

Zad. E 06A	I PRACOWNIA FIZYCZNA Instytut Fizyki US
Temat:	Doświadczalne potwierdzenie prawa Ohma

Cel: Nabranie umiejętności tworzenia i montażu prostych obwodów elektrycznych ze źródłem napięcia, miernikami elektrycznymi.

Zbadanie zależności $I = I(U)$ dla przewodnika – drutu oporowego.

Przyrządy: Deska z 8 odcinkami drutu oporowego, każdy z nich ma długość ok. 0,5 m i rezystancję ok. 10 Ω . Źródło napięcia prądu elektrycznego – regulowany zasilacz prądu stałego M10-SP typu SPM18-3E lub SP-305E, 2 uniwersalne cyfrowe mierniki elektryczne UT 90A, przewody do połączeń, miarka zwijana do pomiaru długości.

1. ZAGADNIENIA

1. Znajomość zagadnień BHP w zakresie bezpiecznej pracy na stanowisku laboratoryjnym w pracy z prądem elektrycznym. Prąd rażeniowy.
2. Skutki cieplne przepływu prądu elektrycznego.
3. Łączenie mierników i odbiorników prądu elektrycznego.
4. Prąd elektryczny i opór elektryczny. Prawo Ohma.
5. Wielkości elektryczne i ich jednostki. Orientacja w wartościach tablicowych stosowanych w celach elektrycznych metali.

2. OPIS ZAGADNIENIA

A. Wprowadzenie

Natężenie prądu elektrycznego I płynącego w przewodniku, w ustalonej temperaturze, jest wprost proporcjonalne do napięcia U na jego końcach:

$$I \sim U, \quad I = \frac{1}{R} U. \quad (1)$$

Odwrotność współczynnika proporcjonalności nazywamy oporem elektrycznym (rezystancją). Opór elektryczny przewodnika R to wielkość charakteryzująca przewodnik, stała w danej temperaturze, równa stosunkowi napięcia U przyłożonego do jego końców do wywołanego w nim natężenia prądu elektrycznego I . Jednostką oporu elektrycznego jest om: 1 $\Omega = (1 \text{ V})/(1 \text{ A})$.

Opór przewodnika (rezystancja) w danej temperaturze zależy od jego długości, pola powierzchni przekroju poprzecznego S i od rodzaju materiału:

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (2)$$

gdzie ρ – opór właściwy (rezystywność), to stała materiałowa charakteryzująca materiały ze względu na ich zdolność przewodzenia prądu elektrycznego.

$$\rho = R \frac{S}{l}, \quad [\rho] = \Omega \cdot \text{m} \text{ (omometr)}. \quad (3)$$

Opory właściwe metali mogą się dość znacznie różnić, np. dla miedzi – $\rho_{\text{Cu}} = 1,71 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$; dla żelaza – $\rho_{\text{Fe}} = 9,71 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$; dla konstantanu (stop miedzi i niklu) – $\rho_{\text{CuNi45}} = 52,1 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$; dla chromonikieliny – $\rho_{\text{NiCr15}} = 111,1 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$.

Odwrotność R jest def. jako konduktancja (przewodność elektryczna) i ozn. literą G , natomiast odwrotność ρ jest def. jako konduktywność (przewodność elektryczna właściwa mate-

riału przewodnika) i oznaczana literą γ lub σ . Jednostką przewodności elektrycznej jest siemens, ozn. S: $1 \text{ S} = 1 \Omega^{-1}$, jednostką konduktywności jest siemens na metr.

Zależność oporu przewodnika od temperatury, dla większości metali jest w przybliżeniu liniowa i dla dość szerokiego przedziału temperatur prawdziwy jest wzór:

$$R(T) = R_0 [1 + \alpha_R (T - T_0)], \quad (4)$$

gdzie R_0 oznacza opór przewodnika w temperaturze T_0 , α_R – temperaturowy współczynnik oporu (np. dla miedzi – $\alpha_{R, \text{Cu}} = 3,9 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$, dla żelaza – $\alpha_{R, \text{Fe}} = 6,5 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$; dla konstantanu $\alpha_{R, \text{CuNi45}} = 0,03 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$, dla chromonikieliny – $\alpha_{R, \text{NiCr15}} = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$).

3. PRZEBIEG WYKONANIA ĆWICZENIA

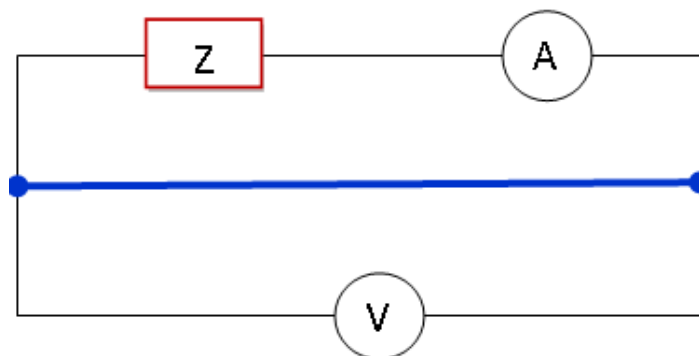
A. Metoda pomiarów.

W układzie pomiarowym – rys. 1, dokonujemy pomiaru natężenia płynącego prądu w obwodzie dla różnych wartości napięcia, które ustalamy na zasilaczu laboratoryjnym. Maksymalne natężenie prądu elektrycznego $I_{\text{Max}} = 150 \text{ mA}$. Ponieważ opór wewnętrzny woltomierza jest dużo większy od wartości oporu wewnętrznego amperomierza oraz badanego przewodnika – drutu oporowego, ozn. pogrubioną niebieską linią, więc mierzona wartość napięcia na woltomierzu jest prawie dokładnie równa spadkowi napięcia na badanym przewodniku, natomiast amperomierz wskazuje wartość natężenia prądu płynącego w badanym przewodniku. Dla badanego układu doświadczalnego, przy wybranej długości przewodnika, należy zaplanować pomiary – obliczyć U_{Max} , przyjmując liczbę pomiarów $n = 12$ (około, dla różnych wartości U) obliczyć o jaką wartość należy zmieniać napięcie. Przyjąć wartość „okrągłą” dogodną do prezentacji wyników.

Ponieważ przy przepływie prądu przewodnik się nagrzewa nie należy przedłużać pomiarów. Z tego też względu wskazane jest je powtórzyć dla malejących wartości napięcia.

Dla przyjętego planu przygotować tabelkę pomiarową.

B. Układ doświadczalny.



Rys. 1. Schemat układu pomiarowego. Z – regulowany zasilacz prądu stałego; A – amperomierz, miernik uniwersalny ustawiony na zakresie prądowym 200 mA DC; V – woltomierz, miernik uniwersalny ustawiony na zakresie napięciowym 20 V DC;

C. Wykonanie doświadczenia.

1. Jeden z mierników uniwersalnych UT 90A, z oznaczeniem na obudowie V, ustawić na zakres napięciowy 20 V DC a drugi, z oznaczeniem na obudowie A, na zakres prądowy 200 mA DC. Sprawdzić w instrukcji miernika jaka jest dokładność pomiarów na ustawionych zakresach.
2. Regulowany zasilacz prądu stałego M10-SP serii SPM18-3E lub SP – 305E powinien mieć ustawienie granicznej wartości prądu obciążenia w trybie CV (patrz w instrukcji p. „Praca w trybie CV z ograniczeniem prądowym” lub p. 3.3 z instrukcji zasilacza SP – 305E) – 150 mA. Należy upewnić się u prowadzącego.

Uwaga: W trakcie ćwiczenia zmiany prądu w obwodzie dokonujemy jedynie pokrętleń FINE (precyzyjnym). W żadnym wypadku nie wolno obracać pokrętleń CURRENT (skrajne lewe lub dolne).

Sprawdzić działanie zasilacza.

3. Zbudować układ zgodnie ze schematem – rys. 1, przewodnik (drut oporowy o wybranej długości) połączyć za pomocą przewodów ze źródłem napięcia (regulowany zasilacz prądu stałego) i amperomierzem (włączamy szeregowo), podłączyć woltomierz (włączamy równolegle).
4. Włączyć zasilacz. Sprawdzić czy napięcie $U = 0$. Włączyć mierniki. Regulując pokrętle wartości napięcia zasilania (FINE, VOLTAGE), zebrać dane wartości natężenia prądu I płynącego w obwodzie od wybranych wartości napięcia U (od 0 do ok. U_{Max}).
5. Wyłączyć zasilacz i mierniki uniwersalne. Odczekać chwilę.
6. Ponownie włączyć zasilacz i mierniki. Powtórzyć pomiary w odwrotnej kolejności obniżając wartości napięcia od maksymalnej do 0. Z punktu tego można zrezygnować za zgodą prowadzącego.
7. Wyłączyć zasilacz i miernik uniwersalny. Zdemontować układ pomiarowy, zostawić elementy na swoich miejscach.
8. Zmierzyć długość przewodu z zaplanowaną dokładnością. Przewodnik jest z chromonikieliny o średnicy 0,25 mm i oporze właściwym $1111 \text{ n}\Omega \cdot \text{m}$ (wartości należy zweryfikować przy stanowisku).

4. OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARÓW

A. Wyznaczenie wartości pomiarowych.

1. Przedstawić na wykresie zależność $I = f(U)$ – na papierze milimetrowym z zaznaczeniem odcinków niepewności o ile będzie to możliwe. Z wykresu wyznaczyć wartość R .
2. Stosując metodę regresji liniowej – komputerowo, wyznaczyć współczynnik nachylenia prostej.
3. Z wartości pomiarowych w tabeli wyznaczyć wartość R .
4. Z danych długości (należy zmierzyć), średnicy i oporu właściwego przewodnika obliczyć R .

B. Niepewności pomiaru.

1. Oblicz niepewność pomiaru pojedynczego pomiaru na podstawie danych.
2. Oblicz niepewność pomiaru wartości średniej R – p. A.3.
3. Oszacuj niepewność pomiaru wartości R na podstawie wykresu.
4. Oblicz niepewność pomiaru R z p. A.4.

Dane z instrukcji dla miernika uniwersalnego UT 90 A

Napięcie DC: 200 mV / 2 V / 20 V / 200 V; $\pm(0,5\%+2)$ / 1000 V; $\pm(0,8\%+3)$
(należy powiększyć o 2 jednostki na ostatnim miejscu cyfry znaczącej)

Przykład. Jeśli wskazanie na zakresie 20 V wynosi 8,5 to dla 0,5 % mamy 0,0425; Dla 2 cyfr na ost. miejscu znaczącym daje 0,2. Zatem niepewność graniczna pojedynczego pomiaru wynosi: 0,3 (z zaokrąglenia liczby 0,2425).

Natężenie prądu stałego DC: 200 μA / 2 mA / 20 mA / 200 mA; $\pm(1\%+5)$ / 10 A; $\pm(2\%+5)$
(należy powiększyć o 5 jednostek na ostatnim miejscu cyfry znaczącej).

Przykład. Jeśli wskazanie na zakresie 200 mA wynosi 107,7 to dla 1 % mamy 1,077. Dla 5 cyfr na ost. miejscu znaczącym daje 0,5. Zatem niepewność graniczna pojedynczego pomiaru wynosi: 1,6 (z zaokrąglenia liczby 1,577).

C. Zestawienie wyników i niepewności pomiaru.

5. Dokonać dyskusji wyników, porównać wartości dla R otrzymane w p. A; zapisać wnioski i uwagi dotyczące doświadczenia.

LITERATURA

1. D. Halliday, R. Resnick, J. Walker: *Podstawy fizyki*. Warszawa, PWN, 2007 lub inne wydanie.
2. T. Molenda, J. Stelmach: *Fizyka – prościej, jaśniej*. Szczecin, Interbook, 2003 (lub inne wydanie).
3. H. Szydłowski: *Pracownia fizyczna*. Wyd. IX, PWN, Warszawa 1999 (lub inne wydanie).
4. Instrukcja obsługi dla „Miernik uniwersalny UT 90A”: www.dydfiz.univ.szczecin.pl/pdf/pdf_216.pdf
5. Instrukcja obsługi dla „Regulowany zasilacz prądu stałego M10-SP serii SPM18-3E”
www.dydfiz.univ.szczecin.pl/pdf/pdf_217.pdf
lub SP – 305E: http://www.dydfiz.univ.szczecin.pl/pdf/pdf_219.pdf