

Ćwiczenie 22

POMIAR CIEPŁA WŁAŚCIWEGO CIAŁ STAŁYCH METODĄ NERNSTA

Cel ćwiczenia: wyznaczenie ciepła właściwego miedzi, aluminium lub grafitu w zadanym przedziale temperatur, porównanie wyznaczonego w ćwiczeniu ciepła molowego badanej substancji z wartością wynikającą z zasady ekwipartycji energii.

Zagadnienia: ciepło właściwe, ciepło molowe, zasada ekwipartycji energii, prawo Dulonga-Petita, ciepło Joule'a-Lenza.

Uwaga: Przed dalszą lekturą należy zapoznać się z treścią rozdziału *W3 Wstęp do ćwiczeń dotyczących ciepła właściwego* niniejszego skryptu.

22.1. Zasada pomiaru

Dostarczenie ciepła dQ , do ciała stałego o masie m , spowoduje wzrost jego temperatury o wartość dT , przy czym

$$\delta Q = mcdT = \frac{m}{\mu} CdT = nCdT, \quad (22.1)$$

gdzie c oznacza ciepło właściwe ciała, $C = \mu c$ ciepło molowe, μ masę molową substancji a $n = m/\mu$ jest liczbą moli substancji w badanej próbce. Ciepło najłatwiej jest dostarczać i mierzyć w przypadku zamiany pracy prądu elektrycznego na energię termiczną. Zgodnie z prawem Joule'a-Lenza, przepływ prądu stałego o natężeniu I , przez przewodnik (grzejnik) o oporze R , w czasie dt powoduje wydzielenie ciepła dQ' .

$$\delta Q' = I^2 Rdt = UI dt, \quad (22.2)$$

gdzie $U = IR$ jest spadkiem napięcia na oporności R (prawo Ohma).

Zakładając, że:

- ciepło Joule'a-Lenza jest w całości zużyte na podwyższenie temperatury ciała stałego, co oznaczamy przez dQ' ;
- ciało stałe nie odprowadza ciepła do otoczenia, tzn. ma zapewnioną izolację przed oddawaniem ciepła na zewnątrz (osłona adiabatyczna);

można zbilansować energie termiczne (22.1) i (22.2)

$$dQ = dQ' ,$$

a zatem:

$$mcdT = UI dt ,$$

skąd

$$c = \frac{UI}{m \frac{dT}{dt}} = \frac{P}{m \frac{dT}{dt}} , \quad (22.3)$$

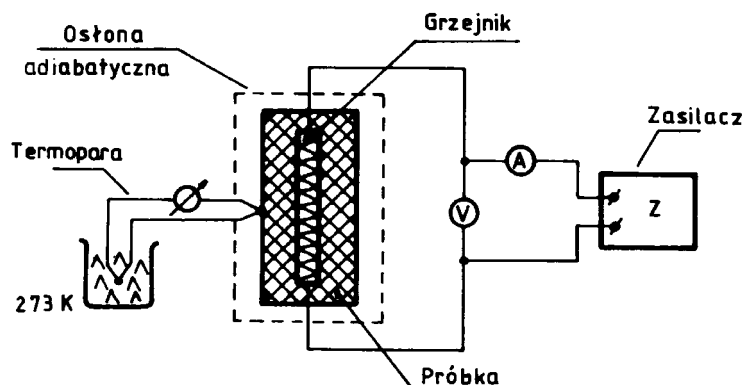
gdzie $P = UI$ jest mocą prądu elektrycznego.

Powyższa formuła pozwala wyznaczyć ciepło właściwe ciała stałego c , jeśli znana jest moc P dostarczana do grzejnika, masa próbki m oraz szybkość narostu temperatury dT/dt - na tym właśnie polega metoda pomiaru ciepła właściwego ciał stałych, zaproponowana przez Nernsta

22.2. Układ pomiarowy

Układ pomiarowy (rys. 22.1) składa się z próbki o masie m umieszczonej wewnątrz osłony utrudniającej wymianę ciepła z otoczeniem (osłona adiabatyczna). Do wnętrza próbki wprowadzany jest grzejnik o niewielkiej pojemności cieplnej, tak małej, że można zaniedbać straty ciepła związane z jego ogrzewaniem. Do pomiaru temperatury wykorzystuje się termoparę z jednym ze spojeń umieszczonym w wydrążeniu próbki a drugim w naczyniu z mieszaniną wody z lodem. Układ pomiarowy uzupełniają:

zasilacz stabilizowany wraz z przyrządami do pomiaru dostarczanej do grzejnika mocy (amperomierz i woltomierz), oraz czasomierz (stoper).



Rys. 22.1. Schemat układu pomiarowego, objaśnienia w tekście

22.3. Zadania do wykonania

A) Pomiary

1. Zestawić układ pomiarowy zgodnie z instrukcją roboczą i wskazówkami prowadzącego zajęcia.
2. Dla ustalonego napięcia zasilającego $U = const.$ zarejestrować zmiany temperatury $T(t)$ i natężenia prądu płynącego przez grzejnik $I(t)$ w trakcie ogrzewania; pomiar prowadzić, aż temperatura próbki wzrośnie o kilkanaście kelwinów powyżej początkowej.

B) Opracowanie wyników

1. Na jednym wykresie przedstawić zależność $I(t)$ i $T(t)$.
2. Dla kilku wybranych chwil czasu t określić wielkość dostarczanej w danym momencie mocy elektrycznej oraz, na podstawie wykresu $T(t)$, szybkość narostu temperatury dT/dt ; jest to wartość tangensa kąta nachylenia stycznej do krzywej $T(t)$ punkcie t .

3. Obliczyć, w wybranych wcześniej punktach, wartość ciepła właściwego ciała stałego c oraz ciepła molowego $C = \mu c$, gdzie μ jest masą molową substancji.
4. Obliczone wartości ciepła molowego nanieść na wykres $C(T)$, zaznaczyć na wykresie, otrzymaną przez Dulonga i Petita, wartość ciepła molowego; przedyskutować wyniki.
5. Wykorzystując metodę pochodnej logarytmicznej wykonać rachunek błędów, rezultaty przedstawić na wykresie $C(T)$ w postaci prostokątów błędów.