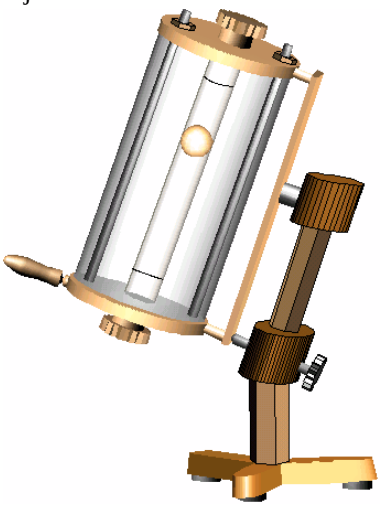
Numer pary	Imię i nazwisko	Wydział Rok grupa
data	Nazwisko prowadzącego	Uwagi | Zaliczenie

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. Odczytaj temperaturę cieczy termostatującej t_1 na termometrze w termostacie.
2. Zmierz czas opadania kulki τ_1 między oznaczonymi na cylindrze wiskozymetru poziomami w temperaturze t_1. Wynik wpisz do Tabeli 1.
3. Następnie obrócić przyrząd o 180° i zmierz kolejny czas τ_2 opadania kulki. Przy obracaniu wiskozymetru zwrócić uwagę na to, aby zachować stały kierunek opadania kulki względem podłoża. Pomiar powtórz jeszcze trzy razy, a otrzymane wyniki uśrednij.
4. Włącz ultratermostat. Nastaw na termometrze kontaktowym temperaturę o 5°C wyższą niż temperatura otoczenia. Po osiągnięciu przez układ zadanej temperatury (lampka kontrolna wyłącza się) przeprowadź pięciokrotnie pomiar czasu opadania kulki i oblicz wartość średnią $\tau_{śr}$. Wyniki wpisz do Tabeli 1.
5. W podobny sposób przeprowadzić pomiary czasu opadania kulki jeszcze dla trzech innych temperatur, każdorazowo podwyższając temperaturę o ok. 5°C do temperatury nie większej niż 50°C.

Opracowanie wyników

1. Dla zmierzonych temperatur, ze wzoru (1) obliczyć współczynnik lepkości cieczy η

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

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

2. 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.
3. 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 [°C]	T [K]	1/T [1/K]

4. 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.