

X

WSPÓŁCZYNNIK LEPKOŚCI

1. Cel ćwiczenia:

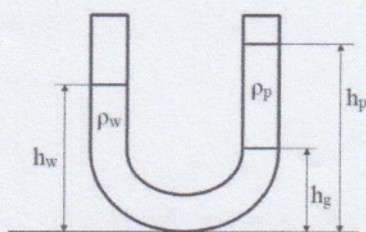
- Wyznaczenie współczynnika lepkości cieczy;

2. Zagadnienia do przygotowania:

- Naczynia połączone;
- Lepkość;
- Prawo Stokesa (+poprawka do prawa);
- Hydrodynamiczne prawo Newtona;
- Prawo Archimedesesa;

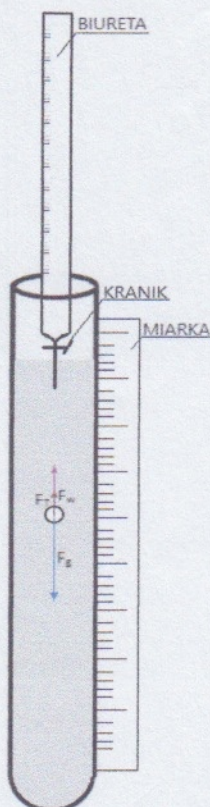
3. Układ pomiarowy:

- Wyznaczanie gęstości (naczynia połączone):



$$\rho_p = \rho_w \cdot \frac{h_w - h_g}{h_p - h_g} \quad (X.1)$$

- Wyznaczanie lepkości (wiskozymetr Stokesa):



$$F_T = -6\pi\eta r v \left(1 - \frac{r}{R}\right)^{-n} \quad (X.2)$$

$$F_g = mg = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_k g \quad (X.3)$$

$$F_w = -mg = -\frac{4}{3}\pi r^3 \rho_p g \quad (X.4)$$

$$F = F_T + F_g + F_w \quad (X.5)$$

Jeśli kulka porusza się ruchem jednostajnym :

$$F = 0 \quad v = \frac{l}{t}$$

$$\eta = \frac{2(\rho_k - \rho_p)gr^2t}{9l} \left(1 - \frac{r}{R}\right)^n \quad (X.6)$$

4. Przebieg ćwiczenia:

- Za pomocą naczyń połączonych wyznaczyć gęstość badanej cieczy (ρ_p);
- Zmierzyć temperaturę (T), w której wykonywane jest ćwiczenie;
- Zmierzyć średnicę cylindra (R);
- Założyć odpowiednią końcówkę na kroplomierz;
- Wypełnić biuretę wodą destylowaną i odczytać objętość (v_0);
- Odkręcić kranik, aby wypuścić kulkę wodną do cylindra z olejem (Uwaga! Nie zakręcać kranika kroplomierza, aby nie zmienić promienia kulek. Krople będą wypływać jedna po drugiej. Ustawić kranik tak, aby prędkość powstawania kropeł pozwoliła na wygodne pomiary);
- Zmierzyć czas (t) w jakim kropla przebywa drogę (l), jednocześnie licząc ilość kropeł (n);
- Po zakończonym pomiarze odczytać objętość wody w biurecie (v);
- Pomiary wykonać dla różnych końcówek kroplomierza (trzykrotnie uzupełniając poziom wody w biurecie dla każdej z nich);

5. Opracowanie wyników:

- Wyznaczyć gęstość cieczy przy pomocy naczyń połączonych (X.1).
- Obliczyć promień kulki wodnej wpuszczonej do oleju: $v_k = \frac{(v_0 - v)}{n} = \frac{4}{3}\pi r^3$, oraz jej niepewność pomiarową. Obliczenia wykonać dla każdej z końcówek;
- Obliczyć wykładnik potęgowy n: $n = \frac{\log\left(\frac{r_2^2 t_2}{r_1^2 t_1}\right)}{\log\left(\frac{R - r_1}{R - r_2}\right)}$ (gdzie r_1 i t_1 odnosi się do jednej końcówki, r_2 i t_2 do drugiej końcówki) oraz jego niepewność pomiarową;
- Wyznaczyć współczynnik lepkości (X.6). Obliczyć niepewność pomiarową (uwzględniając niepewność wszystkich mierzonych wartości);

Naczynia połączone pozwalają wyznaczyć gęstość cieczy znajdującej się w jednym naczyniu przy pomocy znanej gęstości cieczy w drugim naczyniu.

Lepkością nazywamy właściwość płynów i plastycznych ciał stałych charakteryzującą ich tarcie wewnętrzne, wynikające z przesuwania się względem siebie warstw płynu podczas przepływu cieczy. Wyróżniamy:

- Lepkość dynamiczna- stosunek naprężeń ścinających do szybkości ścinania
- Lepkość kinematyczna- stosunek lepkości dynamicznej do gęstości płynu
- Lepkość względna- stosunek lepkości dynamicznej badanej cieczy do lepkości cieczy wzorcowej.

Współczynnik lepkości zależy od rodzaju cieczy, a także w dużej mierze od temperatury. Siły spójności i ruchy są możliwe dzięki ruchliwości cząsteczek przenikających z jednej warstwy do drugiej. Wzrost temperatury powoduje nasilenie ruchliwości cząstek, co prowadzi do obniżenia lepkości.

Prawo Stokesa mówi o wartości siły oporu F_T z jaką płyn działa na poruszającą się kulkę, która zanurzona unosi ze sobą warstwę płynu przylegającą do niej oraz na skutek tarcia wewnątrz samego płynu wprawia w ruch następne jego warstwy.

$$F_T = -6\pi\eta r v$$

Gdzie:

v- prędkość kulki;

r- promień kulki

η - współczynnik lepkości

Jeśli ruch kulki następuje w rurze o promieniu R wypełnionej cieczą, należy wziąć pod uwagę **poprawkę do prawa Stokesa**. Uwzględnia ona tarcie pomiędzy warstwami cieczy pociąganyymi przez kulkę i nieruchomą warstwę cieczy w pobliżu ścianki rury.

$$F_T = -6\pi\eta r v \left(1 - \frac{r}{R}\right)^{-n}$$

Gdzie:

n- stała wyznaczana doświadczalnie

Hydrodynamiczne prawo Newtona mówi, że naprężenie ścinające w płynie jest wprost proporcjonalne do występującej w nim szybkości ścinania, a współczynnik proporcjonalności zwany lepkością jest parametrem charakterystycznym dla danego rodzaju płynu.

$$\tau = \mu \cdot \gamma$$

Gdzie:

μ - współczynnik lepkości

Prawo Archimedesza określa siłę wyporu. Głosi, że na ciało częściowo lub całkowicie zanurzone w płynie (cieczy, gazie lub plazmie) działa pionowo skierowana, ku górze siła wyporu, której wartość równa jest ciężarowi płynu wypartego przez to ciało.

$$F_w = m_p g = \rho_p g V$$