



Wyznaczanie liczby Reynoldsa

M7

Przyrządy:

Rurka kapilarna z butlą Mariotte'a, zacisk rurki wypływowej (regulator prędkości wypływu, tzw. zacisk Hoffmana), stoper, naczynie do odmierzania wody, zlewka, bibuła.

Informacje:

Zgodnie z prawem Poiseuille'a podczas przepływu laminarnego cieczy przez rurkę spełniona jest zależność

$$\frac{V}{t} = \frac{\pi r^4 (p_1 - p_2)}{8 \eta l} \quad (1)$$

gdzie:

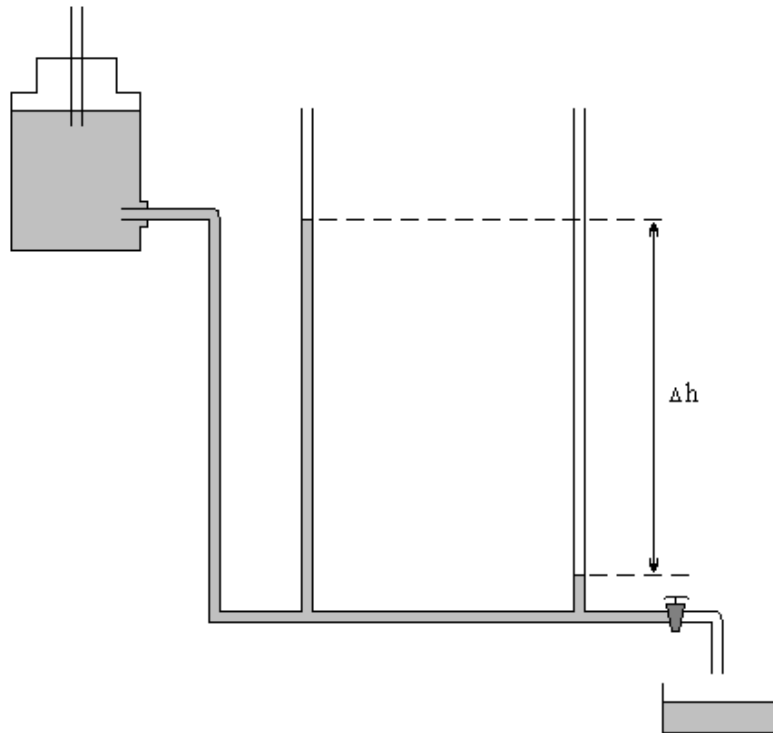
$\frac{V}{t}$ – objętość cieczy przepływającej w jednostce czasu,

r – promień wewnętrzny rurki,

l – długość rurki ($l = 1m$),

$p_1 - p_2$ – różnica ciśnień na końcach rurki (Δh),

η – współczynnik lepkości cieczy.



Rysunek 1

W układzie doświadczalnym przedstawionym na rysunku miarą różnicy ciśnień jest różnica poziomów cieczy w rurkach

$$p_1 - p_2 = \rho g \Delta h \quad (2)$$

gdzie ρ jest gęstością cieczy. Zależność $\frac{V}{t} = f(\Delta h)$ jest zależnością liniową o współczynniku nachylenia a równym

$$a = \frac{\pi \rho g r^4}{8 \eta l} \quad (3)$$

Znając współczynnik nachylenia a można obliczyć promień wewnętrzny rurki

$$r = \sqrt[4]{\frac{8 a \eta l}{\pi \rho g}} \quad (4)$$

a stąd liczba Reynoldsa

$$Re = \frac{\rho V}{\pi \eta r t} \quad (5)$$

Kolejność wykonywanych czynności:

UWAGA: Należy pamiętać o obserwacji zlewki z wodą która jest umieszczona po lewej stronie stanowiska na dodatkowym, małym stoliku, tak aby nie dopuścić do wylewania się z niej nadmiaru wody.

1. Odpowietrzyć zestaw pomiarowy. W tym celu nalewamy do butli ok. 500 ml wody. Odkręcamy zawór butli, tak aby woda napełniła rurki (będzie tam także widać mniejszą, lub większą ilość pęcherzyków powietrza). Zakręcamy zawór butli i czekamy, aż woda w rurkach, a wraz z nią powietrze spłynie na sam dół rurek. Następnie znów odkręcamy zawór i obserwujemy, czy w rurkach oprócz wody znów pojawi się powietrze. Jeśli tak będzie, powtarzamy czynność zamykania i otwierania zaworu butli, aż do zniknięcia pęcherzyków powietrza. W dalszej części ćwiczenia należy pilnować aby układ rurek znów się nie napełnił powietrzem. W tym celu, nie wylewać wody do końca, ale tylko do dolnej kreski na ściance butli.
2. Jeśli będzie taka potrzeba wyregulować zaciskiem Hoffmana prędkość wypływu wody. W tym celu włączyć znowu porcję wody i otworzyć zawór butli. Zacisk jest umieszczony na rurce wypływowej, tuż przed zlewką do której zlewamy wodę z układu pomiarowego. Dokręcając lub odkręcając jego śrubę dociskową zmieniamy prędkość wypływu wody. Prędkość ta powinna być taka, aby w rurce drugiej (bliższej wypływowi) można było zaobserwować niewielki słupek wody (tak aby dało się odczytać wysokość tego słupa), ale jednocześnie aby był on mały. Dzięki temu zapewniamy w miarę szybki wypływ wody.
3. Napełnić wodą butlę Mariotte'a (**od dolnej kreski do kreski górnej – 500 ml wody**) . Ustawić butlę na statywie w najwyższym położeniu.
4. Otworzyć kran i włączyć równocześnie stoper.
5. Zanotować różnicę poziomów cieczy Δh w czasie wypływu (Uwaga – rurki z których odczytujemy wysokość słupa wody posiadają dwie linijki – „calową” i metryczną. Używamy linijki metrycznej).
6. Po wypłynięciu $5 \cdot 10^{-4} m^3$ wody (dolna kreska) zamknąć kran, zatrzymać stoper i zanotować czas t .
7. Powtórzyć pomiar jeszcze dwa razy dla tego samego położenia butli.

8. Wyniki pomiarów przedstawić w tabeli:

Tabela 1

Δh	t_1 [s]	t_2 [s]	t_3 [s]	t_{sr} [s]	V/t_{sr} [m ³ /s]	l [m]

9. Przeprowadzić pomiary jak w punktach 3 - 7 jeszcze dla 4 różnych położzeń butli z wodą.

10. Sporządzić wykres zależności $\frac{V}{t_{\text{sr}}} = f(\Delta h)$ i zastosować metodę regresji liniowej.

11. Obliczyć promień wewnętrzny rurki r korzystając z zależności (4) oraz jego niepewność maksymalną.

12. Dla największej wartości Δh obliczyć liczbę Reynoldsa przy pomocy wzoru (5) i sprawdzić, czy dla największej szybkości wypływu przepływ jest laminarny czy turbulentny.

Wymagania:

- przepływ laminarny i turbulentny, liczba Reynoldsa [1, 5]
- wyprowadzenie równania Poiseuille'a [1]
- równanie Bernoullie'go [2, 5]