

Ćwiczenie 108

Temat: POMIAR CIEPŁA WŁAŚCIWEGO CIECZY METODĄ DWÓCH KALORYMETRÓW.

I. Literatura:

1. Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki. Praca zbiorowa pod redakcją Tadeusza Rewaja.

II. Tematy teoretyczne:

1. Pojęcie ciepła, temperatury i energii wewnętrznej, ciepło właściwe i molowe, zasada bilansu cieplnego.
2. Pierwsza i druga zasada termodynamiki.

III. Metoda pomiarowa:

Dwie spirale z drutu o jednakowym oporze elektrycznym są podłączone szeregowo, dzięki czemu, w obu spiralach wydziela się tyle samo ciepła w jednostce czasu. Ta sama ilość ciepła ogrzewa wodę w jednym kalorymetrze i inną ciecz (np. olej silikonowy) w drugim. Ponieważ ciecze mają różne ciepła właściwe, przyrost temperatury tych cieczy będzie inny.

Ciepło właściwe nieznanej cieczy można obliczyć układając bilans cieplny. Zmierzyć należy masy cieczy i kalorymetrów oraz przyrosty temperatur.

IV. Zestaw przyrządów:

Dwa kalorymetry ze spiralami o jednakowym oporze, dwa termometry o dokładności $0,1^{\circ}\text{C}$, źródło prądu zmiennego 9V

V. Kolejność czynności:

- a) Otworzyć oba kalorymetry, nie rozłączając przewodów i odstawić je na bok.
Wyjąć metalowe naczynia z izolującej, plastikowej obudowy.

Uwaga: Nie wylewać oleju. Naczynia zostały wcześniej zważone. Masa naczynia, w którym jest olej wynosi $m_{1k}=39,88\pm 0,1\text{g}$, a masa naczynia, w którym jest woda wynosi $m_{2k}=39,82\pm 0,1\text{g}$.

- b) Sprawdzić, czy poziom oleju i wody nie są niższe więcej niż 2-3 mm od poziomu zaznaczonego wewnątrz naczynia. W razie potrzeby dolać wody destylowanej z butli, a o uzupełnienie poziomu oleju poprosić w pok. 619.

- c) Wyznaczyć masę wody (m_2) i badanej cieczy (m_1). (waga dostępna jest w pok. 619)
- d) Złożyć z powrotem oba kalorymetry zwracając uwagę, aby grzałki przeznaczonej do wody nie włożyć do oleju i na odwrót.
- e) Włożyć termometry w uchwyty w kalorymetrach i włączyć je (sprawdzić czy termometry wskazują temperaturę w °C i w razie potrzeby skorygować to). Zamieszać ciecze w kalorymetrach za pomocą wystających z obudowy metalowych uchwytów mieszadeł, odczekać kilkanaście sekund i odczytać temperatury oleju i wody (t_1 , t_2).
- f) Włączyć zasilanie grzałek (wyłącznik z diodą świecącą na przewodzie podłączonym do kalorymetrów)
- g) Gdy temperatura w naczyniu z olejem wzrośnie o ok. 5-8°C, zamieszać ponownie ciecze i odczytać temperatury w obu naczyniach.
- (Uwaga: w celu kontroli temperatury co 2-3 minuty wcisnąć przycisk „ON HOLD” na termometrze- wtedy dopiero termometr dokonuje pomiaru)
- h) Czynności z punktu „g” powtórzyć jeszcze dwukrotnie dla coraz wyższych temperatur (temperaturę końcową poprzedniego pomiaru potraktować jako temperaturę początkową dla pomiaru następnego)
- i) Wyłączyć zasilanie grzałek.

Tabela pomiarów i wyników:

Nr	m_1 [kg]	m_2 [kg]	m_{k1} [kg]	m_{k2} [kg]	t_1 [°C]	t_2 [°C]	t_1' [°C]	t_2' [°C]	c_x [$\frac{J}{kg \cdot K}$]	$u(c_x)$ [$\frac{J}{kg \cdot K}$]
1										
2										
3										
Wartość średnia i jej niepewność										

t_1 , t_2 temperatury początkowe, a t_1' , t_2' temperatury końcowe w kalorymetrach,

$$\Delta t_1 = t_1' - t_1 \quad \Delta t_2 = t_2' - t_2$$

$m_{k1} = 39,88 \pm 0,01$ g -masa tego kalorymetru, w którym jest olej,

$m_{k2} = 39,82 \pm 0,01$ g- masa tego kalorymetru, w którym jest woda,

$c_{k1} = c_{k2} = c_k = 896$ J/kg·K – ciepło właściwe kalorymetrów (aluminium)

$c_2 = 4175 \pm 1$ J/kg·K – ciepło właściwe wody (w zakresie 25 °C -40 °C)

j) Wyliczyć ciepło właściwe nieznaney cieczy z wzoru:

$$c_x = \frac{(m_2 \cdot c_2 + m_{k2} \cdot c_k) \cdot \Delta t_2}{m_1 \cdot \Delta t_1} - \frac{m_{k1} c_k}{m_1}$$

Dla ułatwienia pracy warto najpierw obliczyć wartości cząstkowe. W tym celu

należy wyliczyć wartości następujących wyrażeń:

$$A = m_2 \cdot c_2; \quad B = m_{k2} \cdot c_k; \quad C = \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}; \quad D = m_{k1} \cdot c_k$$

wówczas wzór przyjmie postać:

$$c_x = \frac{1}{m_1} [(A + B)C - D]$$

k) Wyliczyć niepewności całkowite ciepła właściwego dla każdego pomiaru. W obliczeniach uwzględnić tylko niepewności wielkości mierzonych samodzielnie, przyjmując, że niepewności podane w niniejszej instrukcji są tak niewielkie, iż można je pominąć. Oznacza to, że uwzględnione zostaną tylko niepewności pomiaru masy wody, masy badanej cieczy oraz różnic temperatur w obu cieczach.

Przy takich uproszczeniach wzór na niepewność całkowitą pojedynczego pomiaru przyjmie postać:

$$u(c_x) = \sqrt{\left(\frac{\partial c_x}{\partial m_1}\right)^2 \cdot u_B^2(m_1) + \left(\frac{\partial c_x}{\partial m_2}\right)^2 \cdot u_B^2(m_2) + \left(\frac{\partial c_x}{\partial \Delta t_1}\right)^2 \cdot u_B^2(\Delta t_1) + \left(\frac{\partial c_x}{\partial \Delta t_2}\right)^2 \cdot u_B^2(\Delta t_2)} =$$

$$= \sqrt{\left[\frac{c_x}{m_1}\right]^2 \cdot u_B^2(m_1) + \left[\frac{c_2 \cdot C}{m_1}\right]^2 \cdot u_B^2(m_2) + \left[\frac{1}{\Delta t_1} \cdot \left(c_x + \frac{D}{m_1}\right)\right]^2 \cdot u_B^2(\Delta t_1) + \left[\frac{A+B}{m_1 \cdot \Delta t_1}\right]^2 \cdot u_B^2(\Delta t_2)}$$

Uwaga: $u_B(x) = \frac{\Delta x}{\sqrt{3}}$, gdzie Δx oznacza niepewność maksymalną typu B wielkości x

l) Obliczyć średnią wartość \bar{c} ciepła właściwego (z trzech pomiarów)

$$\bar{c} = \frac{1}{3}(c_{x1} + c_{x2} + c_{x3})$$

średnią niepewność tych pomiarów:

$$\bar{u}(c) = \frac{1}{3}[u(c_{x1}) + u(c_{x2}) + u(c_{x3})]$$

oraz jego odchylenie standardowe od wartości średniej;

$$u_A(\bar{c}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 (c_i - \bar{c})^2}{3 \cdot 2}}$$

ł) obliczyć niepewność całkowitą średniego ciepła właściwego $u(\bar{c})$:

$$u(\bar{c}) = \sqrt{u_A^2(\bar{c}) + \bar{u}^2(c_x)}$$

m) Zapisać wynik końcowy w postaci :

$$c = \bar{c}(u(\bar{c}))$$

[Np. zapis $x=71(5)cm$ oznacza, że $\bar{x} = 71cm$ a $u(\bar{x}) = 5cm$]