

Wyznaczanie ciepła właściwego bryły metalu¹

Justyna Adamek, Katarzyna Mila²

Cele

Uczeń:

- podaje definicję ciepła właściwego,
- wyznacza ciepło właściwe metodą kalorymetryczną,
- układa równanie bilansu cieplnego,
- przekształca wzory w celu wyznaczenia ciepła właściwego bryłki metalu,
- wyznacza złożoną niepewność pomiarową metodą najmniej korzystnego przypadku.

Środki dydaktyczne potrzebne do wykonania doświadczenia:

Bryłka metalu, sznurek, kalorymetr (rysunek obok), termometr, waga elektroniczna, czajnik elektryczny, woda (około 1,5 l), kartka i długopis.

Część doświadczalna

Podczas wykonywania doświadczenia zapisuj wszystkie zmierzone wielkości. Rysunki pomocnicze:



¹ Patrz, komentarz metodyczny na s. 247

² Osoby sprawdzające instrukcję: Dorota DREWNIAK, Patrycja SIEDLECKA.

Autorzy instrukcji oraz osoby sprawdzające instrukcję studiują fizykę nauczycielską (II⁰) w Uniwersytecie Wrocławskim.

1. Wyznacz masę:
 - metalowej bryłki (rys. 1),
 - aluminiowego naczynia kalorymetru razem z pokrywką (rys. 2).
2. Nalej chłodnej wody do naczynia kalorymetru (około 1/3 pojemności) i przykryj je przykrywką.
3. Zważ kalorymetr wraz z wodą, a następnie włóż termometr do naczynia.
4. Przyczep sznurek do metalowej bryłki.
5. Nalej wody do czajnika elektrycznego (około 1 l), włóż metalową bryłkę do czajnika (rys. 3) i włącz go. Poczekaj aż woda się zagotuje.

UWAGA: zachowaj ostrożność, pamiętaj aby sznurek wystawał poza czajnik, to ułatwi ci bezpieczne wyjęcie bryłki z wrzątku.

6. Odczytaj temperaturę wody z termometru i wyjmij termometr z kalorymetru.
7. Przenieś naczynie kalorymetru z wodą do obudowy, włóż gorącą bryłkę do naczynia (rys. 4) i przykryj je wieczkiem.
8. Włóż termometr przez otwór w pokrywce do naczynia kalorymetru (rys. 5) i poczekaj, aż temperatura się ustabilizuje (około 1,5 minuty). Podczas mierzenia temperatury możesz delikatnie potrząsnąć kalorymetrem, aby wymieszać w nim wodę.
9. Odczytaj temperaturę wody z termometru.

Opracowanie wyników – bilans cieplny

Zapisz bilans cieplny dla naczynia kalorymetru, wody oraz bryłki metalu. Przekształć równanie tak, aby wyznaczyć ciepło właściwe metalu. Wykorzystaj wyniki doświadczenia oraz dane tablicowe:

$$\text{– ciepło właściwe wody jest równe} \quad 4200 \frac{J}{kg \cdot K}$$

$$\text{– ciepło właściwe aluminium} \quad 920 \frac{J}{kg \cdot K}$$

Przykładowe wyniki pomiarów i rozwiązanie zadania

(część pomocnicza dla nauczyciela)

Masa metalowej bryłki:	$m_b = 476,0 \text{ g.}$
Masa kalorymetru:	$m_k = 88,1 \text{ g.}$
Masa kalorymetru z wodą:	$m_{k+w} = 234,5 \text{ g.}$
Wyliczona masa wody:	$m_w = 234,5 \text{ g} - 88,1 \text{ g} = 146,4 \text{ g.}$
Temperatura początkowa wody:	$T_{w1} = 24^\circ\text{C.}$
Temperatura początkowa bryłki:	$T_{b1} = 100^\circ\text{C.}$
Temperatura początkowa kalorymetru*:	$T_{k1} = T_{w1} = 24^\circ\text{C.}$
Temperatura końcowa układu:	$T_{k2} = T_{w2} = T_{b2} = 39^\circ\text{C.}$

* Przyjmujemy, że jest ona równa temperaturze początkowej wody znajdującej się w kalorymetrze.

Zapisujemy bilans cieplny:

$$Q_p = Q_{od},$$

gdzie:

Q_p – ciepło pobrane,

Q_{od} – ciepło oddane.

Korzystamy z ogólnego wzoru na ciepło:

$$Q = c_w \cdot \Delta T \cdot m,$$

gdzie:

c_w – ciepło właściwe substancji,

ΔT – zmiana temperatury,

m – masa substancji.

Dla naszego układu bilans wygląda następująco:

$$Q_w + Q_k = Q_b,$$

$$c_{w_w} \cdot \Delta T_w \cdot m_w + c_{w_k} \cdot \Delta T_k \cdot m_k = c_{w_b} \cdot \Delta T_b \cdot m_b.$$

Przekształcamy wzór, aby wyznaczyć ciepło właściwe bryłki metalu:

$$c_{w_b} = \frac{c_{w_w} \cdot \Delta T_w \cdot m_w + c_{w_k} \cdot \Delta T_k \cdot m_k}{\Delta T_b \cdot m_b}.$$

Podstawiamy wartości:

$$c_{w_b} = \frac{4200 \frac{J}{kg \cdot K} \cdot 15^\circ C \cdot 146,4g + 920 \frac{J}{kg \cdot K} \cdot 15^\circ C \cdot 88,1g}{61^\circ C \cdot 476,0g} \approx 360 \frac{J}{kg \cdot K}.$$

Niepewność pomiarowa

Do wyznaczenia złożonej niepewności pomiarowej przyjmujemy niepewność bezwzględną pomiarów masy i temperatury, czyli najmniejsze podziałki wykorzystanych przyrządów:

$$\Delta t = 1^\circ C,$$

$$\Delta m = 0,1g.$$

Wyznaczamy złożoną niepewność pomiarową wyliczając najmniejszą i największą możliwą wartość ciepła właściwego:

Największą możliwą wartość otrzymamy wyznaczając największy możliwy licznik i najmniejszy możliwy mianownik:

$$c_{\max w_b} = \frac{4200 \frac{J}{kg \cdot K} \cdot 16^\circ C \cdot 146,5g + 920 \frac{J}{kg \cdot K} \cdot 16^\circ C \cdot 88,2g}{60^\circ C \cdot 475,9g} \approx 390 \frac{J}{kg \cdot K}.$$

Najmniejszą możliwą wartość otrzymamy wyznaczając najmniejszy możliwy licznik i największy możliwy mianownik:

$$c_{\min w_b} = \frac{4200 \frac{J}{kg \cdot K} \cdot 14^\circ C \cdot 146,3g + 920 \frac{J}{kg \cdot K} \cdot 14^\circ C \cdot 88,0g}{62^\circ C \cdot 476,1g} \approx 330 \frac{J}{kg \cdot K}.$$

Niepewność bezwzględna pomiaru:

$$\Delta c_{w_b} = \frac{1}{2} (c_{\max w_b} - c_{\min w_b}),$$

$$\Delta c_{w_b} = \frac{390 \frac{J}{kg \cdot K} - 330 \frac{J}{kg \cdot K}}{2} = 30 \frac{J}{kg \cdot K}.$$

Wynik ostateczny:

$$c_{w_b} = (360 \pm 30) \frac{J}{kg \cdot K}.$$

Wnioski

Korzystając z wyników tablicowych można zauważyć, że otrzymana wartość ciepła właściwego jest przybliżona do wartości ciepła właściwego miedzi:

$$c_{w_m} = 385 \frac{J}{kg \cdot K}.$$