

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:

Pojęcie ciepła, temperatury i energii wewnętrznej, ciepło właściwe i molowe ciepło właściwe, przemiany fazowe, zasada bilansu cieplnego.

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 nieznannej 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 $0,1^{\circ}\text{C}$ (wypożyczyć w pok. 619 pod zastaw legitymacji lub innego dokumentu), źródło prądu zmiennego 9V

V. Kolejność czynności:

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

Uwaga: Nie wylewać oleju. Naczynia zostały wcześniej zważone. Masa naczynia, w którym jest olej wynosi $m_{1k}=39,88\pm 01\text{g}$, a masa naczynia, w którym jest woda wynosi $m_{2k}=39,82\pm 01\text{g}$.

- b) Sprawdzić, czy poziom oleju i wody nie są niższe niż poziom zaznaczony 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 $\left[\frac{J}{kg \cdot K} \right]$	$u(c_x)$ $\left[\frac{J}{kg \cdot K} \right]$
1										
2										
3										
Wartość średnia i jej niepewność										

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

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

$m_{k1} = 39,88 \pm 0,1$ g -masa tego kalorymetru, w którym jest olej silikonowy,

$m_{k2} = 39,82 \pm 0,1$ 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 nieznannej 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:

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

wówczas wzór przyjmie postać:

$$c_x = \frac{1}{m_1} [A \cdot B - D]$$

Warto zauważyć, że dla każdego z trzech pomiarów wartości A i D będą takie same. Inne mogą być jedynie wartości B, gdyż przyrosty temperatur wody i cieczy badanej mogą być różne.

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:

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

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

We wzorze uwzględniono, że maksymalne wartości niepewności pomiaru masy Δm i pomiaru temperatury Δt są takie same dla obu cieczy i obu kalorymetrów, dlatego $u_B(m_1) = u_B(m_2) = \frac{2 \cdot \Delta m}{\sqrt{3}}$ oraz $u_B(\Delta t_1) = u_B(\Delta t_2) = \frac{2 \cdot \Delta t}{\sqrt{3}}$ - dwójki wynikają z tego, że mierzymy różnicę temperatur, a przy wyznaczaniu mas cieczy uwzględniamy niepewność mas kalorymetrów

l) Obliczyć średnią ważoną arytmetyczną wartości ciepła właściwego (średnia ważona uwzględnia niejednakową niepewność poszczególnych pomiarów wynikającą z różnych zakresów temperatur przy poszczególnych pomiarach) W tym celu najlepiej obliczyć najpierw wagi poszczególnych pomiarów:

$$w_1 = \frac{1}{u^2(c_{x1})} ; \quad w_2 = \frac{1}{u^2(c_{x2})} ; \quad w_3 = \frac{1}{u^2(c_{x3})} ;$$

a następnie średnią ważoną:

$$\bar{c}_x = \frac{\sum_{i=1}^3 w_i \cdot c_{xi}}{\sum_{i=1}^3 w_i} = \frac{w_1 \cdot c_{x1} + w_2 \cdot c_{x2} + w_3 \cdot c_{x3}}{w_1 + w_2 + w_3}$$

l) obliczyć niepewność średniej ważonej ciepła właściwego:

$$u(\bar{c}_x) = \frac{1}{\sqrt{\sum w_i}} = \frac{1}{\sqrt{w_1 + w_2 + w_3}}$$

m) Zapisać wynik końcowy w postaci :

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