

Numer pary	Imię i nazwisko	Wydział Rok grupa
data	Nazwisko prowadzącego	Uwagi Zaliczenie

F10. Badanie zależności lepkości oleju od temperatury

Zagadnienia.

Przepływ cieczy rzeczywistej. Przepływ laminarny i turbulentny. Zjawisko lepkości, rysunek, definicja i jednostki. Sił Stokesa. Rozkład sił działających na kulkę poruszającą się w cieczy. Zależność lepkości od temperatury, energia aktywacji.

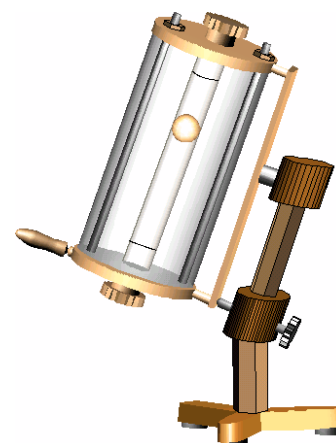
Literatura

Jaroszyk Rozdział 6.2.2.; Przestalski Rozdział V.4. Ruch cieczy rzeczywistej

Przyrządy: wiskozymetr Hoplera (Rys.1), ultratermostat, stoper.

Przebieg pomiarów:

1. Włącz ultratermostat na cykl pracy cyrkulacyjnej. Ustaw na wyświetlaczu temperaturę początkową t_1 – około 25°C (**postępuj zgodnie z instrukcją obsługi ultratermostatu**). Po osiągnięciu zadanej temperatury, przed dokonywaniem pomiarów, odczekaj 1-2 minuty na jej ustabilizowanie się.
2. Zmierz w ustawionej temperaturze t_1 czas opadania kulki τ_1 między oznaczonymi na cylindrze wiskozymetru poziomami. Wynik wpisz do Tabeli 1.
3. Obróć przyrząd o 180° i zmierz ponownie czas opadania kulki τ_2 . Przy obracaniu wiskozymetru zwróć uwagę na to, aby zachować stały kierunek opadania kulki względem podłoża i nie skręcać węży doprowadzających wodę. Pomiar powtórz jeszcze trzy razy.
4. Nastaw na ultratermostacie temperaturę o około $4\text{--}5^{\circ}\text{C}$ wyższą niż temperatura początkowa. Po osiągnięciu przez układ zadanej temperatury przeprowadź pięciokrotnie pomiar czasu opadania kulki. Wyniki wpisz do Tabeli 1.
5. W podobny sposób przeprowadzić pomiary czasu opadania kulki jeszcze dla trzech innych temperatur, każdorazowo podwyższając temperaturę o ok. $4\text{--}5^{\circ}\text{C}$ do temperatury nie większej niż 50°C .
6. Po zakończeniu pomiarów przełącz ultratermostat w tryb chodzenia do temp. 25°C .



Rys.1. Wiskozymetr Hoplera

Opracowanie wyników

1. Dla każdej z temperatur pomiaru oblicz wartość średnią czasu opadania kulki τ_{sr} .
2. Dla każdej z temperatur, ze wzoru (1) obliczyć współczynnik lepkości cieczy η

$$\eta = k \tau_{sr} (\rho_k - \rho) \quad (1)$$

Do obliczeń wykorzystaj dane: stała kulki $k = 5.42 \times 10^{-5} \text{ Nm/kg}$;
gęstość materiału kulki $\rho_k = 2409 \text{ kg/m}^3$; gęstość cieczy $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$

Tabela 1. Pomiary czasów spadania kulki oraz obliczanie lepkości na podstawie wzoru (1).

temperatura °C	τ_1	τ_2	τ_3	τ_4	τ_5	τ_{sr}	η

- Obliczyć logarytm naturalny lepkości oraz przelicz temperaturę w °C na temperaturę w skali Kelvina a następnie oblicz jej odwrotność i wyniki wpisz do Tabeli 2.
- Na podstawie danych z Tabeli 2 przedstaw graficznie zależność $\ln \eta(1/T)$ a następnie oblicz współczynnik kierunkowy a otrzymanej prostej.
Możesz też skorzystać z programu do regresji liniowej zainstalowanym na komputerze na Pracowni, który wykona powyższe obliczenia.

$$a = \text{_____}, \Delta a = \text{_____}$$

Informacje wyjaśniające: Zależność lepkości od temperatury wyraża się wzorem $\eta = Ce^{\frac{E}{RT}}$, która po zlogarytmowaniu przyjmuje postać: $\ln \eta = \ln C + \frac{E}{R} \cdot \frac{1}{T}$, jest to równanie linii prostej o współczynniku kierunkowym $a = E/R$.

Tabela 2. Przygotowanie danych do wykresu $\ln \eta(1/T)$.

η	$\ln \eta$	t [°C]	T [K]	$1/T$ [1/K]

- Korzystając z zależności $E = aR$ oblicz energię aktywacji E ; $R = 8.3143 \text{ [J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}]$.

$$E = \text{_____} \quad [\quad]$$

Obliczanie błędu pomiarowego i zestawienie wyników

- Dla jednej wybranej temperatury ($t = \text{_____}$) oblicz błąd średniego czasu spadania kulki $\Delta \tau_{\text{sr}}$ jako trzykrotność odchylenia standardowego SD.

$$\Delta \tau_{\text{sr}} =$$

- Oblicz metodą różniczki logarytmicznej błąd pomiaru lepkości $\Delta \eta$ w wybranej temperaturze t . Wykorzystaj do tego obliczoną wartość $\Delta \tau_{\text{sr}}$.

$$\Delta \eta =$$

- Po zaokrągleniu błędu pomiarowego zapisz zestawienie wyniku obliczonego współczynnika lepkości w wybranej temperaturze w postaci $(\eta \pm \Delta \eta)$ [jedn.SI].

$$\eta =$$

- Zapisz wnioski wynikające z przeprowadzonych pomiarów.