

## Ćwiczenie Nr 106

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

*Desormesa*

### 1. LITERATURA

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

### 2. TEMATY TEORETYCZNE

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

### 3. METODA POMIAROWA

Wyznaczenie  $\chi$  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  $\kappa = \frac{C_p}{C_v}$ ,  $h_1$  – 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

- 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:

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

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

- Zmierzyć różnicę  $h_1$  poziomów wody w obu ramionach U-rurki manometru.

- c) Przeprowadzić adiabaticzne 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:

$$p = p_o; \quad T = T_o - \Delta t \text{ (gaz w butli ochłodził się);}$$

$$V = V_o + \Delta V \text{ (\Delta V- uwzględniamy objętość gazu, który „uciekł” z butli).}$$

- 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:

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

- e) Odczytać stan manometru  $h_2$ ,  
f) Pomiary wpisać do tabeli:

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

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

## 6. OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARÓW.

- a) Obliczyć  $\kappa_i$  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  $h_2$ .

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

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

- d) Obliczyć niepewność  $\bar{u}_B(\kappa)$  (średnią niepewność standardową typu B):

$$\bar{u}_B(\kappa) = \frac{\sum_{i=1}^n u(\kappa_i)}{n}; \quad n - \text{liczba pomiarów}$$

- e) Obliczyć niepewność standardową całkowitą:

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

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

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