

Ćwiczenie 12

Współczynnik lepkości

Ćwiczenie wraz z instrukcją i konspektem opracował J.Kanak

Cel ćwiczenia

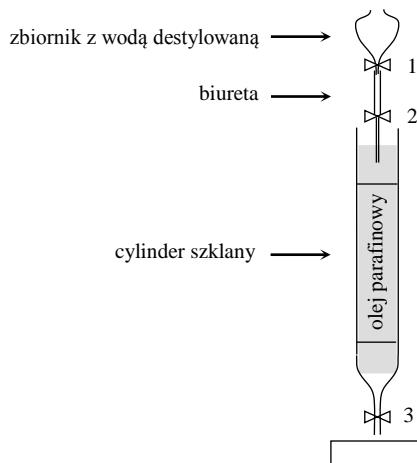
Zapoznanie się z własnościami cieczy lepkiej, wyznaczanie współczynnika lepkości metodą Stokesa.

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. I Schemat układu pomiarowego.

Zagadnienia do przedyskutowania:

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

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 kropel za pomocą zaworu 2 i wypuścić 20 cm^3 wody destylowanej licząc jednocześnie liczbę kropel (20 cm^3 jest pomiędzy dwoma czerwonymi kreskami na biurecie).

4. Zmierzyć czas spadania jednej kropli między znacznikami na cylindrze. Pomiary wykonać dla dziesięciu kropel.

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

5. 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 η .

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

gdzie: ρ_k – gęstość kropli wody, ρ – 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, przyjąć 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 ($2,4 \frac{r}{R} = 0$). 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 η .

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

gdzie: ρ – 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.