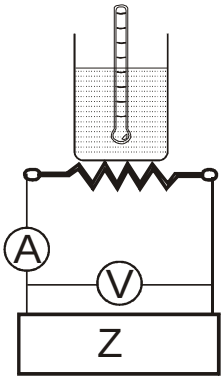
E6. Pomiar sprawności cieplnej grzejnika elektrycznego

***Celem ćwiczenia** jest poznanie efektów cieplnych towarzyszących przepływowi prądu elektrycznego (ciepło Joule'a-Lenza) oraz pomiar sprawności cieplnej różnych grzejników elektrycznych.*

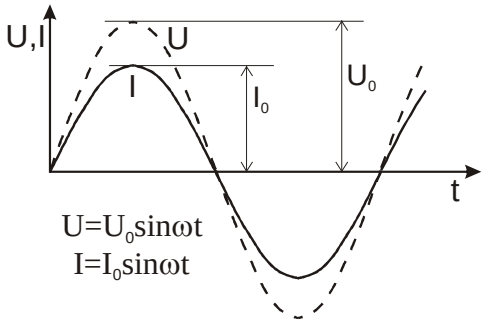


Jeżeli przez jakikolwiek opór R płynie prąd elektryczny to towarzyszy temu wydzielanie się ciepła, które nazywamy ***ciepłem Joule'a***. Ciepło to równe jest ***pracy*** wykonanej przez prąd o ***natężeniu I, napięciu U*** i czasie przepływu τ: $W = U \cdot I \cdot \tau$ (1)

lub $W = I^2 \cdot R \cdot \tau$ jeżeli, zgodnie z ***prawem Ohma***, podstawimy $U = I \cdot R$. Ta druga postać wzoru znana jest pod nazwą ***prawa Joule'a – Lenza.***

Pracę prądu elektrycznego wyrażamy w *dżulach,* przy czym 1J = 1V·1A·1s.

Zdecydowana większość urządzeń grzewczych zasilana jest napięciem zmiennym. Dla wymiarowania prądu zmiennego podajemy wartości skuteczne jego napięcia i natężenia. ***Wartością skuteczną napięcia lub natężenia prądu zmiennego*** *nazywamy taką wartość napięcia lub natężenia prądu stałego, który w tym samym czasie co prąd zmienny wykonuje taką samą pracę* (czyli ma tę samą moc, gdyż ***moc*** to stosunek pracy do czasu, w którym została ona wykonana**:** $P = \frac{W}{t}$**.** Moc wyrażamy w Watach $\rightarrow$ $1W = \frac{1J}{1s} = 1V \cdot 1A$**)**. Wartości skuteczne obliczamy następująco: $U_S = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$; $I_S = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$



Ciepło wydzielane przy przepływie prądu elektrycznego wykorzystuje się w wielu urządzeniach grzewczych. Istotny jest wówczas stopień wykorzystania energii elektrycznej dla konkretnego procesu grzewczego. Nie zawsze bowiem, całe ciepło powstałe w trakcie przepływu prądu przez opór R jest wykorzystane. Część ulega rozproszeniu w sposób bardziej lub mniej kontrolowany.

Jeśli jako przykład procesu grzewczego rozpatrzymy podgrzewanie wody za pomocą grzejnika elektrycznego, to ilość ciepła, którą pobierze woda o masie m i ***cieple właściwym*** c_w, przy jej podgrzaniu o $t = t_k - t_p$ (gdzie t_k oznacza temperaturę końcową wody, a t_p – jej temperaturę początkową), możemy obliczyć za pomocą wzoru:

$$Q = m \cdot c_w \cdot t \qquad (2)$$

Zwykle *Q* jest mniejsze od *W* o wartość energii oddanej otoczeniu. Ilość tej energii zależy w dużym stopniu od sposobu przekazywania ciepła od spirali grzewczej do obiektu docelowego.

Im większa pojemność cieplna elementów pośrednich, tym więcej energii potrzeba na ich ogrzanie.

Stosunek: $$f = \frac{Q}{W} \qquad (3)$$

nazywamy ***sprawnością cieplną urządzenia grzewczego***. Wyrażamy ją najczęściej w procentach.

W ćwiczeniu przeprowadzimy pomiar sprawności procesu podgrzewania wody za pomocą kuchenki elektrycznej.

Literatura uzupełniająca

1. Cz. Bobrowski, Fizyka- krótki kurs, Rozdz. 4.2, 4.8

2. S. Przestalski, Fizyka z elementami biofizyki i agrofizyki, Rozdz. 4.3.

Zobacz też:

symulacje komputerowe na stronie internetowej *Katedry Fizyki i Biofizyki* **(https://sparrow.up.poznan.pl/kfb/)** (zakładka: *Symulacje zjawisk fizycznych*),

E6. Protokół pomiarów i obliczeń

Nr pary	Imię i nazwisko studenta	Wydział grupa
data	Imię i nazwisko prowadzącego	Zaliczenie

Wykonanie ćwiczenia

1. Ważymy puste naczynie szklane *(m_1)*, a następnie nalewamy do niego około 0,5 kg wody i ponownie wyznaczamy masę całego układu *(m_2)*. Z różnicy mas *(m_2–m_1)* obliczamy masę wody (m).
2. Ustawiamy naczynie z wodą na kuchence elektrycznej i za pomocą termometru mierzymy temperaturę początkową wody t_p.
3. W obecności prowadzącego zajęcia włączamy zasilanie grzejnika i równocześnie stoper.
4. Podczas przepływu prądu odczytujemy wskazania mierników napięcia skutecznego U [V] oraz natężenia skutecznego przepływającego prądu I [A]*(dla prądu zmiennego mierniki mierzą wartości skuteczne U oraz I)* i wpisujemy do tabeli.
5. Gdy temperatura wody wzrośnie do około 50°C wyłączamy przepływ prądu (wyłączamy zasilacz) i równocześnie stoper. Odczyt ze stopera zapisujemy w tabeli jako czas przepływu prądu τ [s].
6. Po wyłączeniu prądu **obserwujemy nadal** temperaturę wody i zapisujemy jej najwyższą wartość, jako temperaturę końcową procesu grzania t_k.

Tabela

		Wartość	Błąd	
Masa	naczynia szklanego m_1 [kg]			
	naczynia z wodą m_2 [kg]			
	wody $m = (m_2–m_1)$ [kg]		$\Delta m_2+\Delta m_1 =$	
Napięcie skuteczne U [V]				
Natężenie skuteczne I [A]				
Czas przepływu prądu τ [s]				
Temperatura początkowa t_p [°C]				
Temperatura końcowa t_k [°C]				
Przyrost temperatury $t = (t_k - t_p)$[°C]			$\Delta t_k+\Delta t_p =$	Zestawienie
Praca prądu W [J]				
Ciepło pobrane przez wodę Q [J]				
Sprawność grzejnika f [%]				

Opracowanie wyników

1. Obliczamy pracę prądu elektrycznego ze wzoru: $W = U \cdot I \cdot \tau$
2. Następnie obliczamy ilość ciepła pobraną przez wodę: $Q = m \cdot c_w \cdot t$, przyjmując ciepło właściwe wody c_w = 4190 [J/kg·K].
3. Sprawność grzejnika elektrycznego wyliczamy ze wzoru: $f = \frac{Q}{W}$
4. Rachunek błędów pomiarowych przeprowadzamy metodą logarytmiczną:

$$\frac{\Delta W}{W} = \left|\frac{\Delta U}{U}\right| + \left|\frac{\Delta I}{I}\right| + \left|\frac{\Delta \tau}{\tau}\right| \qquad \frac{\Delta Q}{Q} = \left|\frac{\Delta m}{m}\right| + \left|\frac{\Delta t}{t}\right| \qquad \frac{\Delta f}{f} = \left|\frac{\Delta W}{W}\right| + \left|\frac{\Delta Q}{Q}\right| .$$

5. Mając znalezione błędy względne, wyliczamy następnie błędy bezwzględne, tzn. ΔW, ΔQ i Δf , odpowiednio je zaokrąglamy i zestawiamy z obliczonymi i zaokrąglonymi wartościami W, Q i f .