

PRACOWNIA FIZYCZNA DLA UCZNIÓW

CIEPŁO TOPNIENIA LODU

Celem niniejszego ćwiczenia jest doświadczalne badanie bilansu cieplnego oraz wyznaczenie ciepła topnienia lodu.

Ciepło jest formą przekazu energii pomiędzy dwoma ciałami, będącą wynikiem różnicy temperatur tych ciał. Dostarczenie ciepła do ciała skutkuje wzrostem jego temperatury:

$$Q = mc(T_k - T_p)$$

gdzie m jest masą ciała, T_k i T_p to odpowiednio temperatura końcowa i początkowa ciała, natomiast c jest ciepłem właściwym.

Ciepło właściwe jest parametrem charakterystycznym dla danej substancji w danej temperaturze (jest stałą materiałową) i określa ilość ciepła potrzebną do ogrzania 1 kg tej substancji o 1°C .

Warto wiedzieć: Podstawową jednostką temperatury jest kelwin (K). Skala Celsjusza i Kelvina są ze sobą powiązane następującą zależnością $T(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) + 273,15$. Tak więc różnica temperatur w skali Kelvina i w skali Celsjusza jest taka sama.

Dostarczenie ciepła nie zawsze musi skutkować zmianą temperatury. Może zajść przemiana fazowa. Wówczas

$$Q = mL$$

gdzie m jest masą ciała, natomiast L jest ciepłem danej przemiany. Na przykład w przypadku topnienia, L będzie określać ilość ciepła jaką należy dostarczyć aby stopić 1 kg lodu.

W układzie izolowanym ciepło nie jest wymieniane z zewnątrz, dlatego ilość ciepła oddanego przez jedno ciało jest równa ciepłu pobranemu przez inne ciała. Obowiązującą konwencją jest oznaczanie ciepła pobranego jako dodatniego oraz ciepła oddanego jako ujemnego. Wówczas równanie bilansu cieplnego ma postać:

$$Q_{\text{pobrane}} + Q_{\text{oddane}} = 0$$

W przypadku mieszanki wody i lodu do bilansu ciepła musimy uwzględnić:

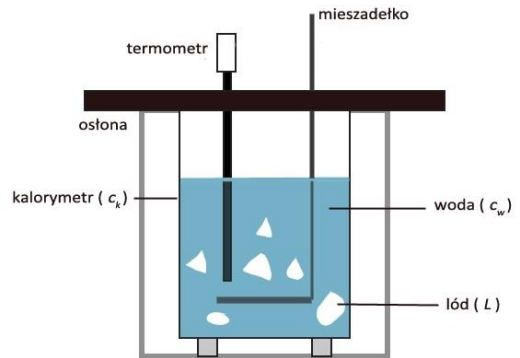
- Ciepło pobrane przez lód do ogrzania go od jego temperatury początkowej (T_L) do temperatury 0°C : $m_L c_L (0^\circ\text{C} - T_L)$ – jeśli lód ma temperaturę bardzo bliską 0°C , tą część można pominąć.
- Ciepło pobrane przez lód potrzebne do jego stopnienia: $m_L L$
- Ciepło pobrane przez wodę z roztopienia lodu do ogrzania jej od temperatury 0°C do temperatury końcowej całego układu (T_k): $m_L c_W (T_k - 0^\circ\text{C})$
- Ciepło oddane przez wodę w kalorymetrze, podczas jej schłodzenia od temperatury początkowej (T_p) do temperatury końcowej całego układu (T_k): $m_W c_W (T_k - T_p) = -m_W c_W (T_p - T_k)$
- Ciepło oddane przez kalorymetr, podczas jego schłodzenia od temperatury początkowej (T_p) do temperatury końcowej całego układu (T_k): $m_K c_K (T_k - T_p) = -m_K c_K (T_p - T_k)$

Równanie bilansu cieplnego ma więc postać:

$$m_L L + m_L c_W (T_k - 0^\circ\text{C}) - m_W c_W (T_p - T_k) - m_K c_K (T_p - T_k) = 0$$

Układ pomiarowy

Aby zapewnić izolację badanego układu od otoczenia będziemy używać kalorymetru. Kalorymetr jest wyposażony w mieszadło zwiększające skuteczność wymiany ciepła wewnątrz kalorymetru oraz termometr do pomiaru temperatury znajdującej się w nim cieczy (rysunek).



Wykonanie doświadczenia

Z równania bilansu ciepłego można wyznaczyć ciepło topnienia lodu:

$$L = \frac{(m_W c_W + m_K c_K)(T_p - T_k)}{m_L} - c_W(T_k - 0^\circ\text{C})$$

Aby obliczyć ciepło topnienia lodu musisz więc znać masy kalorymetru, wody i lodu, temperaturę początkową kalorymetru z wodą oraz temperaturę końcową całego układu.

Masa pustego kalorymetru: $m_K = \dots\dots\dots$

Masa kalorymetru z wodą: $m_K + m_W = \dots\dots\dots$

Rozpocznij pomiary temperatury. Temperatura początkowa wody powinna być na wyższa od pokojowej, aby roztopianie lodu było efektywne, ale nie może być zbyt wysoka, bo wtedy lód roztopi się zbyt szybko. Wyniki zapisuj na osobnej kartce. Szybko dodaj lód i kontynuuj pomiary temperatury mieszaniny lodu i wody, aż do całkowitego stopnienia się lodu. Dobieraj odstęp czasu pomiędzy kolejnymi pomiarami, tak aby dokładnie rejestrować istotne zmiany temperatury mieszaniny. Pamiętaj o regularnym mieszaniu mieszaniny w celu zapewnienia dobrej wymiany ciepła między lodem a wodą. Pomiary temperatury kontynuuj również po całkowitym roztopieniu lodu, aż zauważysz, że temperatura mieszanki się ustaliła, a nawet zaczęła lekko rosnać.

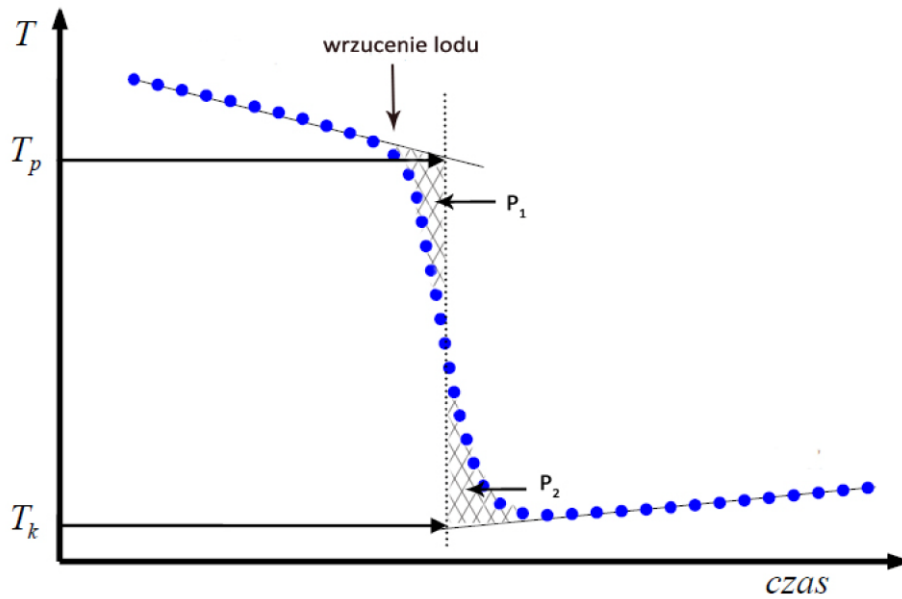
Zmierz masę kalorymetru z wodą i wodą powstałą po stopieniu lodu:

$m_K + m_W + m_L = \dots\dots\dots$

Twoja tabela pomiarowa powinna mieć następującą postać:

l.p.	t [min]	T [°C]
1		
..		
..		
SZYBKIE WRZUCENIE LODU (nie wyłączać stopera!!!)		
..		
..		
itd.		

Na papierze milimetrowym wykreśl zależność $T(t)$. Temperaturę początkową kalorymetru z wodą oraz końcową całego układu możesz wyznaczyć metodą ekstrapolacji, według schematu umieszczonego poniżej.



Wyniki wpisz w tabeli poniżej. Jeśli masz czas możesz doświadczenie powtórzyć dwukrotnie.

c_W [$\frac{J}{g \cdot K}$]	c_K [$\frac{J}{g \cdot K}$]	m_K [g]	m_W [g]	m_L [g]	$T_p - T_k$ [°C]	$T_k - 0^\circ C$ [°C]	L [$\frac{J}{g}$]
4,190	0,896						

Porównaj otrzymaną wartość z wartością tablicową: $L = 334 \text{ J/g}$.

? Zastanów się nad możliwymi niepewnościami, jakie mogły wpłynąć na dokładność Twojego pomiaru. Jak mógłbyś to poprawić?