Nr pary	Imię i nazwisko studenta	Wydział kierunek grupa
Data	Imię i nazwisko prowadzącego	Zaliczenie

W5. Wyznaczanie ciepła topnienia lodu metodą kalorymetryczną

Celem ćwiczenia *jest poznanie zjawiska topnienia, przemian fazowych, ciepła przemiany, oraz – korzystając z zasady bilansu cieplnego – doświadczalne wyznaczenie ciepła topnienia lodu.*

Zagadnienia.

Zasada bilansu cieplnego. Ciepło i temperatura. Wyjaśnić co to są przemiany fazowe. Zjawisko topnienia, wyjaśnić mechanizm molekularny. Pojemność cieplna, ciepło właściwe, ciepło topnienia, jednostki. Jak zależy temperatura topnienia od ciśnienia zewnętrznego? Wykres punktu potrójnego.

Literatura. **Jaroszyk – rozdz.** 7.3.; 7.6.3.; **Przestalski -** rozdział II - 2.5.1. Temperatura; 2.5.2. Ciepło; Rozdział IV - 1. Termodynamika; 2.3.Przemiany fazowe; symulacja states-of-mater.jar

Topnienie jest przemianą fazową ciała stałego w ciecz. Proces ten związany jest z pochłanianiem ciepła Q oraz ze zwiększaniem się entropii*.

****entropia*** – funkcja stanu, charakteryzująca kierunek przebiegu spontanicznych procesów w układach termodynamicznych, jest statystyczną miarą stopnia nieuporządkowania układu. Jej jednostką jest dżul/kelwin [J/K].

Ze zmianą entropii związane jest ***ciepło przemiany fazowej,*** które w przypadku przejścia ze stanu stałego w ciekły, nazywa się ***ciepłem topnienia***.

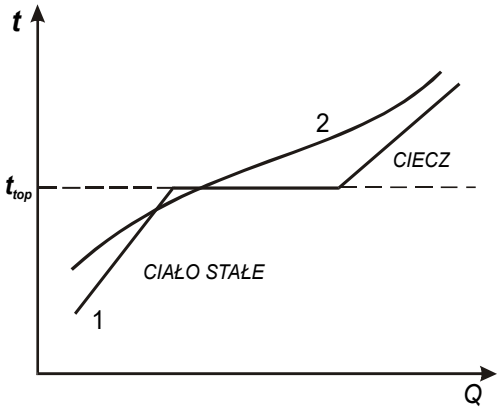
Ciepło topnienia jest to ilość ciepła, potrzebna do stopienia 1 kg substancji w temperaturze topnienia: $L = \frac{Q}{m}$. Jednostką jest $\frac{J}{kg}$.

Dla ciał krystalicznych - przy stałym ciśnieniu zewnętrznym - proces topnienia zachodzi w określonej temperaturze, charakterystycznej dla danego ciała, zwanej ***temperaturą topnienia.***

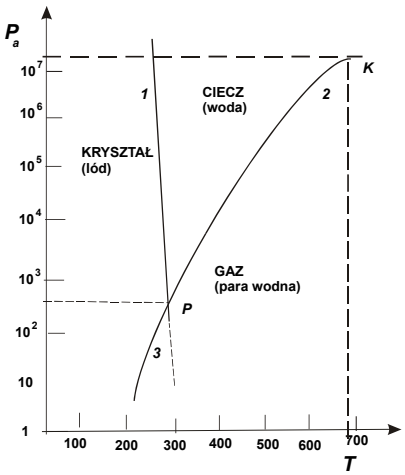
Dostarczane z zewnątrz ciepło jest zużywane na osłabienie wiązań krystalicznych, a nie na zwiększenie energii cieplnych drgań atomów (stąd nazwa: *ciepło utajone*), na skutek czego, w procesie topnienia ciał krystalicznych, temperatura ciała nie ulega zmianie (rys.1 - linia 1). W temperaturze tej ciało może współistnieć w postaci stałej i ciekłej.

Dla ciał bezpostaciowych (np. szkła, żywicy, polimeru) proces topnienia nie odbywa się w stałej temperaturze, a podczas ich ogrzewania ciała stopniowo miękną (rys.1 - linia 2).

Krzepnięcie - jest procesem odwrotnym do topnienia i zachodzi w tej samej temperaturze.



Rys.1



Rys.2

Temperatury, zarówno topnienia jak i wrzenia zależą od ciśnienia (rys. 2). Punkt P, nazywany ***punktem potrójnym,*** określa warunki, w których ciało może istnieć równocześnie w trzech fazach.

W niniejszym ćwiczeniu ciepło topnienia lodu wyznacza się metodą kalorymetryczną. Do kalorymetru o masie m_k i cieple właściwym c_k, zawierającego wodę o masie m_w i cieple właściwym c_w ,wrzucamy kawałki lodu o masie m_l i temperaturze 0^0C. Następuje proces wymiany ciepła, po którym ustala się temperatura końcowa układu t_k , odpowiadająca stanowi równowagi termodynamicznej.

W procesie tym **ciepło pobierane** jest:

- przez lód podczas topnienia ($Q_1 = m_l L$)
- przez wodę powstałą z lodu na ogrzanie się do t_k ($Q_2 = m_l c_w (t_k - t_{top})$)

natomiast **ciepło oddawane** jest:

- przez kalorymetr ($Q_3 = m_k c_k (t_p - t_k)$)
- przez wodę zawartą w kalorymetrze ($Q_4 = m_w c_w (t_p - t_k)$)

Zgodnie z zasadą bilansu cieplnego: **ciepło pobrane równa się ciepłu oddanemu**,

a więc: $Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4$,

czyli: $m_l L + m_l c_w (t_k - t_{top}) = m_k c_k (t_p - t_k) + m_w c_w (t_p - t_k)$

Po przekształceniu otrzymujemy wyrażenie na ciepło topnienia lodu:

$$l = \frac{(m_k c_k + m_w c_w)\,(t_p - t_k)}{m_l} - c_w(t_k - t_{top}) \qquad (1)$$

Wykonanie ćwiczenia

Przyrządy i materiały: kalorymetr, waga laboratoryjna, termometr, woda, lód

1. Zważyć suchy kalorymetr, bez osłony termicznej, z mieszadłem na cyfrowej wadze laboratoryjnej, oznaczyć jego masę jako $\mathbf{m_k}$ i wynik wpisać do Tabeli 1.
2. Napełnić kalorymetr wodą do około jednej trzeciej jego pojemności, zważyć i oznaczyć masę tego układu jako $\mathbf{m_{kw}}$. Z różnicy mas $\mathbf{m_{kw} - m_k}$ obliczyć masę wody $\mathbf{m_w}$ w kalorymetrze.
3. Za pomocą termometru zmierzyć temperaturę początkową wody $\mathbf{t_p}$ w kalorymetrze.
4. Osuszyć starannie bibułą kawałek topniejącego lodu i wrzucić go do wody w kalorymetrze, zakryć kalorymetr osłoną.
5. Mieszając wodę obserwować spadek temperatury układu a odczytaną najniższą temperaturę $\mathbf{t_k}$ wpisać do Tabeli 1.
6. Zważyć ponownie kalorymetr z wodą wlaną pierwotnie i wodą powstała po stopieniu lodu i oznaczyć jego masę jako $\mathbf{m_c}$, obliczyć masę stopionego lodu $\mathbf{m_l = m_c - m_{kw}}$.

Tabela 1. Pomiary wielkości do obliczenia ciepła topnienia lodu.

m_k	m_{kw}	m_w	m_c	m_l	t_p	t_k	l
kg	kg	kg	kg	kg	^oC	^oC	*

*Proszę uzupełnić jednostkę dla obliczonego ciepła topnienia.

Opracowanie wyników

1. Na podstawie otrzymanych wyników i wzoru (1) obliczyć ciepło topnienia lodu **l** przyjmując ciepło właściwe wody c_W = 4190 $Jkg^{-1}K^{-1}$, ciepło właściwe kalorymetru (aluminium) c_k = 896 $Jkg^{-1}K^{-1}$ oraz t_0 = 0 ^oC.
2. Wpisz dokładności pomiarów masy i temperatury odczytane z przyrządów
   Δm_k = _____ wielkość mierzona bezpośrednio
   $\Delta m_w = \Delta m_l$ = _____ wielkości otrzymane jako różnice
   $\Delta t_p = \Delta t_k$ = _____ wielkość mierzona bezpośrednio
3. Błąd pomiarowy (Δl), obliczamy metodą różniczki zupełnej, korzystając ze wzoru:

$$\Delta l = \left|\frac{c_k(t_p - t_k)}{m_l}\right| \Delta m_k + \left|\frac{c_w(t_p - t_k)}{m_l}\right| \Delta m_w +$$
$$+ \left|-\frac{(c_k m_k + c_w m_w)(t_p - t_k)}{{m_l}^2}\right| \Delta m_l + \left|\frac{(c_k m_k + c_w m_w)}{m_l}\right| \Delta t_p +$$
$$+ \left|-\frac{(c_k m_k + c_w m_w)}{m_l} - c_w\right| \Delta t_k$$

4. Zestawiamy obliczoną wartość l z – odpowiednio zaokrąglonym – błędem bezwzględnym Δl w postaci: $(l \pm \Delta l) jedn. SI$.

l = (±) 10 *