

WYZNACZANIE WSPÓŁCZYNNIKA LEPKOŚCI CIECZY METODĄ STOKES'A

Wymagane wiadomości:

Definicja, miano (jednostki) i rodzaje lepkości. przepływ laminarny i burzliwy cieczy,

Przydatna lektura:

- Kędzia B. „Materiały do ćwiczeń z biofizyki i fizyki”.
- Podręczniki fizyki.

Wyznaczanie współczynnika lepkości cieczy metodą Stokes'a.

Na kulkę opadającą w środowisku lepkiem działają następujące siły:

1) siła ciężkości kulki działająca pionowo w dół: $P = m \cdot g$

2) siła wyporu skierowana pionowo do góry:

$$W = V \cdot \rho \cdot g = \frac{4}{3} \Pi \cdot r^3 \cdot g \cdot \rho$$

3) siła oporu środowiska F , która zgodnie z prawem Stokes'a równa jest:

$$F = 6 \cdot \Pi \cdot \mu \cdot r \cdot v,$$

gdzie:

m - masa opadającej kulki

V - objętość kulki

ρ - gęstość cieczy

g - przyspieszenie ziemskie

r - promień kulki

v - prędkość kulki opadającej ruchem jednostajnym

μ - współczynnik lepkości cieczy zależny od rodzaju cieczy i temperatury

W przypadku równoważenia się trzech wymienionych sił, tzn. przy zachodzeniu równości:

$$6 \cdot \Pi \cdot \mu \cdot r \cdot v - m \cdot g + V \cdot \rho \cdot g = \frac{4}{3} \cdot \Pi \cdot r^3 \cdot g \cdot \rho = 0 \quad (1)$$

kulka opada ruchem jednostajnym ze stałą prędkością.

Na podstawie równania (1) możemy obliczyć współczynnik lepkości:

$$\mu = \frac{\left(m - \frac{4}{3} \cdot \Pi \cdot r^3 \cdot \rho\right) g}{6 \cdot \Pi \cdot r \cdot v} \quad (2)$$

Podstawiając $v = \frac{h}{t}$, gdzie h - droga przebyta ruchem jednostajnym w czasie t otrzymujemy:

$$\mu = \frac{\left(m - \frac{4}{3} \cdot \Pi \cdot r^3 \cdot \rho\right) \cdot g}{6 \cdot \Pi \cdot r} \cdot \frac{t}{h} \quad (3)$$

Przeprowadzenie pomiarów:

1. Wyznaczyć masę $N = 30$ kulek. Obliczyć masę jednej kulki $m = N/30$.
2. Wyznaczyć średnicę wszystkich 30 kulek. Obliczyć średni promień kulki r .
3. Wyznaczyć odległość h (na cylindrze z lepkiem płynem - gliceryną) jaką będzie przebywała kulka w czasie. Pomiar powtórzyć 10 razy.
4. Wyznaczyć czas przebiegu t dla każdej z 30 kulek. Obliczyć wartość średnią.
5. Obliczyć współczynnik lepkości cieczy μ w badanej temperaturze (równanie 3). W obliczeniach przyjąć $\rho = 1,2582 \text{ g/cm}^3$.
6. Przeprowadzić rachunek błędów.
Błąd wartości promienia kulki i czasu spadania:

$$\Delta r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (r_i - \bar{r})^2}{N(N-1)}}, \quad \Delta t = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (t_i - \bar{t})^2}{N(N-1)}}, \quad \Delta h = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (h_i - \bar{h})^2}{N(N-1)}}$$

UWAGA: po dokonaniu obliczeń Δr , Δt oraz Δh należy oszacować dokładność przyrządów. Jeżeli obliczona wartość błędów jest niższa za wartość błędów należy przyjąć dokładność przyrządu.

Błąd całkowity współczynnika lepkości μ danego równaniem (3) policzyć ze wzoru:

$$\Delta \mu = \mu \left(\left| \frac{\Delta t}{t} \right| + \left| \frac{\Delta r}{r} \right| + \left| \frac{\Delta h}{h} \right| + \left| \frac{\Delta m}{m} \right| \right)$$

Wartości Δm , ocenić na podstawie dokładności przyrządów.

Przykładowe pytania :

- 1). Podaj treść prawa Archimedesesa.
- 2). Podaj treść prawa powszechnego ciężenia.
- 3). Siła jako wektor – podaj cechy charakteryzujące wielkości wektorowe.
- 4). Jakie siły działają na kulkę opadającą w środowisku lepkiem?
- 5). Określ kierunek i zwroty sił działających na kulkę opadającą w środowisku lepkiem.
- 6). Podaj treść zasad dynamiki Newtona.
- 7). Podaj własności ruchu jednostajnego prostoliniowego.