

XLVI OLIMPIADA FIZYCZNA (1996/1997). Stopień wstępny, zad. dośw. – D2

Źródło: Komitet Główny Olimpiady Fizycznej.

Autor: Andrzej Wysmołek, KGOF, IFD UW.

Nazwa zadania: Wyznaczanie masy molowej gliceryny.

Działy: Termodynamika.

Słowa kluczowe: temperatura, ciepło, krzepnięcie, topnienie, rozpuszczalnik, masa mola, gliceryna, lód, woda, gęstość, strzykawka, termometr, menzurka.

Zadanie doświadczalne – D2, zawody stopnia wstępnego, XLVI OF.

Rozcieńczony roztwór (nie elektrolitu) krzepnie w temperaturze niższej o ΔT od temperatury krzepnięcia czystego rozpuszczalnika. Obniżenie temperatury ΔT można opisać w przybliżeniu wzorem

$$\Delta T = \frac{RT^2}{\mu L} \frac{m_1}{M_2},$$

gdzie μ – masa molowa substancji rozpuszczonej, T – bezwzględna temperatura krzepnięcia czystego rozpuszczalnika, L – ciepło topnienia czystego rozpuszczalnika, m_1 – masa substancji rozpuszczonej, m_2 – masa rozpuszczalnika, R – stała gazowa (8,314 J/(mol · K)).

Masz do dyspozycji:

- glicerynę,
- wodę,
- termometr,
- strzykawkę o pojemności 5 ÷ 10 mL,
- menzurkę (do odmierzenia objętości wody),
- kilka pojemników plastikowych (np. po jogurcie),
- lodówkę z zamrażalnikiem,
- łyżeczkę do herbaty.

Wyznacz masę molową gliceryny.

Przyjmij, że gęstość wody $\rho_w = 1,00 \text{ g/cm}^3$, gęstość gliceryny $\rho_g = 1,26 \text{ g/cm}^3$, ciepło topnienia lodu $L = 332\,000 \text{ J/kg}$, temperatura topnienia lodu $T = 273,2 \text{ K}$.

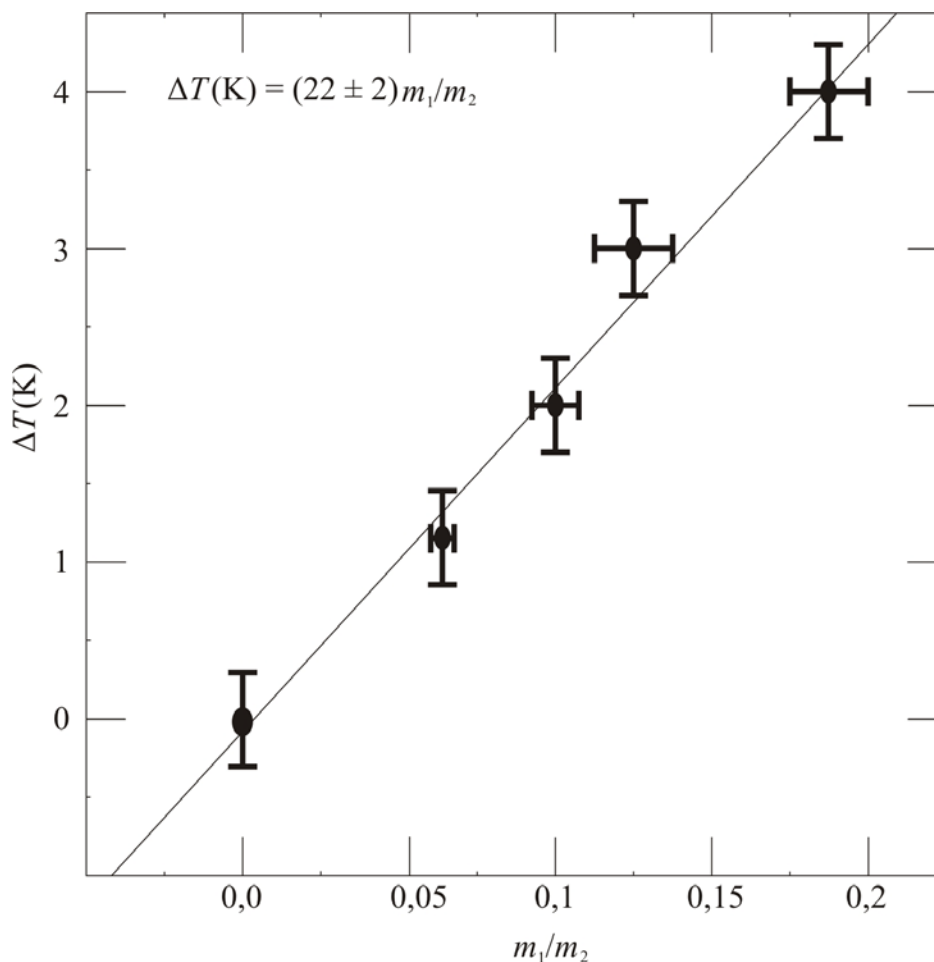
Rozwiązanie

W plastikowych kubkach należy przyrządzić roztwory wodne gliceryny. Ponieważ interesują nas roztwory o małych stężeniach, to do odmierzenia gliceryny używamy strzykawki, natomiast odmierzając wodę posługujemy się menzurką. Znając objętości gliceryny i wody wyznaczamy masy m_1 i m_2 . Następnie kubki z roztworami wstawiamy do zamrażalnika lodówki. Po zamrożeniu roztworów, wyjmujemy je z lodówki i czekamy aż ich zawartość zacznie się topić. Używając łyżeczki od herbaty rozdrabniamy kawałki lodu. Po upływie pewnego czasu, temperatura kawałków lodu i cieczy wyrówna się, osiągając wartość odpowiadającą topnieniu (krzepnięciu) roztworu. Pomiarów temperatury powtarzamy kilka razy, starannie mieszając zawartość plastikowych kubków. Następnie na podstawie wyników serii pomiarów wyznaczamy wartość średnią temperatury oraz jej błąd. Niepewność pomiarową

stosunku mas m_1/m_2 określamy na podstawie dokładności odczytu ze skal objętości strzykawki i menzurki. Następnie wyznaczamy różnicę ΔT między temperaturą topnienia "czystego" lodu a temperaturami topnienia roztworów o różnych stężeniach i nanosimy je na wykres. Zgodnie, ze wzorem podanym w treści zadania zależność ΔT od stosunku mas m_1/m_2 powinna spełniać zależność:

$$\Delta T = \alpha \frac{m_1}{m_2},$$

gdzie $\alpha = \frac{RT^2}{\mu L}$.



Rys. 1.

Z dopasowania prostej uzyskujemy wartość współczynnika $\alpha = (22 \pm 2)$ K. Korzystając z podanych w treści zadania informacji (temperatura topnienia lodu, ciepło topnienia lodu oraz wartość stałej gazowej) wyznaczamy masę molową gliceryny $\mu = (85 \pm 8)$ g/mol. Wartość tablicowa masy molowej gliceryny wynosi 90,06 g/mol. Największy wpływ na wynik doświadczenia ma dokładność pomiaru temperatury oraz niepewność pomiarowa wyznaczenia stężenia roztworów.