

## C-5. Wyznaczanie mocy i oporu grzałki elektrycznej.

### Wprowadzenie

Gdy przez dany opornik płynie prąd elektryczny wydziela się na nim energia  $dE$ . Jest ona równa spadkowi energii potencjalnej ładunku  $dq$ , który przepływa przez opornik

$$dE = dq U = I dt U, \quad (1)$$

gdzie  $U$  to spadek napięcia na oporniku powstały w skutek przepływu prądu o natężeniu  $I$ . W przypadku opornika energia ta wydziela się głównie w postaci ciepła

$$dQ = U I dt \quad (2)$$

w powyższym wzorze spadek napięcia na oporniku o wartości  $R$  zgodnie z prawem Ohma wynosi

$$U = I R \quad (3)$$

Zatem wzór (2) można zapisać w postaci

$$dQ = I R dt \quad (4)$$

Moc związana z wydzielaniem się tej energii będzie równa

$$P = \frac{dQ}{dt} = UI = I^2 R \quad (5)$$

i jest wyrażana w watach [W].

Moc  $P$  urządzenia elektrycznego to jeden z jego podstawowych parametrów. Definiuje się ją jako stosunek energii  $W$  pobranej przez urządzenie do czasu  $t$  w którym ten pobór nastąpił.

$$P = \frac{W}{t}. \quad (6)$$

W przypadku grzałki elektrycznej praktycznie cała energia elektryczna zamieniana jest na ciepło. Jeśli grzałka wykorzystywana jest do podgrzewania pewnej masy wody od temperatury początkowej  $T_1$  do temperatury  $T_2$  to ilość energii (w formie ciepła) potrzebnej do ogrzania wody o masie  $m$  i ciepłe właściwym  $c$ , można obliczyć ze wzoru:

$$Q = cm\Delta T \quad [\text{J}] \quad (7)$$

gdzie  $\Delta T = T_2 - T_1$ .

Wartość mocy wymaganej do podgrzewania wody o masie  $m$  od temperatury  $T_1$  do temperatury  $T_2$  w czasie  $t$  będzie równa:

$$P = \frac{Q}{t} \quad (8)$$

Opór grzałki, wyrażany w omach, można obliczyć z prawa Ohma

$$R = \frac{U}{I} \text{ [}\Omega\text{]}, \quad (9)$$

gdzie  $U$  oraz  $I$  to odpowiednio napięcie i natężenie prądu płynącego przez grzałkę. W przypadku prądu przemiennego można przyjąć wartości skuteczne napięcia i natężenia prądu, a moc wydzielana będzie mocą średnią.

Wykorzystując równania (7 i 8), wartość mocy wymaganej do podgrzania wody o masie  $m$  od temperatury  $T_1$  do temperatury  $T_2$  w czasie  $t$  wyliczamy z wzoru

$$P = \frac{cm(T_2 - T_1)}{t}, \quad (10)$$

gdzie  $c = 4188,9 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}$  to ciepło właściwe wody,  $m$  – masa wody,  $t$  - czas podgrzewania od temperatury  $T_1$  do temperatury  $T_2$ . W powyższym wzorze różnicę temperatur można wyrażać zarówno w kelwinach jak i w stopniach Celsjusza.

## Zadanie I. Wyznaczanie mocy grzałki elektrycznej

### Metoda pomiaru

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie mocy wymaganej do podgrzania wody o masie  $m$  od temperatury  $T_1$  do temperatury  $T_2$  w czasie  $t$ . Rolę grzałki może tu pełnić zarówno prosta grzałka do gotowania wody, jak też czajnik elektryczny. Napełniając czajnik wodą o znanej masie  $m$  mierzymy czas  $t$ , w którym temperatura wody wzrosła od  $T_1$  do  $T_2$ . Korzystając z wzoru (10) obliczamy żadaną moc.

### Wykonanie zadania

*Potrzebne przyrządy:*

- czajnik elektryczny lub grzałka elektryczna,
- stoper,
- termometr,
- waga lub naczynie z miarką.

*Potrzebne materiały*

- Woda.

1. Nalać do czajnika odmierzoną ilość wody (określić jej masę  $m$ ) w temperaturze pokojowej  $T_1$  zmierzonej termometrem. Masę  $m$  wyznaczamy za pomocą wagi, np. zważyć czajnik pusty i napełniony, a następnie odjąć odpowiednie wartości. W przypadku użycia naczynia z miarką odmierzamy określoną objętość  $V$  wody, a masę obliczamy z wzoru

$$m = \rho V \quad (7)$$

gdzie  $\rho$  - gęstość wody w temperaturze pokojowej można przyjąć  $993 \text{ kg/m}^3$ .

2. Włączyć czajnik lub grzałkę uruchamiając stoper.
3. Zmierzyć czas  $t$ , po którym woda osiągnie temperaturę końcową  $T_2$ . Temperaturę końcową przyjąć w zależności od zakresu pomiarowego posiadanego termometru, pamiętając, że większa różnica temperatur zmniejsza wartość niepewności jej pomiaru.
4. W przypadku braku możliwości umieszczenia termometru w wodzie, doprowadzić ją do wrzenia, a  $T_2$  przyjąć  $373 \text{ K}$ . Zwrócić tu należy uwagę na niepewność określenia chwili w której wrzenie nastąpi.

5. Pomiar powtórzyć co najmniej 5 razy za każdym razem napełniając czajnik wodą w temperaturze pokojowej. Masy wody mogą być różne. Wyniki zapisać w tabeli, przy czym wynik będzie poprawny jeśli różnicę temperatur będziemy wyrażać w °C.

Wzór tabeli pomiarowej

L.p.	m	t	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>
	Kg	s	K	K
1.				
2.				
3.				
....				

## Opracowanie wyników

Obliczyć dla każdego pomiaru wartość mocy z wzoru (6), oraz jego wartość średnią, a wszystkie wyniki pomiarów umieścić w tabeli.

Otrzymaną wartość mocy  $P$  porównać ze znamionową mocą czajnika (grzałki) podaną przez producenta, a różnice między nimi przedyskutować.

W celu oszacowania dokładności uzyskanego wyniku, obliczamy dla wybranego pomiaru względną i bezwzględną niepewność maksymalną wartości otrzymanych z wzoru (10) pamiętając, że  $P = f(m, T_1, T_2, t)$  lub  $P = f(m, \Delta T, t)$ .

## Zadanie II. Wyznaczanie oporu grzałki elektrycznej

### Metoda pomiaru

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie oporu grzałki wykorzystując wartość mocy wymaganej do podgrzania wody o masie  $m$  od temperatury  $T_1$  do temperatury  $T_2$  w czasie  $t$ . Wyznaczenie tej mocy opisano w zadaniu I. Rolę grzałki może tu pełnić zarówno prosta grzałka do gotowania wody, jak też czajnik elektryczny. Wykorzystując równania (5) i (9) otrzymamy opór grzałki

$$R = \frac{U^2}{P}, \quad (11)$$

Podstawiając moc opisaną wzorem (10), opór grzałki wyliczamy z wzoru

$$R = \frac{tU^2}{cm(T_2 - T_1)}, \quad (12)$$

gdzie  $c = 4189,9 \text{ kg/(J}\cdot\text{K)}$  to ciepło właściwe wody,  $m$  – masa wody,  $t$  - czas podgrzewania od temperatury  $T_1$  do temperatury  $T_2$  a napięcie  $U$  to napięcie skuteczne sieci w gniazdku elektrycznym równe 230 V.

## Wykonanie zadania

Wykonać czynności opisane w zadaniu I.

## Opracowanie wyników

Obliczyć dla każdego pomiaru wartość opór  $R$  z wzoru (12) oraz jego wartość średnią, a wszystkie wyniki umieścić w tabeli zawartej w sprawozdaniu z ćwiczenia.

W celu oszacowania dokładności uzyskanego wyniku, obliczamy dla wybranego pomiaru względną i bezwzględną niepewność maksymalną wartości otrzymanych z wzoru (9), pamiętając, że  $R = f(m, T_1, T_2, t)$  lub  $R = f(m, \Delta T, t)$ .

## Zagadnienia do kolokwium:

1. Pojęcie mocy.
2. Ciepło jako forma przekazywania energii, ciepło właściwe.
3. Prawo Ohma.
4. Moc prądu stałego i zmiennego.

## Literatura:

1. D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, *Podstawy Fizyki*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2003 tom 2 i 3.
2. Wstęp do analizy błędów pomiarowych, Wydawnictwo Naukowe PWN, 1999. 4. G.L. Squires.
3. Praktyczna Fizyka, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1992.
4. <https://openstax.org/details/books/fizyka-dla-szkół-wyższych>

*Opracował Jarosław Borc*