Ćwiczenie Nr 106

Temat: ***Wyznaczanie stosunku*** $\kappa = \dfrac{C_p}{C_v}$ ***dla powietrza metodą Clementa-Desormesa***

1. LITERATURA

a) Sz.Szczeniowski, Fizyka dośw., cz. II, PWN, W-wa 1971.
b) Praca zbiorowa pod red. T.Rewaja, Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki w politechnice, PWN, W-wa 1978.

2. TEMATY TEORETYCZNE

1. Równanie stanu gazu doskonałego. I zasada termodynamiki. Ciepło molowe gazu, definicje ciepła molowego gazu w stałym ciśnieniu i stałej objętości.
2. Zależność między c_p i c_v. Zasada ekwipartycji energii. Prawa przemian gazowych.

3. METODA POMIAROWA

Wyznaczenie χ metodą Clementa-Desormesa wymaga poddania powietrza w butli kolejno przemianie adiabatycznej i izochorycznej. Korzystając z praw opisujących te przemiany, otrzymuje się związek

$$\kappa = \frac{h_1}{h_1 - h_2}$$

gdzie $\kappa = \dfrac{C_p}{C_v}$, h_1 – wysokość słupka wody w manometrze wskazujący na nadwyżkę ciśnienia w butli nad ciśnieniem atmosferycznym mierzona w mm H_2O przed rozprężeniem adiabatycznym (różnica poziomów wody w obu ramionach U-rurki manometru), h_2 – wysokość słupka wody w manometrze wskazujący na nadwyżkę ciśnienia nad ciśnieniem atmosferycznym po zakończeniu przemiany izochorycznej.

4. ZESTAW POMIAROWY

Butla szklana o dużej pojemności z zaworem zamykającym dopływ powietrza do butli, manometr wodny, pompka

5. CZYNNOŚCI POMIAROWE

a) Ustalić stan początkowy gazu w butli (stan I:).
W tym celu otworzyć zawór (pokrętło w pozycji pionowej) i przy pomocy pompki zwiększyć ciśnienie gazu w butli o wartość od 30 do 40 cm słupa wody. Zamknąć zawór (pokrętło w pozycji poziomej) i odłączyć pompkę. Wskutek pompowania gaz w butli ogrzał się, należy więc odczekać od 4 do 5 minut, aż temperatura gazu w butli zrówna się z temperaturą otoczenia T_0 (poziom wody w manometrze nie będzie ulegał zauważalnym zmianom). Stan jaki wówczas ustali się opisany jest parametrami:

$$p = p_o + h_1, \qquad T = T_o, \qquad V = V_o.$$

(p_o - ciśnienie atmosferyczne (w mmHg); T_o- temperatura otoczenia; V_o- objętość butli)

b) Zmierzyć różnicę $\mathbf{h_1}$ poziomów wody w obu ramionach U-rurki manometru.

c) Przeprowadzić adiabatyczne rozprężenie gazu. W tym celu otworzyć zawór ***na bardzo krótki czas*** *(około 1 sekundy)* tak, aby ciśnienie w butli zrównało się z ciśnieniem atmosferycznym (zamknąć zawór dokładnie w chwili, gdy słupki wody w manometrze mijają się). W ten sposób wytworzony został stan II o parametrach:

$p = p_o$; $T = T_o - \Delta t$ *(gaz w butli ochłodził się);*

$V = V_o + \Delta V$ *(ΔV- uwzględniamy objętość gazu, który „uciekł" z butli).*

d) Pozwolić, aby w butli zaszła przemiana izochoryczna z końcową temperaturą równą temperaturze otoczenia. W tym celu odczekać od 4 do 5 minut, aby nastąpiło ogrzanie powietrza w butli do temperatury otoczenia, i ustalił się stan III o parametrach:

$p = p_o + h_2$, $T = T_o$, $V = V_o + \Delta V$

e) Odczytać stan manometru h_2,

f) Pomiary wpisać do tabeli:

Nr pomiaru	h_1	h_2	κ_i	$\bar{\kappa}$	$u_B(\kappa_i)$	$u_A(\bar{\kappa})$	$\bar{u}_B(\kappa)$	$u(\bar{\kappa})$
1								
2								
3								
4								
5								

g) Czynności od (a) do (f) powtórzyć co najmniej pięciokrotnie.

6. OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARÓW.

a) Obliczyć κ_i dla każdego pomiaru,

b) Obliczyć wartość średnią $\bar{\kappa}$

c) Dla każdego pomiaru obliczyć niepewność standardową typu B:

$$u_B(\kappa_i) = \sqrt{\left(\frac{\partial \kappa}{\partial h_1}\right)^2 \left(\frac{\Delta(h_1)}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{\partial \kappa}{\partial h_2}\right)^2 \left(\frac{\Delta(h_2)}{\sqrt{3}}\right)^2} = \frac{1}{(h_1 - h_2)^2} \cdot \sqrt{\frac{h_2^2 \cdot [\Delta(h_1)]^2 + h_1^2 \cdot [\Delta(h_2)]^2}{3}}$$

i – numer pomiaru; $\Delta(h_{1,2})$ - niepewność maksymalna pomiaru h_1 lub h_2.

d) Obliczyć niepewność standardową typu A wartości średniej $\bar{\kappa}$:

$$u_A(\bar{\kappa}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (\bar{\kappa} - \kappa_i)^2}{n \cdot (n-1)}}$$ i – numer pomiaru; n- liczba pomiarów

e) Obliczyć niepewność standardową całkowitą:

$$u(\bar{\kappa}) = \sqrt{u_A^2(\bar{\kappa}) + u_B^2(\kappa)}$$

(Jako niepewność standardową $u_B(\kappa)$ przyjąć największą wartość z niepewności policzonych w punkcie „c", zgodnie z zasadą, że przy liczeniu niepewności należy wybierać najbardziej niekorzystny wariant)

f) Wynik końcowy zapisać w postaci: $\kappa = \bar{\kappa}(u(\bar{\kappa}))$

[Np. zapis x=71(5) oznacza, że $\bar{x} = 71$ a $u(\bar{x}) = 5$]