



*Ćwiczenie Nr B12*

**Temat: Pomiar ciepła właściwego cieczy metodą dwóch kalorymetrów.**

**I. Literatura:**

- a) Praca zbiorowa, Fizyka dla szkół wyższych, tom 1, openstax, (<https://openstax.org/books/fizyka-dla-szk%C3%B3%C5%82-wy%C5%BCszych-tom-1/pages/1-wstep>)
- b) D. Halliday, R. Resnick, Fizyka dla szkół wyższych, tom 1, Wydawnictwo Naukowe PWN 1994
- c) Praca zbiorowa, Ćwiczenia Laboratoryjne z Fizyki na Politechnice Szczecińskiej, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Szczecińskiej 1994-2003
- d) Praca zbiorowa, Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Szczecińskiej 2007

**II. Tematy teoretyczne:**

1. Pojęcie ciepła, temperatury i energii wewnętrznej,
2. Metody przekazywania ciepła,
3. Ciepło właściwe i molowe, zasada bilansu cieplnego.
4. 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.

**V. Kolejność czynności:**

1. 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  $m_{1k}=30,4\pm 0,5g$ , a masa naczynia, w którym jest woda wynosi  $m_{2k}=30,3\pm 0,5g$ .***

2. 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 prowadzącego.
3. Wyznaczyć masę wody ( $m_2$ ) i badanej cieczy ( $m_1$ ). Waga dostępna jest w sali laboratoryjnej.
4. Złożyć z powrotem oba kalorymetry zwracając uwagę, aby grzałki przeznaczonej do wody nie włożyć do oleju i na odwrót.
5. 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 ( $t_1, t_2$ ).
6. Włączyć zasilanie grzałek
7. Gdy temperatura w naczyniu z olejem wzrośnie o ok. 5-8°C, zamieszać ponownie ciecze i odczytać temperatury w obu naczyniach.
8. Czynności z punktu „8” powtórzyć jeszcze dwukrotnie dla coraz wyższych temperatur (temperaturę końcową poprzedniego pomiaru potraktować jako temperaturę początkową dla pomiaru następnego)
9. Wyłączyć zasilanie grzałek.
10. 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,

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



$m_{k1}=30,4\pm 0,5\text{g}$  -masa tego kalorymetru, w którym jest olej,  
 $m_{k2}=30,3\pm 0,5\text{g}$ - masa tego kalorymetru, w którym jest woda,  
 $c_{k1}=c_{k2}=c_k=896\text{ J/kg}\cdot\text{K}$  – ciepło właściwe kalorymetrów (aluminium)  
 $c_2=4175\pm 1\text{ J/kg}\cdot\text{K}$  – ciepło właściwe wody (w zakresie  $25^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C}$ )

## VI. Opracowanie wyników pomiarów.

1. Wylczyć ciepło właściwe nieznanej cieczy z wzoru:

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

2. Dla ułatwienia pracy warto najpierw obliczyć wartości cząstkowe. W tym celu należy wylczyć wartości następujących wyrażeń:

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

3. wówczas wzór przyjmie postać:

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

4. Wylczyć niepewności całkowite ciepła właściwego dla każdego pomiaru.
5. 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.
6. Przy takich uproszczeniach wzór na niepewność całkowitą pojedynczego pomiaru (niepewność standardowa typu B  $u_B(c_x)$ ) przyjmie postać:

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

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

7. 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;

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

8. 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  $u_B(c_x)$  przyjąć największą wartość z niepewności policzonych w punkcie „k”, zgodnie z zasadą, że przy liczeniu niepewności należy wybierać najbardziej niekorzystny wariant)*

9. Zapisać wynik końcowy w postaci :

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

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