

Ćw. M4

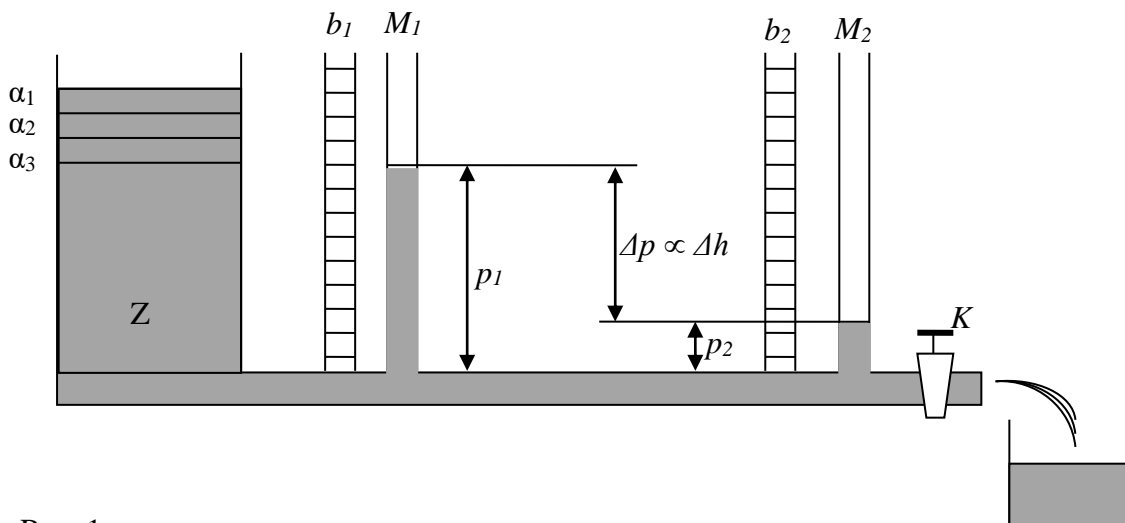
Przepływ laminarny i turbulentny Wyznaczenie granicznej wartości liczby Reynoldsa

Zagadnienia:

- Oddziaływania międzycząsteczkowe. Siły Van der Waalsa.
- Zjawisko lepkości. Równanie Newtona dla płynięcia cieczy.
- Współczynniki lepkości; bezwzględny (dynamiczny), względny, kinematyczny
- Równanie Poiseuille’a. Ciecze newtonowskie i nienewtonowskie.
- Lepkość krwi.
- Przepływy laminarne i turbulentne.
- Prawo ciągłości strugi.
- Prawo Bernoulliego; interpretacja ciśnieniowa, energetyczna i wysokościowa.
- Liczba Reynoldsa.

Opis ćwiczenia:

Urządzenie, za pomocą którego można wyznaczyć liczbę Reynoldsa (rys. 1), składa się z zbiornika (Z) napełnionego wodą, rurek piezometrycznych (M_1) i (M_2) zaopatrzonych w podziałki (b_1) i (b_2) oraz zaworu kurkowego (K).



Rys. 1.

Różnicę ciśnień ($p_1 - p_2$) powstającą podczas przepływu na końcach przewodu oblicza się z różnicy wysokości Δh słupków cieczy w rurkach M_1 i M_2 .

$$\Delta p = p_1 - p_2 = \rho g \Delta h$$

Podstawiając powyższy związek do równania, wyrażającego prędkość przepływu przez przewód o przekroju kołowym S (patrz prawo ciągłości strugi: $v = I/S$; I – natężenie przepływu, S – przekrój poprzeczny przewodu):

$$v = \frac{I}{S} = \frac{\pi(p_1 - p_2)}{8\eta l \pi r^2} = \frac{(p_1 - p_2)r^3}{8\eta l}$$

gdzie: p_1 i p_2 - ciśnienie statyczne na końcach przewodu,

r – promień przewodu,

l – długość przewodu,

η – współczynnik lepkości dynamicznej cieczy,

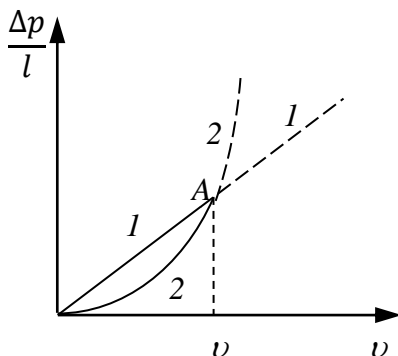
ω – objętość przepływającej cieczy,

t – czas wypływu

otrzymujemy:

$$v = \frac{\omega}{St} = \frac{\rho g r^2}{8\eta l} \Delta h$$

Różnica wysokości słupków cieczy Δh , będąca miarą spadku ciśnienia statycznego Δp jest uzależniona od prędkości przepływu cieczy. Podczas przepływu laminarnego ta zależność jest wprost proporcjonalna i wykresem będzie linia prosta (rys. 2). Przy pewnej prędkości przepływu (v_g) wykres będzie odbiegał od linii prostej, co świadczy o tym, że przepływ stał się turbulentny. (**UWAGA:** prędkość wypływu cieczy z przewodu jest uzależniona, zgodnie z prawem Torricellego ($v = \sqrt{2gh}$), od wysokości słupa cieczy w zbiorniku Z. Przepływ turbulentny zachodzi więc przy wysokim słupie cieczy w zbiorniku).



Rys. 2.

Prędkość obliczona ze wzoru:

$$v = \frac{\omega}{St}$$

pozwała określić liczbę Reynoldsa dla dowolnego przepływu. Dla prędkości granicznej (v_g) obliczamy graniczną wartość liczby Reynoldsa ze wzoru:

$$Re_g = \frac{\rho v_g r}{\eta}$$

Instrukcja

1. Doprowadzić poziom wody w zbiorniku Z do jednej z kresek zaznaczonych na przedniej ścianie zbiornika. Między poszczególnymi kreskami mieści się objętość 1 dm³ wody. Aby dobrze wykonać ćwiczenie powinno być co najmniej 15 dm³ wody.
2. Odkręcić kurek K, jednocześnie włączając stoper. Chodzi o to aby zmierzyć czas przepływu 1 dm³ wody (od kreski do kreski na zbiorniku Z). UWAGA!!! Podczas przepływu wody (gdy kurek jest otwarty) odczytać różnicę poziomu wody ($h_1 - h_2$) w rurkach piezometrycznych (M_1 i M_2).
3. Wyniki zestawić w tabelce.

Lp.	h_1	h_2	t	$\Delta h = h_1 - h_2$	$v = \frac{\omega}{St}$

4. Z powyższych pomiarów obliczyć prędkość przepływu, przyjmując $\omega - 1 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$, $r = 5 \times 10^{-3} \text{ m}$.
5. Sporządzić wykres zależności $\Delta h = f(v)$. Na otrzymanym wykresie zaznaczyć wartość prędkości, przy której krzywa zmienia swój charakter (kończy się część prostoliniowa) czyli kończy się przepływ laminarny. Dla tej wartości prędkości obliczyć graniczną wartość liczby Reynoldsa.

Przyjąć wartości: $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$; $\eta = 10^{-3} \text{ kg/m}\times\text{s}$