

Wyznaczanie współczynnika lepkości powietrza

Wprowadzenie teoretyczne

Lepkość cieczy to tarcie wewnętrzne pojawiające się w cieczy podczas jej przepływu. Gdy ciecz jest w ruchu, sąsiadujące ze sobą warstwy cieczy poruszają się z różną prędkością i dlatego oddziałują na siebie siłami tarcia wewnętrznego (siłami lepkości). Innym przykładem może być ruch cieczy w cienkiej rurze (kapilarze). W tym przypadku ciecz tuż przy ściankach kapilary ma zerową prędkość, zaś przy osi kapilary porusza się z największą prędkością. Z punktu widzenia teorii cząsteczkowej lepkość tłumaczy się wymianą pędu między przyległymi warstwami płynącej cieczy. Wymiana ta zachodzi w skutek przedostawania się cząsteczek z jednej warstwy do drugiej. Cząsteczki opuszczające warstwę poruszającą się wolniej powodują zmniejszenie pędu warstwy szybszej, do której przechodzą. Analogicznie, cząsteczki z warstwy szybszej powodują wzrost pędu warstwy wolniejszej. Podczas przepływu płynu lepkiego występuje przekształcenie części jego energii kinetycznej w energię kinetyczną bezładnego ruchu cząsteczek. Oznacza to, że następuje ogrzewanie się płynu. Jest to zjawisko dyssypacji, czyli rozpraszania koherentnej energii kinetycznej płynu jako całości. Do pomiaru współczynnika lepkości służą przyrządy zwane wiskozymetrami.

Opis doświadczenia

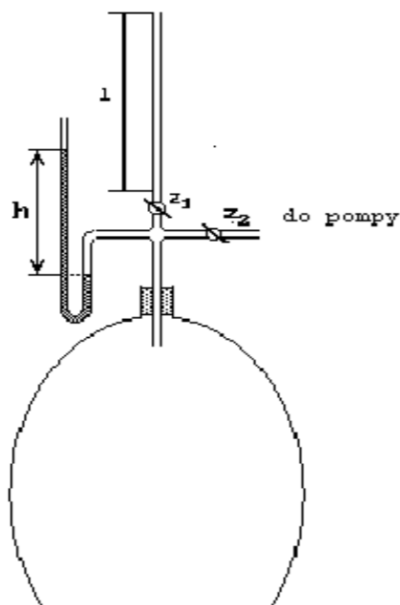
Pomiar lepkości powietrza sprowadza się do mierzenia czasu w którym słupek cieczy manometrycznej opada między zaznaczonymi poziomami. Na podstawie uzyskanych wartości oblicza się współczynnik lepkości powietrza:

$$\eta = \frac{\pi r^4 p_0}{8lV_z} \cdot \frac{t}{\ln \frac{p_1}{p_1 + 2p_0} - \ln \frac{p_2}{p_2 + 2p_0}}$$

Zestaw pomiarowy

- zbiornik powietrza o pojemności ok. 40 litrów,
- kapilary,
- manometr,
- pompka

Przebieg ćwiczenia



1. Odczytać na barometrze wartość ciśnienia atmosferycznego.
2. Przy pomocy pompki zwiększyć ciśnienie w butli. **UWAGA:** słup cieczy manometrycznej nie może przekroczyć poziomu ok. 5 cm od górnej krawędzi rurki.
3. Odczytać wartość wysokości słupa (h_1).
4. Otworzyć zawór z_1 , ustalić dowolną wysokość $h_2 < h_1$, odczytać h_2 .
5. Zwiększyć ciśnienie w zbiorniku do wartości nieco powyżej h_1 , zamknąć zawór z_2 .
6. Otworzyć zawór z_1 i zmierzyć czas t , w którym słup cieczy manometrycznej opada od wartości h_1 do h_2 .
7. Pomiar powtórzyć dziesięciokrotnie.

Lp.	czas opadania, t [s]	Δh [cm]
1.		
2.		
3.		
...		

Opracowanie wyników

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

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

2. Obliczyć lepkość powietrza ze wzoru:

$$\eta = \frac{\pi r^4 p_0}{8lV_z} \cdot \frac{t}{\ln \frac{p_1}{p_1 + 2p_0} - \ln \frac{p_2}{p_2 + 2p_0}}$$

3. Ze wzoru $p = \rho gh$ obliczyć wartość ciśnienia atmosferycznego p_0 i nadwyżki ciśnienia p_1 i p_2 , przyjmując wartości gęstości manometrycznej $\rho_c = 1,0 \text{ g/cm}^3$, rtęci $\rho_{Hg} = 13,55 \text{ g/cm}^3$.
4. Określić błąd pomiaru $\Delta \eta$ korzystając z metody różniczki 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_0 , Δh_1 i Δh_2 szacujemy na podstawie dokładności odczytu tych wielkości (błąd systematyczny).

Literatura

1. T. Dryński, Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki, PWN, Warszawa 2005
2. B. Kędzia, Materiały do ćwiczeń z biofizyki i fizyki, PWN, Warszawa 2015