

24. Badanie rozszerzalności cieplnej powietrza

(1 tydzień, 9 pkt.)

Zagadnienia: gaz doskonały, równanie stanu gazu doskonałego, współczynnik rozszerzalności liniowej i objętościowej, współczynnik rozszerzalności objętościowej gazu doskonałego przy stałym ciśnieniu.

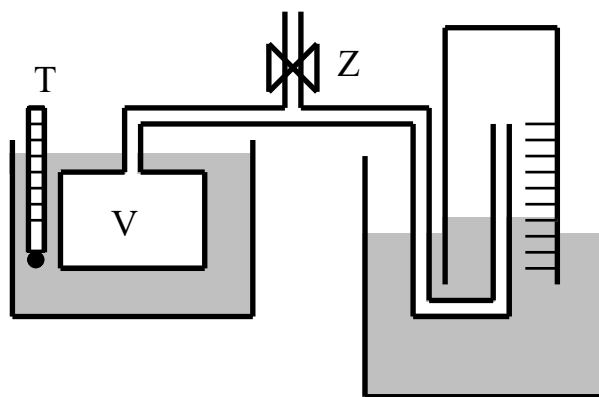
literatura: Res80,683÷696; Res98,571÷581; Szy75, 259÷261; Szy99, 405÷406; Szy2,297÷305.

Celem doświadczenia jest zbadanie zmian objętości powietrza pod wpływem zmian temperatury przy stałym ciśnieniu.

1. Idea doświadczenia

Układ pomiarowy składa się ze szczelnego naczynia zanurzonego w łaźni wodnej (czajnik), które połączone jest rurką z odwróconym do góry dnem cylindrem pomiarowym (rys.10.1). Dolny brzeg cylindra zanurzony jest w wodzie. Położenie cylindra można zmieniać tak, by w układzie było stałe ciśnienie równe ciśnieniu atmosferycznemu. Wzrost temperatury w objętości V powoduje wzrost objętości powietrza, które wypycha wodę z cylindra pomiarowego.

W układzie znajduje się drugie naczynie o objętości V służące do wyznaczenia objętości.



Rys.10.1 Układ do pomiarów rozszerzalności termicznej gazów

2. Wykonanie doświadczenia.

Nalewamy zimnej wody do czajnika tak, by naczynie V było całkowicie zanurzone. Otwieramy zawór Z i umieszczamy cylinder pomiarowy możliwie nisko względem lustra wody. Zamykamy zawór Z i zaczynamy właściwe pomiary. Odczytujemy temperaturę wskazywaną przez termometr T . Dobieramy położenie cylindra pomiarowego tak, by lustra wody w cylindrze i na zewnątrz cylindra były na tym samym poziomie (w sytuacji przedstawionej na rysunku lustra nie są na tym samym poziomie i cylinder należałoby opuścić). Odczytujemy położenie poziomu na cylindrze pomiarowym.

Włączamy grzałkę kąpielii wodnej i zmieniamy temperaturę w naczyniu V . Grzałka zasilana jest przez autotransformator co pozwala na zmianę szybkości grzania i ustalenie określonej temperatury w naczyniu V . Gdy będziemy pewni, że naczynie V osiągnęło

temperaturę wskazywaną przez termometr, korygujemy położenie cylindra pomiarowego (lustra wody na tym samym poziomie!) i ponownie odczytujemy położenie lustra wody.

W czasie przeprowadzania pomiarów mierzymy drugim termometrem temperaturę pomieszczenia (cylindra pomiarowego). Wyznaczamy również objętość naczynia V przy użyciu innego cylindra pomiarowego.

3. Analiza wyników.

Zakładamy, że cylinder pomiarowy znajduje się stale w temperaturze T_0 oraz że ciśnienie atmosferyczne jest równe p_0 . W objętości V oraz w cylindrze i łączącej je rurce znajduje się stała liczba moli powietrza. Załóżmy, że powietrze jest gazem doskonałym. W objętości V w temperaturze T znajduje się n_1 moli powietrza, gdzie z równania Clapeyrona mamy:

$$p_0V = n_1RT \quad (10.1)$$

W cylindrze i rurce znajduje się n_2 moli powietrza, które spełnia równanie:

$$p_0(V_0 + \Delta V_0) = n_2RT_0, \quad (10.2)$$

gdzie $V_0 + \Delta V$ jest objętością powietrza o temperaturze T_0 w cylindrze i rurce, a V_0 objętością powietrza o temperaturze T_0 w cylindrze i rurce, gdy temperatura w naczyniu V wynosi T_0 . Widzimy, że ΔV_0 jest przyrostem objętości w cylindrze pomiarowym spowodowanym zmianą temperatur od T_0 do T .

Ponieważ $n_1 + n_2 = \text{const.}$, więc:

$$\frac{p_0V}{RT} + \frac{p_0(V_0 + \Delta V_0)}{RT_0} = \text{const.} \quad (10.3)$$

po przekształceniu otrzymujemy:

$$\frac{T_0}{T} = -\frac{\Delta V_0}{V} + \text{const.} \quad (10.4)$$

Widzimy, że względne zmiany objętości są związane liniową zależnością ze stosunkiem temperatury otoczenia i kąpieli wodnej, a współczynnik proporcjonalności jest równy -1.

Wyniki pomiarów przedstawiamy na wykresie, którego osiami są $\Delta V_0/V$ oraz T_0/T . Jeśli punkty pomiarowe układają się na linii prostej, znajdujemy współczynnik kierunkowy i dyskutujemy otrzymane rezultaty.