

## 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 nieznaney 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  $m_{2k}=40,20\pm 0,1\text{g}$ .*

- b) Sprawdzić, czy poziomy 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. 2A.

- c) Wyznaczyć masę wody ( $m_2$ ) i badanej cieczy ( $m_1$ ). Waga dostępna jest w sali laboratoryjnej.
- 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,

$m_{k2} = 40,20 \pm 0,01$  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 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:

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

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 ( niepewność standardowa typu B  $u_B(c_x)$  ) przyjmie postać:

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

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

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

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

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

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  $u(\bar{c})$ :

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

(Jako niepewność standardową  $u_B(c_x)$  przyjmując największą wartość z niepewności policzonych w punkcie „k”, zgodnie z zasadą, że przy liczeniu niepewności należy wybierać najbardziej niekorzystny wariant)

m) Zapisać wynik końcowy w postaci :

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

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