

Ćwiczenie FM3

WYZNACZANIE WSPÓLCZYNNIKA LEPKOŚCI POWIETRZA

1. Cel ćwiczenia

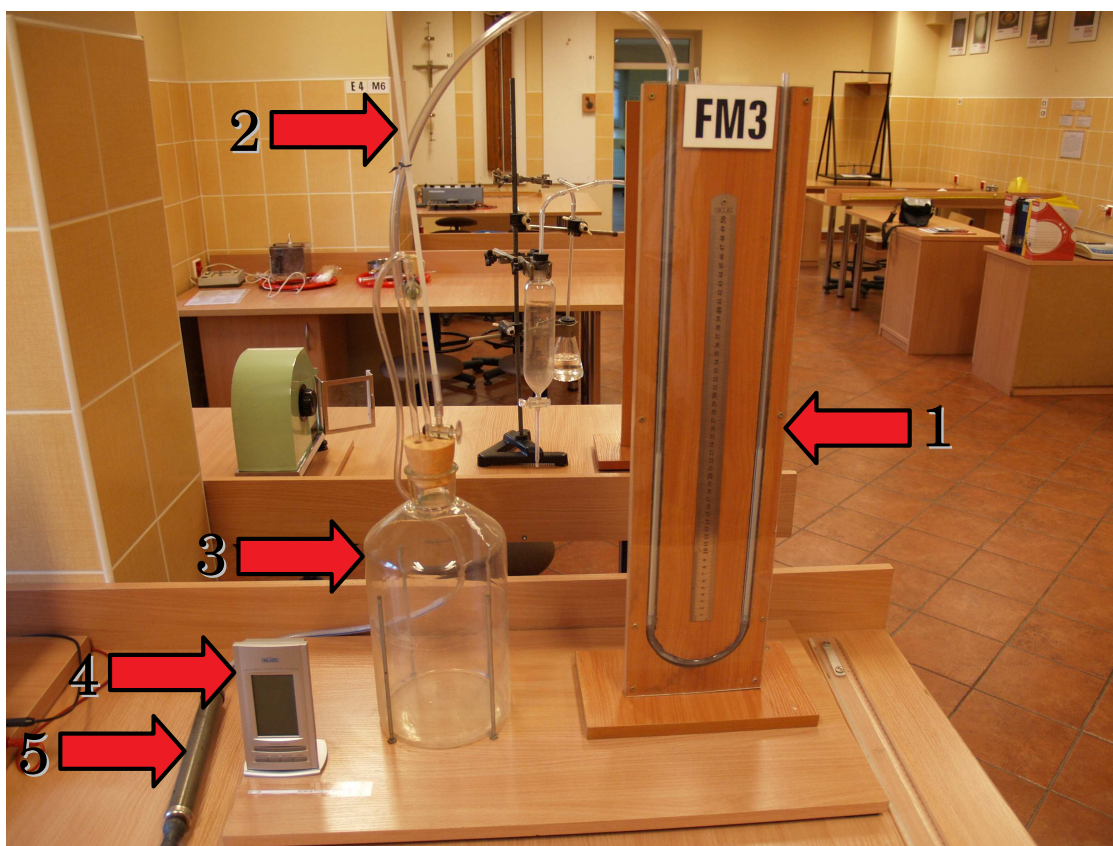
Celem ćwiczenia jest poznanie podstawowych pojęć i zasad związanych z lepkością ośrodków ciągłych oraz wyznaczenie eksperymentalnie współczynnika lepkości powietrza.

2. Zagadnienia do przygotowania

Zagadnienia do opracowania i nauczania się (**przed przystąpieniem** do wykonywania ćwiczenia):

- ciśnienie hydrostatyczne i aerostatyczne,
- prawo Bernoulliego,
- przepływ cieczy lepkiej, prędkość płynu a średnica przepływu,
- lepkość, współczynnik lepkości,
- omówić wzór Poiseuille'a oraz wzór na współczynnik lepkości powietrza.

3. Przyrządy pomiarowe, opis i schemat aparatury, przyjęte oznaczenia



Rysunek 1: Zestaw pomiarowy: manometr cieczowy (wodny) (1), kapilara (2), balon szklany (3), barometr (4), pompka (5)

η_p – współczynnik lepkości powietrza,

h_{L1} – wysokość słupa cieczy w lewym ramieniu manometru,

h_{P1} – wysokość słupa cieczy w prawym ramieniu manometru,

$H_1 = h_{P1} - h_{L1}$ – różnica poziomów cieczy w manometrze,

$H_2 = h_{P2} - h_{L2}$ – różnica poziomów cieczy w manometrze,

V – objętość butli (przyjąć: 5,00 l),

r – promień wewnętrzny kapilary (przyjąć: 0,15 mm),

l – długość kapilary (przyjąć: 435 mm),

p_0 – ciśnienie atmosferyczne odczytane z barometru w momencie pomiaru,

ρ – gęstość cieczy (wody) w manometrze ($\rho_{\text{wody}} = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$).

4. Przebieg ćwiczenia (pomiarów)

- (a) Sprawdzić poziom cieczy w manometrze cieczowym.
- (b) Odczytać na barometrze ciśnienie atmosferyczne panujące w pracowni.
- (c) Zamknąć kran K (kapilara), otworzyć kran P (pompka) i przy użyciu pompki zwiększyć ciśnienie gazu w butli, aż do osiągnięcia przez ciecz, w prawym ramieniu manometru, położenia $h_{P1} = 400\text{--}450$ mm, wówczas zamknąć kran P .
- (d) Odczytać różnicę poziomów cieczy w manometrze, $H_1 = h_{P1} - h_{L1}$.
- (e) Oznaczyć położenie h_{P1} gumką recepturką.
- (f) Obliczyć ciśnienie w balonie na podstawie wzoru: $p_1 = p_0 + \rho g H_1$.
- (g) Otworzyć kran K , poczekać aż menisk cieczy w prawym ramieniu opadnie do poziomu $h_{P2} = 280\text{--}320$ mm i zamknąć kran K .
- (h) Odczytać różnicę poziomów cieczy w manometrze $H_2 = h_{P2} - h_{L2}$.
- (i) Oznaczyć gumką położenie h_{L2} .
- (j) Obliczyć ciśnienie w balonie na podstawie wzoru: $p_2 = p_0 + \rho g H_2$.
- (k) Przy zamkniętym kranie K otworzyć kran P i zwiększać (pompką) ciśnienie tak długo, aż poziom cieczy w prawym ramieniu manometru osiągnie poziom $h_{P1} + 30$ mm. Zamknąć kran P , odczekać 20 s i otworzyć kran K . W chwili, gdy poziom cieczy w prawym ramieniu manometru będzie mijał poziom h_{P1} (ciśnienie w butli wynosi p_1) włączyć stoper. Zmierzyć czas t , w którym poziom cieczy w lewym ramieniu manometru wzrośnie do poziomu h_{L2} (ciśnienie w butli wynosi p_2), wówczas zamknąć kran K .
- (l) Pomiar 4k powtórzyć 10 razy, zapisując dane w tabeli pomiarów.
- (m) Zmieniając początkowy poziom cieczy w prawym ramieniu manometru (h_{P1} , punkt 4c) powtórzyć trzykrotnie serie pomiarów (4b–4l).

5. Tabele pomiarowe i opracowanie wyników

Wyniki pomiarów i obliczeń wstępnych zapisywać w postaci:

SERIA nr, $p_0 = \dots\dots\dots$ hPa

$h_{L1} = \dots\dots\dots$ mm, $h_{P1} = \dots\dots\dots$ mm, $H_1 = \dots\dots\dots$ mm, $p_1 = \dots\dots\dots$ hPa

$h_{L2} = \dots\dots\dots$ mm, $h_{P2} = \dots\dots\dots$ mm, $H_2 = \dots\dots\dots$ mm, $p_2 = \dots\dots\dots$ hPa

Zebrać wyniki pomiarów w postaci:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t [s]										
$t_{\text{śr}}$ [s]										

Współczynnik lepkości powietrza obliczyć wg wzoru:

$$\begin{aligned}\eta_{\text{p}} &= \frac{\pi r^4 p_0}{8VL} \frac{t_{\text{śr}}}{\ln \frac{p_1 - p_0}{p_1 + p_0} - \ln \frac{p_2 - p_0}{p_2 + p_0}} \\ &= \frac{\pi r^4 p_0}{8VL} \frac{t_{\text{śr}}}{\ln \frac{\rho g H_1}{2p_0 + \rho g H_1} - \ln \frac{\rho g H_2}{2p_0 + \rho g H_2}} \\ &= \frac{\pi r^4 p_0}{8VL} \frac{t_{\text{śr}}}{\ln \frac{\rho g H_1}{\rho g H_2} - \ln \frac{2p_0 + \rho g H_1}{2p_0 + \rho g H_2}}.\end{aligned}\tag{1}$$

6. Ocena wyników pomiarów

Zapis wyników z błędem wraz z jednostkami w układzie SI.

Porównanie otrzymanych wielkości fizycznych z tablicowymi.

Dyskusja popełnionych błędów systematycznych i przypadkowych.

Propozycje poprawy dokładności pomiarów.

7. Literatura

- *Podstawy fizyki*, Halliday D., Resnick R., Walker J., dowolne wydanie.
- *Pracownia fizyczna*, Szydłowski H., dowolne wydanie.