

Wyznaczanie charakterystyki prądowo-napięciowej wybranych elementów¹

Andrzej Koźmic, Natalia Kędroń²

Cel ogólny:

Wyznaczenie charakterystyki prądowo-napięciowej opornika i żarówki

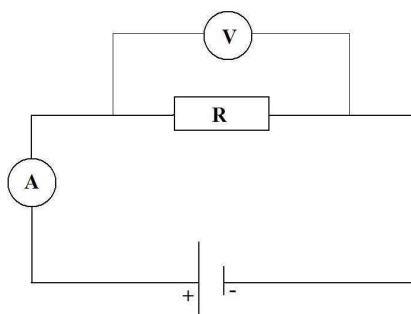
Cele operacyjne:

- uczeń, na podstawie schematu podanego w instrukcji, buduje proste obwody elektryczne składające się ze źródła prądu i napięcia, przewodników elektrycznych i elementów pasywnych (opornik, żarówka, dioda);
- uczeń podłącza do zbudowanego układu amperomierz i woltomierz;
- uczeń doskonali umiejętność posługiwania się woltomierzem analogowym;
- uczeń przeprowadza doświadczenie zgodnie z podaną instrukcją;
- uczeń sporządza wykresy na podstawie otrzymanych pomiarów;
- uczeń analizuje i szacuje niepewność pomiarową w przeprowadzonym doświadczeniu;
- uczeń doskonali umiejętność rysowania wykresu na papierze milimetrowym.

Materiały i przyrządy: źródło zasilania, przewody elektryczne, żarówka, opornik 100 Ω , woltomierz cyfrowy i analogowy, amperomierz cyfrowy.

Pomiar charakterystyki prądowo-napięciowej opornika

1. Zbuduj układ składający się z źródła zasilania, opornika, woltomierza analogowego, amperomierza cyfrowego oraz przewodów elektrycznych zgodnie z przedstawionym schematem na rysunku 1a.
2. Po zbudowaniu układu pomiarowego ustaw zakresy mierników następująco:
 - woltomierz – 25V,
 - amperomierz – 200mA.



Rysunek 1a

UWAGA !!!

Jeżeli używany przez Ciebie miernik ma inne niż zaproponowany zakres, ustaw go na wartość wyższą od podanej.

3. Zmieniając napięcie na zasilaczu z krokiem zaproponowanym przez nauczyciela (lub co 0,5 V), spisuj wskazania woltomierza i amperomierza do wykonanej przez siebie tabeli. Poniżej znajduje się przykładowa tabela pomiarowa.

¹ Por. komentarz metodyczny na s. 252.

² Osoby sprawdzające instrukcję: Agata Jabłońska, Katarzyna Mickiewicz.

Autorzy instrukcji oraz osoby sprawdzające instrukcję studiują fizykę nauczycielską (II⁰) w Uniwersytecie Wrocławskim.

Tabela 1													
$U[V]$													
$I[mA]$													
$u(I)$													
$u(U)$													

Pamiętaj, że na mierniku analogowym ustawiony zakres odpowiada wartości napięcia dla maksymalnej wartości wychylenia wskazówki.

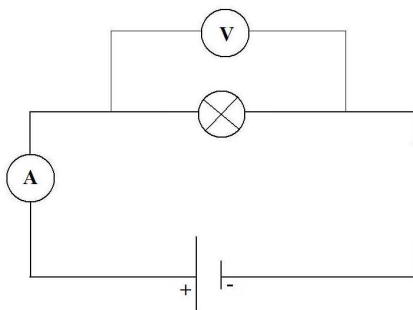
4. Po wykonanych pomiarach spis:
 - klasę woltomierza, określającą niepewność pomiarową w procentach w stosunku do używanego zakresu. Klasę można znaleźć na tarczy miernika, jako liczba zapisaną bez żadnego dodatku jednostkowego, np. 0,5.
 - dla miernika cyfrowego, jako niepewność pomiarową przyjmij:

$$u(I) = \text{ostatnia cyfra} + 1,5\%I,$$

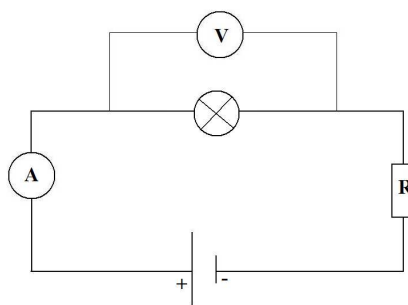
$$u(U) = \text{ostatnia cyfra} + 0,5\%U,$$
5. Wykonaj wykres uzyskanych wyników na papierze milimetrowym. Pamiętaj, aby nanieść niepewności pomiarowe.

Pomiar charakterystyki prądowo-napięciowej żarówki

1. Zbuduj układ składający się z źródła zasilania, żarówki, woltomierza analogowego, amperomierza cyfrowego oraz przewodów elektrycznych zgodnie z przedstawionym schematem na rysunku 1b. Jeżeli po ustawieniu napięcia U na „zero” natężenie prądu płynącego w obwodzie wynosi więcej niż 10 mA (wada zasilacza), podłącz szeregowo do obwodu opornik o oporze ok. 100 Ω mierząc cały czas napięcie na żarówce (patrz rysunek 2).



Rysunek 1b



Rysunek 2

2. Po zbudowaniu układu pomiarowego ustaw zakresy mierników następująco:
 - woltomierz – 20V,
 - amperomierz – 200mA.

UWAGA !!!

Jeżeli używany przez Ciebie miernik ma inne niż zaproponowany zakres, ustaw go na wartość wyższą od podanej.

3. Zmieniając napięcie na zasilaczu z krokiem zaproponowanym przez nauczyciela (lub ok. 0,5 V), spisuj wskazania woltomierza i amperomierza do wykonanej przez siebie tabeli. Poniżej znajduje się przykładowa tabela pomiarowa.

Tabela 1													
$U[V]$													
$I[mA]$													
$u(I)$													
$u(U)$													

4. Dla miernika cyfrowego, jako niepewność pomiarową przyjmij:
 $u(I) = \text{ostatnia cyfra} + 1,5\%I$,
 $u(U) = \text{ostatnia cyfra} + 0,5\%U$,
5. Wykonaj wykres uzyskanych wyników na papierze milimetrowym. Pamiętaj, aby nanieść niepewności pomiarowe.

Część dla nauczyciela

Po złożeniu przez uczniów, układ z opornikiem powinien wyglądać, tak jak na rysunku 3. Układ z żarówką ma wyglądać analogicznie (w miejscu opornika mamy żarówkę).



Rysunek 3 Złożony układ

1 – źródło zasilania,
 2 – woltomierz,
 3 – opornik,
 4 – amperomierz

Uwaga!!! Należy pamiętać, aby przed wykonaniem doświadczenia sprawdzić, czy wszystkie urządzenia są sprawne oraz czy przewody elektryczne nie są uszkodzone.

Poniżej znajdują się przykładowe wyniki oraz narysowane na ich podstawie charakterystyki. Należy pamiętać, że możemy otrzymać inne wartości natężenia w zależności od użytego opornika i żarówki.

Uzyskane wyniki:

opornik	
U [V]	I [mA]
1	10,9
2	22,6
3	31,6
4	42,2
5	53,7
6	63,5
7	73,6
8	82,7
9	93,4
10	102,9
11	113,3
12	122,2
13	131,7
14	143,4
15	153,1
16	163,3
17	173,6
18	182,5
19	192,8

żarówka	
U [V]	I [mA]
0,08	10,9
0,16	17,3
0,38	23,5
0,60	28,0
1,30	42,2
1,72	50,3
2,21	57,4
2,73	64,0
3,50	74,9
4,44	84,3
5,12	91,0
6,34	102,6
7,46	114,2
8,52	121,7
9,33	127,0
9,88	131,6
10,68	137,4
11,60	144,4

Niepewności jakie należy nanieść na wykres powinny być dobrane nie tylko w zależności od używanego sprzętu, ale również należy wziąć pod uwagę umiejętności ucznia oraz zachowanie układu pomiarowego. W przypadku woltomierza analogowego, klasa wynosiła 2,5 przy zakresie 25 V, niepewność pomiarowa wynosi 0,625 V, co jest dobrze widoczne na wykresie I. Dla mierników cyfrowych wartość niepewności pomiarowej jest inna dla każdego pomiaru. Naniesienie kilkunastu różnych niepewności na wykres, zwłaszcza dla uczniów może być kłopotliwe, dlatego proponujemy przyjąć niepewność pomiarową dla natężenia prądu, jako największą z możliwych niepewności. Taką wartość otrzymamy dla ostatniego pomiaru wartości natężenia. Więc:

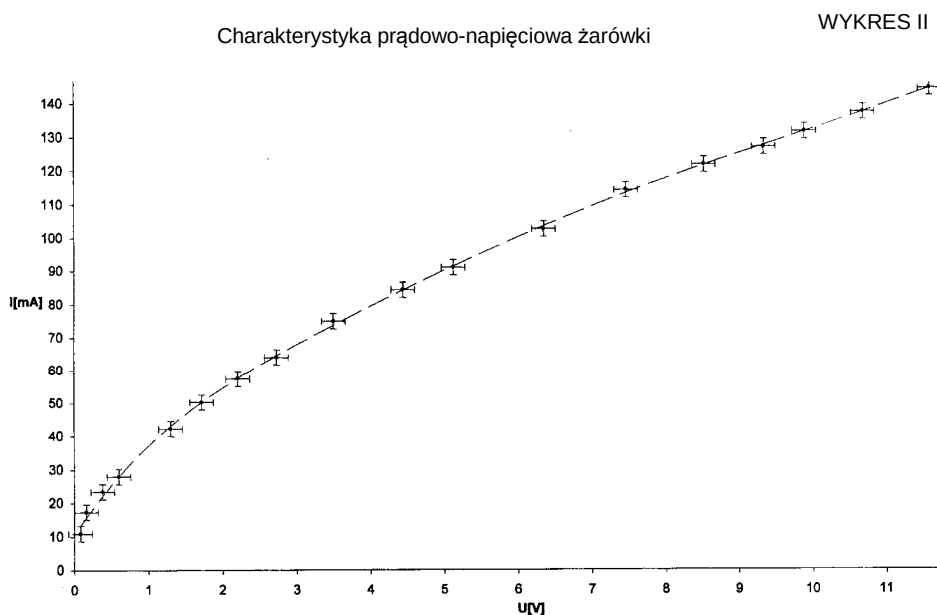
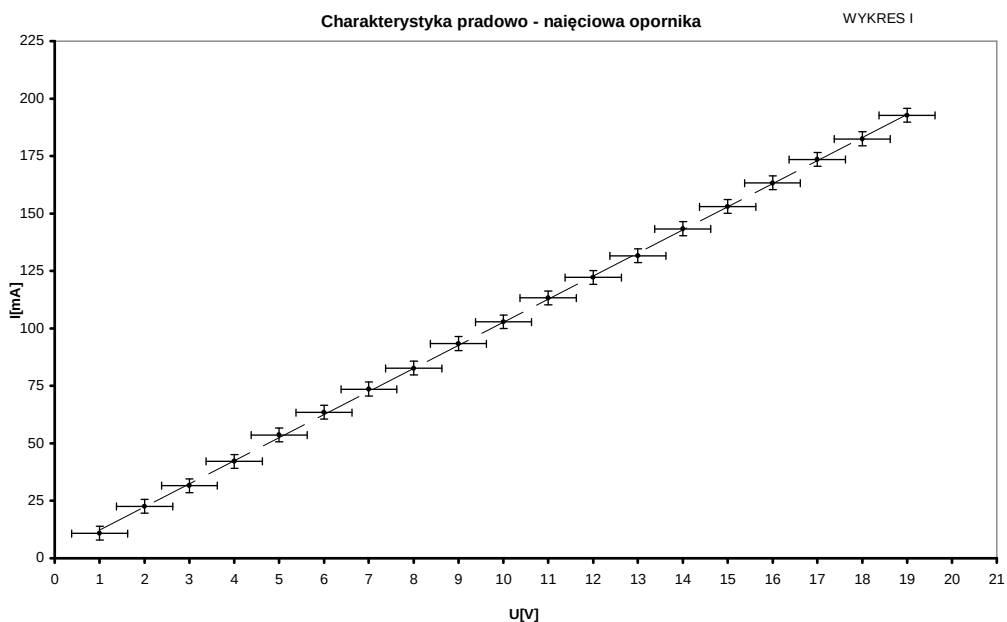
– dla opornika:

$$u(I) = 0,1\text{mA} + 1,5\% \cdot 192,8\text{mA} \approx 3\text{mA},$$

– dla żarówki:

$$u(I) = 0,1mA + 1,5\% \cdot 144,4mA \approx 2,3mA,$$

$$u(U) = 0,1V + 0,5\% \cdot 11,60V \approx 0,16V.$$



Uwagi techniczne dla nauczyciela:

- co najmniej na lekcję przed wykonaniem doświadczenia zapoznaj uczniów z elementami obwodów elektrycznych oraz z odczytywaniem danych pomiarowych z mierników analogowych;
- sprawdź przed pomiarami uczniowskimi czy obwody są prawidłowo zbudowane;
- pamiętaj o odpowiednim doborze opornika i żarówki, zalecamy użycie żarówki dostosowanej do napięcia 6 V i 0,1 A;
- pamiętaj, że uczniowie powinni mieć opanowane opracowywanie danych pomiarowych (umiejętność kształcona w gimnazjum zgodnie z podstawą programową);
- na podstawie wyników uzyskanych dla opornika możesz omówić prawo Ohma i wyznaczyć opór żarówki;
- bardzo ważne jest, aby uczniowie wykres wykonali w domu na papierze milimetrowym, pozwoli to na doskonalenie umiejętności rysowania wykresu, oznaczania osi, dobierania skali itp. Jest to umiejętność sprawdzana na maturze;
- krok o jaki zmieniane jest napięcie, nie musi być równy, przy możliwości płynnego zmieniania wartości napięcia jest to nawet trudne – zwłaszcza uzyskiwanie wartości napięcia typu 1,5 V czy 3,0 V.

Wnioski

Przeprowadzone przez nas doświadczenie nadaje się idealnie na jedną jednostkę lekcyjną. Niestety trudnością może być zapewnienie odpowiedniej ilości zasilaczy na każde stanowisko uczniowskie. Dlatego proponuje się, aby na jednej lekcji uczniowie wykonywali kilka eksperymentów, co powinno nam ułatwić sprawy zaopatrzeniowe. Musimy zdawać sobie sprawę z tego, że dane zjawisko oraz jego pomiar ewidentnie nie nadają się na doświadczenie pokazowe. Groziłoby to całkowitym brakiem zainteresowania ze strony uczniów.

Okazuje się, że podczas wykonywania pomiarów układ zachowuje się niestabilnie, tzn. przy ustalonym napięciu na zasilaczu wartość natężenia prądu w obwodzie może się zmieniać losowo w zakresie 0,5 mA, co bardzo utrudnia określenie konkretnej wartości natężenia prądu. Dlatego należy zwrócić uwagę uczniom, aby wskazania urządzeń były spisywane z dokładnością co najwyżej do jednego miejsca po przecinku, wówczas przyjęcie niepewności pomiarowej 0,2 jednostki ma sens.

Po przeprowadzonym eksperymencie i wykonaniu przez uczniów charakterystyk na papierze milimetrowym możemy się spodziewać pytań typu: „Po co to nam?” Wówczas należy uświadomić uczniom, że na podstawie kształtu charakterystyki jesteśmy w stanie szybko ocenić właściwości elektryczne badanego obiektu. W szczególności od razu można odróżnić, czy badaliśmy żarówkę, czy też opornik.