

Ćwiczenie FM3

WYZNACZANIE WSPÓŁCZYNNIKA LEPKOŚCI POWIETRZA

1. Cel ćwiczenia

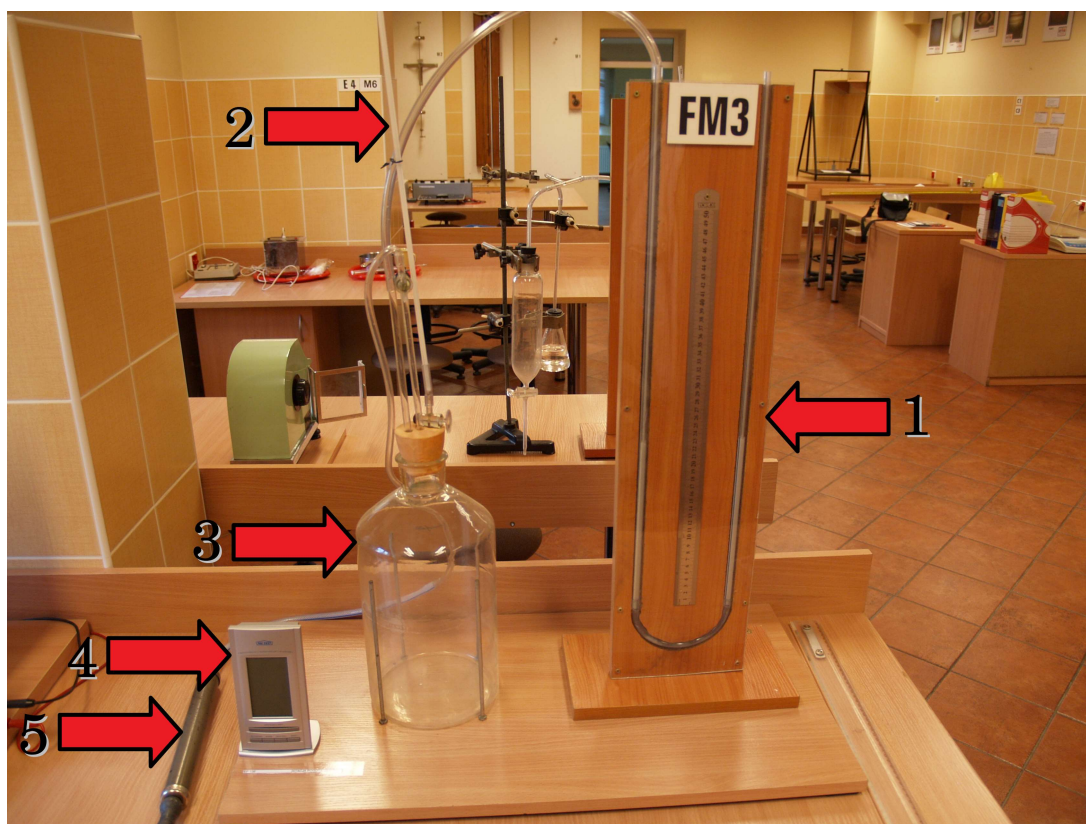
Celem ćwiczenia jest poznanie podstawowych pojęć i zasad związanych z lepkością ośrodków ciągłych oraz wyznaczenie eksperymentalnie współczynnika lepkości powietrza.

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 litrów),

r – promień wewnętrzny kapilary 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 I (kapilara), otworzyć kran II (pompka) i przy użyciu pompki zwiększyć ciśnienie gazu w butli, aż do osiągnięcia przez ciecz, w prawym ramieniu manometru, położenia $X = 400\text{--}450$ mm, wówczas zamknąć kran II.
- (d) Odczytać różnicę poziomów cieczy w manometrze, $H_1 = h_{p1} - h_{l1}$.
- (e) Oznaczyć położenie X gumką recepturką.
- (f) Obliczyć ciśnienie w balonie na podstawie wzoru: $p_1 = p_0 + \rho g H_1$.
- (g) Otworzyć kran I, poczekać aż menisk cieczy w prawym ramieniu opadnie do poziomu $X = 280\text{--}320$ mm i zamknąć kran I.
- (h) Odczytać różnicę poziomów cieczy w manometrze $H_2 = h_{p2} - h_{l2}$.
- (i) Oznaczyć gumką położenie Y.
- (j) Obliczyć ciśnienie w balonie na podstawie wzoru: $p_2 = p_0 + \rho g H_2$.
- (k) Przy zamkniętym kranie I otworzyć kran II (wyrównanie poziomów cieczy w manometrze) i zwiększać ciśnienie tak długo, aż poziom cieczy w prawym ramieniu manometru osiągnie poziom $X + 30$ mm. Zamknąć kran II, odczekać 20 s i otworzyć kran I. W chwili, gdy poziom cieczy w prawym ramieniu manometru będzie mijał poziom X mm (ciśnienie w butli wynosi p_1) włączyć stoper. Zmierzyć czas t , w którym poziom cieczy opadnie do poziomu Y mm (ciśnienie w butli wynosi p_2), wówczas zamknąć kran I.
- (l) Pomiar 4k powtórzyć 10 razy, zapisując dane w tabeli pomiarów.
- (m) Zmieniając poziomy X i Y powtórzyć trzykrotnie serie pomiarów (4b–4l).

5. Tabele pomiarowe i opracowanie wyników

Wyniki pomiarów 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], $\rho g H_1 = \dots\dots\dots$ [hPa]

$h_{l2} = \dots\dots\dots$ [mm], $h_{p2} = \dots\dots\dots$ [mm], $H_2 = \dots\dots\dots$ [mm], $\rho g H_2 = \dots\dots\dots$ [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:

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

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.