Fizyczne Oddział Warszawski
projekt współfinansuje miasto stołeczne Warszawa

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:

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

$$u_2 = \frac{1}{2}\left|R|_{I+u_I} - R|_{I-u_I}\right| = \frac{1}{2}\left|\frac{U}{I+u_I} - \frac{U}{I-u_I}\right| = \frac{1}{2}U\left|\frac{(I-u_I)-(I+u_I)}{(I+u_I)(I-u_I)}\right|$$

$$= -\frac{Uu_I}{I^2 - {u_I}^2} \xrightarrow{{u_I}^2 \ll I^2} -\frac{U \cdot u_I}{I^2}$$

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

WYDZIAŁ FIZYKI UNIWERSYTET WARSZAWSKI
Polskie Towarzystwo Fizyczne
Oddział Warszawski
projekt współfinansuje miasto stołeczne Warszawa