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

F10. Badanie zależności lepkości oleju od temperatury

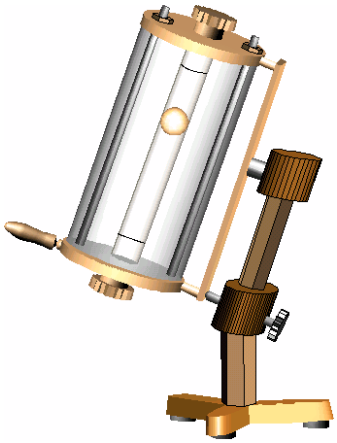
Zagadnienia.

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**.**



Rys.1. Wiskozymetr Hoplera

Przebieg pomiarów:

1. Włącz ultratermostat na cykl pracy cyrkulacyjnej. Ustaw na wyświetlaczu temperaturę początkową $\mathbf{t_1}$ – 20°C (**postępuj zgodnie z instrukcją obsługi ultratermostatu**). Po osiągnięciu zadanej temperatury, przed dokonywaniem pomiarów, odczekaj 1-2 minuty na jej ustabilizowanie się.
2. Obróć wiskozymetr o 180° i zmierz w temperaturze $\mathbf{t_1}$ 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 zwrócić 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 3-4°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. 3-4°C do temperatury **nie większej niż 40°C**.
6. Po zakończeniu pomiarów przełącz ultratermostat w tryb chodzenia do temp. 20°C.

Opracowanie wyników

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

$$\eta = k\,\tau_{śr}\,(\rho_k - \rho) \qquad (1)$$

Do obliczeń wykorzystaj dane: stała kulki k = 5.42×10^{-5} Nm/kg;
gęstość materiału kulki ρ_k = 2409 kg/m^3 ; gęstość cieczy ρ = 800 kg/m^3

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

temperatura ^oC	τ_1	τ_2	τ_3	τ_4	τ_5	$\tau_{śr}$	η

3. 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.
4. Na podstawie danych z Tabeli 2 przedstaw graficznie zależność **ln η(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 = _____, **Δa** = _____

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 η(1/T).

η	**ln η**	t [^{o}C]	T [K]	1/T [1/K]

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

   E = _____ [ ]

<u>Obliczanie błędu pomiarowego i zestawienie wyników</u>

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

   $\Delta\tau_{śr}$ =

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

   $\Delta\eta$ =

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

   η =

4. Zapisz wnioski wynikające z przeprowadzonych pomiarów.