

Instrukcja do ćwiczenia nr 2

WYZNACZANIE WSPÓŁCZYNNIKA LEPKOŚCI POWIETRZA I STOSUNKU c_p/c_v

Cel ćwiczenia

Ćwiczenie składa się z 3 części, których celem jest wyznaczenie współczynnika lepkości powietrza i stosunku c_p/c_v oraz zapoznanie się z wybranymi zagadnieniami dotyczącymi przemian gazowych i ruchem lepkich ośrodków ciągłych.

Zagadnienia do przygotowania

1. Lepkość płynów (cieczy i gazów), lepkość względna. Ruch laminarny i turbulentny.
2. Prawo Hagena - Poiseuille'a oraz prawa przemian gazowych (prawo Clapeyrona).
3. Ciepło właściwe gazu. Definicja C_p i C_v .
4. Znaczenie zjawiska lepkości w przyrodzie.
5. Przykłady przemian gazowych - z życia codziennego

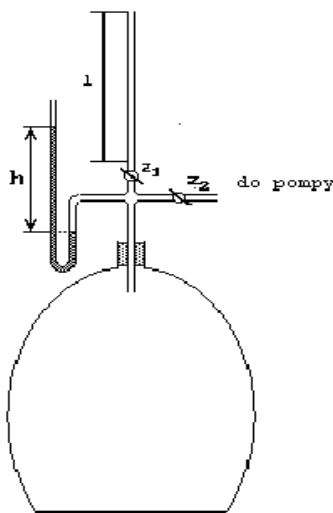
Opis i przebieg ćwiczenia.

1. WYZNACZENIE WSPÓŁCZYNNIKA LEPKOŚCI POWIETRZA I STOSUNKU c_p/c_v

1. Opis doświadczenia i przyrządów.

Aparatura składa się z następujących elementów (Rys. 1.):

1. Zbiornika powietrza o pojemności ok. 40 litrów
2. Kapilary, przez którą wypływa powietrze ($l = 0.5\text{m}$, $r = 0.5\text{mm}$)
3. Manometru wodnego
4. Pompki pompującej powietrze do zbiornika



Rysunek 1. Aparatura do wyznaczania lepkości powietrza i stosunku c_p/c_v

Pomiar lepkości powietrza sprowadza się do mierzenia czasu, w którym słupek cieczy manometrycznej opada między zaznaczonymi poziomami. Na podstawie uzyskanych wartości oblicza się współczynnik lepkości powietrza:

$$\eta = \frac{\pi \cdot r^4 \cdot p_0}{8 \cdot l \cdot V_z} \cdot \frac{t}{\ln \frac{p_1}{p_1 + 2p_0} - \ln \frac{p_2}{p_2 + 2p_0}} \quad (1)$$

2. Pomiary

Wyznaczenie współczynnika lepkości powietrza

- Odczytać na barometrze wartość ciśnienia atmosferycznego.
- Przy pomocy pompki zwiększyć ciśnienie w butli. **UWAGA:** słup cieczy manometrycznej nie może przekroczyć poziomu ok. 5 cm od górnej krawędzi rurki.
- Odczytać wartość wysokości słupa cieczy h_1
- Otworzyć zawór Z_1 , ustalić dowolną wysokość $h_2 < h_1$, odczytać h_2 .
- Zwiększyć ciśnienie w zbiorniku do wartości nieco powyżej h_1 , zamknąć zawór Z_2 .
- Otworzyć zawór Z_1 i zmierzyć czas t , w którym słup cieczy manometrycznej opada od wartości h_1 do h_2 .
- Pomiar powtórzyć 10- krotnie. Uzupełnić tabelę:

Lp.	Czas opadania []	Δh []
1		
...		

Wyznaczenie $\kappa = c_p/c_v$:

- Zamknąć zawór Z_1 i tworzyć zawór Z_2
- Za pomocą pompki uzyskać nadwyżkę ciśnienia w balonie ok. 20 cm (h_1)
- Zamknąć Z_2 . Odczytać różnicę poziomów h_1 cieczy w manometrze odpowiadającą nadciśnieniu p_1
- Otworzyć zawór Z_1 (efektywniejsze jest wyjęcie całkowite zaworu, ale trzeba to robić bardzo **ostrożnie**, tak aby nie połamać szklanej rurki)
- W momencie wyrównania poziomów cieczy w manometrze, natychmiast zamknąć zawór Z_1 i odczekać do ustalenia poziomu cieczy (obserwować proces, żeby ustalić kiedy poziom cieczy się ustabilizuje) - odczytać h_2
- Pomiary powtórzyć 10 razy. Uzupełnić tabelę:

Lp.	h_1 []	h_2 []
1		
...		

3. Opracowanie wyników.

Wyznaczenie współczynnika lepkości powietrza

- Obliczyć średni czas wypływu powietrza $\bar{t}$ korzystając ze wzoru na średnią arytmetyczną i Δt ze wzoru na odchylenie standardowe:

$$\Delta t = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (t_i - \bar{t})^2}{N \cdot (N-1)}}$$

- Obliczyć lepkość powietrza ze wzoru (1)
- Ze wzoru $p = \rho g h$ obliczyć wartości ciśnienia atmosferycznego p_0 i nadwyżki ciśnień p_1 i p_2 , przyjmując wartości gęstość: cieczy manometrycznej $\rho_c = 1.01 \text{ g/cm}^3$, rtęci $\rho_{Hg} = 13.55 \text{ g/cm}^3$
- Określić błąd pomiaru $\Delta \eta$ korzystając z metody różniczeki zupełnej:

$$\frac{\Delta \eta}{\eta} = \frac{\Delta t}{t} + \frac{\Delta p_0}{p_0} + \frac{\Delta h_1}{h_1} + \frac{\Delta h_2}{h_2}$$

gdzie Δp , Δh_1 i Δh_2 szacujemy na podstawie dokładności odczytu tych wielkości (błąd systematyczny)

- Wyznaczona wartość porównać z danymi literaturowymi. Skomentować wynik. Jeśli występują znaczące różnice między wielkością uzyskaną w wyniku pomiarów a wielkością tablicową, podać ich przypuszczalne przyczyny.

Wyznaczenie $\kappa = c_p/c_v$:

- Ula każdej pary h_1 h_2 obliczyć $\kappa = \frac{h_1}{h_1 - h_2}$, następnie $\bar{\kappa}$ oraz $\Delta\kappa$ jako średni błąd średniej arytmetycznej
- Uzyskany wynik porównać z danymi zamieszczonymi w tablicach fizycznych. Skomentować wynik. Jeśli występują znaczące różnice między wielkością uzyskaną w wyniku pomiarów a wielkością tablicową, podać ich przypuszczalne przyczyny.
- Opisać i wyjaśnić przebieg doświadczenia. Jakie zjawiska były obserwowane.

2. OBSERWACJA PRAWA CLAPEYRONA

1. Opis doświadczenia i przyrządów.

Zestaw do badania prawa Clapeyrona składa się ze szczelnie połączonych ze sobą: strzykawki z blokadą tłoka oraz manometru (rys.2)



Uwaga! Manometr połączony ze strzykawką za pośrednictwem węża posiada skalę w zakresie -1 do 1,5 bara i służy do wskazań nadwyżki ciśnienia gazu zamkniętego w zestawie. Oznacza to, iż rzeczywiste ciśnienie tego gazu ma wartość, jaką wskazuje manometr, powiększoną o 1 bar (przyjmujemy umownie, że ciśnienie atmosferyczne wynosi 1 bar).

Pamiętajmy, że powietrze wypełnia nie tylko strzykawkę, ale również wężyk łączący ją z manometrem - przyjmujemy, że jest to **dotatkowe 10 ml**. Wartość tę (x) możemy wyznaczyć

dokładnie posługując się zasadą dwóch stanów doświadczalnych, w których V_1 i V_2 odczytane na strzykawce, p_1 i p_2 odczytane na manometrze, przy równaniu $p_1(V_1 + x) = p_2(V_2 + x)$ dadzą nam szukaną wartość.

2. Pomiary

- Odkręcamy manometr od wężyka
- Naciągamy tłok strzykawki do wartości np. 40ml.
- Zamykamy wylot węża poprzez dokładne wkręcenie manometru (przed wkręceniem należy zwrócić uwagę, czy uszczelka nadal znajduje się w gnieździe mocującym ciśnieniomierza).
- Przysuwając tłok zmniejszamy objętość o połowę, tj. do ok. 20 ml. Odczytaj i zanotuj wartość uzyskanego ciśnienia.
- Przysuwając tłok zwiększamy objętość dwukrotnie, tj. do ok. 80 ml. Odczytaj i zanotuj wartość uzyskanego ciśnienia.

3. Opracowanie wyników.

Opisz i wyjaśnij obserwowane zjawiska.

LITERATURA

- Dryński T. (red), *Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki*
- Szydłowski H., *Pracownia fizyczna*
- Feynman R.P. i in., *Feynmana wykłady z fizyki*
- Orear J., *Fizyka* tom I
- Resnick R., Halliday D., *Fizyka*
- Encyklopedia fizyki