

WYZNACZANIE CIEPŁA TOPNIENIA LODU

Instrukcja dla uczniów szkół podstawowych

WSTĘP

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie ciepła topnienia lodu na podstawie bilansu cieplnego mieszaniny wody i lodu.

W momencie zetknięcia się ze sobą dwóch ciał o różnych temperaturach, na ich powierzchni zetknięcia, cząsteczki zaczną przekazywać sobie energię kinetyczną w wyniku wzajemnych zderzeń. Ciało posiadające wyższą temperaturę zawsze będzie oddawać energię ciału o niższej temperaturze – nigdy odwrotnie. Ten rodzaj energii przekazywanej przez kontakt dwóch ciał nazywamy ciepłem i oznaczamy symbolem Q .

$$Q = m \cdot c \cdot (T_k - T_p),$$

gdzie:

m – masa ciała [g],

c – ciepło właściwe [$\frac{J}{g \cdot K}$],

T_k, T_p - temperatury końcowa i początkowa ciała,

Podstawową jednostką temperatury jest kelwin [K]. Inną jednostką służącą to pomiaru temperatury używaną w życiu codziennym jest stopień Celsjusza [°C]. Obie te skale są ze sobą powiązane zależnością:

$$T[°C] = T[K] + 273,15$$

$$T[K] = 273,15 - T[°C]$$

Ciepło właściwe jest parametrem charakterystycznym dla danej substancji w określonej temperaturze i określa ilość ciepła potrzebną do ogrzania jednostkowej masy (np. 1 kg lub 1 g) tej substancji o 1°C.

Ciepło właściwe wody wynosi $c_w = 4190 [\frac{J}{kg \cdot K}] = 4,190 [\frac{J}{g \cdot K}]$.

Ciepło właściwe kalorymetru wynosi $c_k = 896 [\frac{J}{kg \cdot K}] = 0,896 [\frac{J}{g \cdot K}]$.

Dostarczenie ciepła oprócz możliwości spowodowania zmiany temperatury może również doprowadzić do zajścia przemiany fazowej. Ciepło jest wówczas określane wzorem:

$$Q = m \cdot L,$$

gdzie L oznacza ciepło danej przemiany i określa ilość ciepła jaką należy dostarczyć aby stopić jednostkową masę substancji (np. 1 kg lub 1 g).

Tablicowa wartość ciepła topnienia lodu wynosi $L = 332\,103 [\frac{J}{kg}] \cong 332 [\frac{J}{g}]$.



W izolowanym układzie ciał posiadających różne temperatury obowiązuje zasada bilansu cieplnego. Mówi ona, że ciepło pobrane przez jedno ciało jest równe ciepłu oddanemu przez drugie ciało:

$$Q_{pobrane} = Q_{oddane}$$

Oznacza to na przykład, że po wrzuceniu ciepłego ciała do wody, ciepło oddane przez to ciało będzie równe ciepłu pobranemu przez wodę. Efektem takiej wymiany ciepła będzie ostygnięcie ciała cieplejszego i ogrzanie wody. Wymiana ciepła będzie zachodzić do momentu wyrównania się temperatur ciała i wody.

W naszym przypadku, doświadczenie będzie polegało na wrzuceniu lodu o temperaturze początkowej T_L do wody o temperaturze początkowej T_p . W takim przypadku w bilansie cieplnym uwzględniamy:

Ciepło pobrane ($Q_{pobrane}$):

- przez lód do ogrzania go od jego temperatury początkowej (T_L) do temperatury 0°C

$$m_L \cdot c_L \cdot (0^\circ\text{C} - T_L)$$

- przez lód potrzebne do jego stopnienia

$$m_L \cdot L$$

- przez wodę z roztopienia lodu do ogrzania jej od temperatury 0°C do temperatury końcowej całego układu (T_K)

$$m_L \cdot c_w \cdot (T_K - 0^\circ\text{C})$$

Ciepło oddane (Q_{oddane}):

- przez wodę w kalorymetrze, podczas jej schłodzenia od temperatury początkowej (T_p) do temperatury końcowej całego układu (T_K)

$$m_w \cdot c_w \cdot (T_p - T_K)$$

- przez kalorymetr, podczas jego schłodzenia od temperatury początkowej (T_p) do temperatury końcowej całego układu (T_K)

$$m_k \cdot c_k \cdot (T_p - T_K)$$

W związku z powyższym, równanie bilansu cieplnego mieszaniny wody i lodu przyjmuje postać:

$$m_L \cdot c_L \cdot (0^\circ\text{C} - T_L) + m_L \cdot L + m_L \cdot c_w (T_K - 0^\circ\text{C}) = m_w \cdot c_w \cdot (T_p - T_K) + m_k \cdot c_k \cdot (T_p - T_K)$$

Jeśli początkowa temperatura lodu będzie w przybliżeniu równa 0°C równanie to uprości się do postaci



zajęcia otwarte z fizyki

$$m_L \cdot L + m_L \cdot c_w (T_K - 0^\circ\text{C}) = m_w \cdot c_w \cdot (T_P - T_K) + m_k \cdot c_k \cdot (T_P - T_K)$$

Na tej podstawie, możemy wyprowadzić wzór na ciepło topnienia lodu:

$$L = \frac{(m_w \cdot c_w + m_k \cdot c_k) \cdot (T_P - T_K)}{m_L} - c_w \cdot (T_K - 0^\circ\text{C})$$

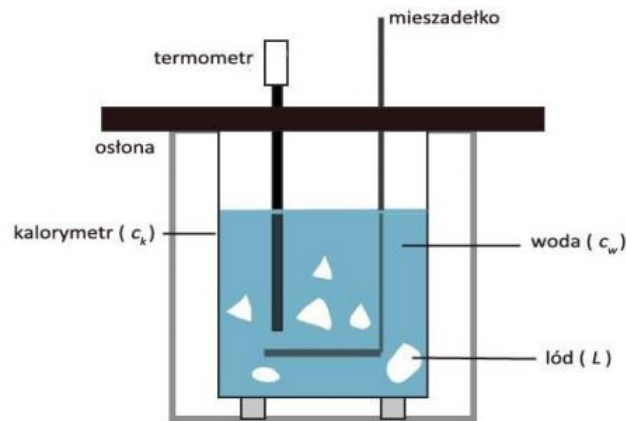
POMIARY

Do dyspozycji masz:

- kalorymetr z mieszadłem i termometrem x2;
- stoper,
- wodę destylowaną,
- lód,
- wagę.

Jaka jest dokładność pomiarów z wykorzystaniem termometru, stopera i wagi?

Aby zapewnić izolację badanego układu od otoczenia będziemy używać kalorymetru. Kalorymetr jest to przyrząd laboratoryjny do pomiaru ciepła wydzielanego lub pobieranego podczas procesów chemicznych i fizycznych. Jest wyposażony w mieszadło zwiększające skuteczność wymiany ciepła wewnątrz kalorymetru oraz termometr do pomiaru temperatury cieczy znajdującej się wewnątrz kalorymetru.



Przed przystąpieniem do eksperymentu, zważ pusty kalorymetr.

Masa pustego kalorymetru m_k

$m_k = \dots\dots\dots$ [g]



W celu wyznaczenia ciepła topnienia lodu nalej do kalorymetru wodę destylowaną i zważ układ, a następnie wyznacz masę wody w kalorymetrze. Temperatura wody nie powinna być wyższa od pokojowej, aby roztopianie lodu było efektywne, ale jednocześnie nie może być zbyt wysoka, bo wtedy lód roztopi się zbyt szybko.

Masa kalorymetru z wodą

$$m_k + m_w = \dots\dots\dots [\text{g}]$$

Masa wody

$$m_w = (m_k + m_w) - m_k = \dots\dots\dots [\text{g}]$$

Uruchom stoper. Ustabilizuj układ woda-kalorymetr przez kilka minut. Kiedy temperatura wody w kalorymetrze ustabilizuje się, zanotuj ją.

$$T_p = \dots\dots\dots [^\circ\text{C}]$$

Przygotuj lód (wyjmij lód z kostkarki, przełóż do pojemnika i doprowadź do sytuacji, w której w pojemniku będzie mieszanina wody z lodem \rightarrow lód ma wtedy temperaturę w przybliżeniu równą 0°C). Starannie osusz papierem kilka kawałków lodu.

Następnie szybko wrzuć lód do naczynia kalorymetru i kontynuuj pomiary temperatury mieszaniny wody i lodu aż do jego całkowitego roztopienia. Odstępy czasu pomiędzy kolejnymi pomiarami dostosuj tak, aby dokładnie rejestrować istotne zmiany temperatury mieszaniny, najlepiej co kilka sekund. Wyniki notuj w Tabeli nr 1.

Czy jesteś w stanie określić jak długo będzie trwało topienie się lodu?

W trakcie pomiarów pamiętaj aby nie otwierać pokrywy kalorymetru oraz o konieczności mieszania zawartości kalorymetru za pomocą mieszadła w celu zapewnienia dobrej wymiany ciepła między lodem a wodą. Pomiary kontynuuj również po całkowitym roztopieniu lodu, aż zauważysz, że temperatura mieszaniny ustaliła się lub zaczęła lekko rosnać.

Po zakończeniu pomiarów, pamiętaj aby zważyć kalorymetr z wodą i roztopionym lodem.

Masa kalorymetru z wodą i roztopionym lodem

$$m_k + m_w + m_L = \dots\dots\dots [\text{g}]$$

Masa roztopionego lodu

$$m_L = (m_k + m_w + m_L) - (m_k + m_w) = \dots\dots\dots [\text{g}]$$

Zanotuj temperaturę końcową (najniższą zmierzoną) mieszaniny wody i lodu:

$$T_k = \dots\dots\dots [^\circ\text{C}]$$



Tabela nr 1.

Kolejny pomiar	t [min]	T [°C]
WRZUCENIE LODU		
1		
2		
3		
4		
5		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		





Na podstawie wzoru na ciepło topnienia lodu oraz wartości ciepła właściwego wody, kalorymetru, wyznaczonych mas kalorymetru, wody oraz roztopionego lodu wyznacz jego wartość.

$$L = \frac{(m_w \cdot c_w + m_k \cdot c_k) \cdot (T_P - T_K)}{m_L} - c_w \cdot (T_K - 0^\circ\text{C})$$

$m_w \cdot c_w = \dots\dots\dots$

$m_k \cdot c_k = \dots\dots\dots$

$m_w \cdot c_w + m_k \cdot c_k = \dots\dots\dots$

$T_P - T_K = \dots\dots\dots$

$(m_w \cdot c_w + m_k \cdot c_k) \cdot (T_P - T_K) = \dots\dots\dots$

$\frac{(m_w \cdot c_w + m_k \cdot c_k) \cdot (T_P - T_K)}{m_L} \dots\dots\dots$

$c_w \cdot (T_K - 0^\circ\text{C}) = \dots\dots\dots$

$\frac{(m_w \cdot c_w + m_k \cdot c_k) \cdot (T_P - T_K)}{m_L} - c_w \cdot (T_K - 0^\circ\text{C}) = \dots\dots\dots$

$L = \dots\dots\dots \left[\frac{\text{J}}{\text{g}}\right]$

Do ilu miejsc po przecinku zaokrąglisz końcowy wynik?

Na papierze milimetrowym wykreśl zależność temperatury od czasu $T(t)$.

WNIOSKI

Porównaj otrzymaną wartość ciepła topnienia lodu z wartością tablicową.

Zastanów się:

1. Skąd wynikają różnice pomiędzy wartością ciepła topnienia lodu wyznaczoną eksperymentalnie a tablicową?
2. Które wielkości wykorzystywane w trakcie zajęć możesz uznać za wielkości mierzone pośrednio a które bezpośrednio? Na czym polega różnica między nimi?
3. Czym są niepewności pomiarowe a czym błędy pomiarowe? Jesteś je w stanie wskazać lub obliczyć? Na czym polega różnica między nimi?

