

## Ćwiczenie 12

### Współczynnik lepkości

Ćwiczenie wraz z instrukcją i konspektem opracował J.Kanak

#### **Cel ćwiczenia**

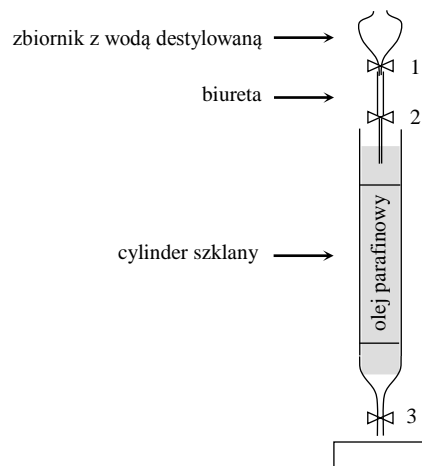
Zapoznanie się z własnościami cieczy lepkiej, wyznaczenie współczynnika lepkości metodą Stokesa.

#### **Wymagane wiadomości teoretyczne**

Zjawisko lepkości, zależność lepkości od temperatury, ruch kulki w cieczy, wzór Stokesa, zakres stosowalności wzoru Stokesa, jednostka współczynnika lepkości, ruch laminarny i turbulentny, liczba Reynoldsa.

#### **Wyposażenie stanowiska**

Cylinder szklany wypełniony olejem parafinowym umieszczony na statywie, szklana biureta z podziałką, kolba na wodę destylowaną, stoper, przymiar.



Rys. 1 Schemat układu pomiarowego.

#### **Zagadnienia do przedyskutowania:**

- Co to jest lepkość?
- Jakie siły działają na kulkę podczas opadania w cieczy lepkiej?
- Prawo wyporu Archimedesesa.

#### **Wykonanie ćwiczenia**

- Ustawić odległość pomiędzy znacznikami na cylindrze szklanym w przedziale 25 - 40 cm.
- Za pomocą zaworu 1 powoli wlać do biurety wodę destylowaną 1 cm powyżej górnej czerwonej kreski.
- Ustawić przepływ kropeł za pomocą zaworu 2 i wypuścić  $20 \text{ cm}^3$  wody destylowanej licząc jednocześnie liczbę kropeł ( $20 \text{ cm}^3$  jest pomiędzy dwoma czerwonymi kreskami na biurecie).

- Zmierzyć czas spadania jednej kropli między znacznikami na cylindrze. Pomiary wykonać dla dziesięciu kropeł.

**Uwaga.** Czynności (3) i (4) muszą być przeprowadzone przy tym samym położeniu kurka 2 (jednakowa objętość kropeł). Koniec biurety musi być zanurzony w oleju.

- Powtórzyć pomiar dla innego przepływu.

**Zagadnienia do przedyskutowania:**

- Co to jest liczba Reynoldsa?
- Omów jakim ruchem porusza się kulka na początku ruchu a jakim po pewnym czasie od wpadnięcia do oleju?

**Opracowanie wyników**

- Na podstawie danych pomiarowych obliczyć średni promień kropli.
- Obliczyć wartość współczynnika lepkości  $\eta$ .

$$\eta = \frac{2(\rho_k - \rho)r^2 g t}{9L(1 + 2,4 \frac{r}{R})} \quad (1)$$

gdzie:  $\rho_k$  – gęstość kropli wody,  $\rho$  – gęstość oleju równa  $0,80 \text{ g/cm}^3$ ,  $r$  – średni promień kropli,  $g$  – przyspieszenie ziemskie,  $t$  – średni czas spadku kulki,  $L$  – droga przebyta przez kulkę, przyjmując średnicę cylindra  $2R = 4,5 \text{ cm}$ .

- Obliczyć niepewność wyznaczenia współczynnika lepkości z prawa przenoszenia niepewności korzystając ze wzoru (1) uwzględniając niepewność wielkości  $r$ ,  $t$  i  $L$ . Przy obliczaniu niepewności pominąć poprawkę na wpływ ścianek rury na ruch kropli ( $2,4 r/R = 0$ ). Niepewność  $t$  wyznaczyć za pomocą niepewności standardowej opisanej wzorem:

$$\Delta t = \sqrt{\frac{\sum (t_{sr} - t_i)^2}{n(n-1)}} \quad (2)$$

- Obliczyć liczbę Reynoldsa (wzór 3) i jej niepewność uwzględniając niepewności wielkości  $L$ ,  $t$  i  $\eta$ .

$$\text{Re} = \frac{V l \rho}{\eta} = \frac{L l \rho}{t \eta} \quad (3)$$

gdzie:  $\rho$  – gęstość cieczy (oleju),  $l$  – wymiar liniowy poruszającego się ciała mierzony w kierunku prostopadłym do wektora prędkości  $V$  (dla kulki przyjmujemy:  $l = 2r$ ).

- Porównać otrzymane wartości współczynnika lepkości i liczby Reynoldsa z wartościami tablicowymi.

**Literatura**

- D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, *Podstawy fizyki*, Tom II, PWN (2005).
- Pracownia Fizyczna Wydziału Fizyki i Techniki Jądrowej AGH*. Część I, wydanie drugie, pod redakcją Andrzeja Zięby, Kraków 1999. Skrypty uczelniane SU 1608, str. 106–113.