

Ćwiczenie FM1

WYZNACZANIE WSPÓŁCZYNNIKA LEPKOŚCI METODĄ STOKESA

1. Cel ćwiczenia

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

2. Zagadnienia do przygotowania

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

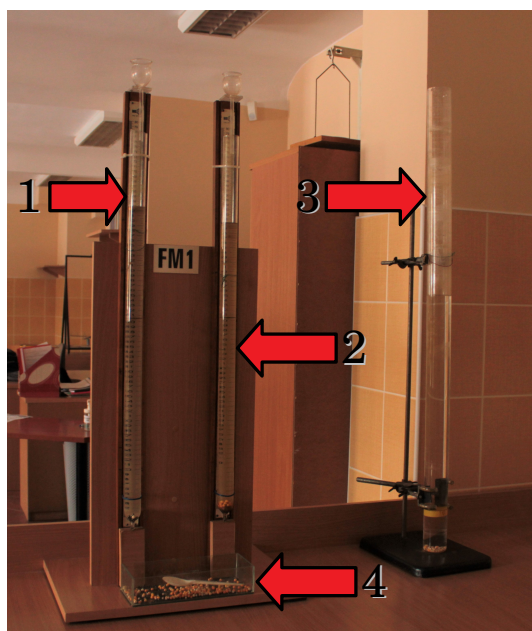
- prawo Stokesa,
- prawo Archimedesesa,
- lepkość, współczynnik lepkości.

Część teoretyczna sprawozdania (opracowana **przed przystąpieniem** do części praktycznej):

- zwięzły opis zjawisk występujących w ćwiczeniu,
- wyprowadzić uproszczony wzór (1):

$$\eta = \frac{(m - V \cdot d_c)}{3\pi \cdot s} \cdot \frac{t}{L}. \quad (1)$$

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



Rysunek 1: Rury szklane wypełnione badanymi cieczami: gliceryna (1), olej silnikowy (2), woda (3); kulki stalowe, szklane, ołowiane i z tworzywa sztucznego (4). Ponadto: przymiar, suwmiarka, śruba mikrometryczna, stoper

Na aparaturę pomiarową składają się:

- 1) trzy rury szklane wypełnione badanymi cieczami,
- 2) kulki ołowiane, kulki z tworzywa sztucznego,
- 3) przymiar, suwmiarka, śruba mikrometryczna,
- 4) stoper.

Przyjęte oznaczenia:

η – współczynnik lepkości cieczy,

g – przyspieszenie ziemskie,

m – masa kulki,

t – czas spadania kulki ruchem jednostajnym,

s – średnica kulki,

S – średnica rury,

L – droga spadania kulki,

V – objętość kulki,

d_c – gęstość cieczy: $A = 1,26 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$, $B = 0,87 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$, $C = 0,9978 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$.

4. Przebieg ćwiczenia (pomiarów)

- (a) Na podstawie podanych powyżej gęstości cieczy odczytać, z tablic wielkości fizycznych, rodzaj wykorzystywanych w ćwiczeniu cieczy.
- (b) Pomiary dokonać dla cieczy A i B – kulki ołowiane o małej średnicy.
- (c) Wyznaczyć wewnętrzną średnicę rury S za pomocą suwmiarki.
- (d) Przygotować 10 kulek wykonanych z tego samego materiału o tych samych średnicach.
- (e) Za pomocą śruby mikrometrycznej wyznaczyć średnicę kulek s i obliczyć średnią średnicę kulki $s_{\text{śr}}$.
- (f) Za pomocą wagi laboratoryjnej wyznaczyć masę kulek m i obliczyć średnią masę jednej kulki $m_{\text{śr}}$.
- (g) Wyznaczyć odległość L , pomiędzy I (górnym) i II (dolnym) punktem oznaczonym na rurze szklanej, za pomocą miarki milimetrowej.
- (h) Wrzucać, używając lejka, kulki – mierząc ich czas spadania pomiędzy punktem I i II.
- (i) Wyniki pomiarów i obliczeń umieścić w tabeli pomiarowej.
- (j) Wykonać podane powyżej pomiary dla cieczy C – duża rura szklana, kulki z tworzywa sztucznego.

5. Tabele pomiarowe i opracowanie wyników

Zebrać wyniki pomiarów w postaci:

Obliczyć współczynnik lepkości korzystając ze wzoru:

$$\eta = \frac{(m_{\text{śr}} - V d_c)g}{3\pi s} \frac{t}{L \left(1 + 2,4 \frac{s_{\text{śr}}}{S}\right)}, \quad (2)$$

gdzie:

$$V = \frac{1}{6} \pi s_{\text{śr}}^3. \quad (3)$$

Tablica 1: Średnice kulek i odległość L pomiędzy punktami I i II

Pomiar	Ciecz A, B		Ciecz C	
s [m]	1.	6.	1.	6.
	2.	7.	2.	7.
	3.	8.	3.	8.
	4.	9.	4.	9.
	5.	10.	5.	10.
$s_{\text{sr.}}$ [m]				
L [m]				
ΔL [m]				

Tablica 2: Średnice kulek i odległość L pomiędzy punktami I i II

Lp. pomiaru	Ciecz A, B t [s]	Ciecz C t [s]
1.		
2.		
...		
9.		
10.		
Wartość średnia		

6. Ocena wyników pomiarów

Obliczyć błąd maksymalny pomiaru średnicy kulek s oraz czas przelotu kulek t .

Metodą różniczki zupełnej obliczyć błąd względny i bezwzględny współczynnika lepkości η . Jako błąd pomiaru wartości L (ΔL) przyjąć błąd systematyczny (dokładność przyrządu).

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

- *Pracownia fizyczna wspomagana komputerem*, Szydłowski H., dowolne wydanie.
- *Ćwiczenia laboratoryjne fizyka*, Wegner W., Akademia Bydgoska 2001.
- *Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki*, Dryński T., dowolne wydanie.
- *Podstawy metod opracowania pomiarów*, Bielski A., Ciuryło R., Wydawnictwo UMK, wyd. II, Toruń 2001.