

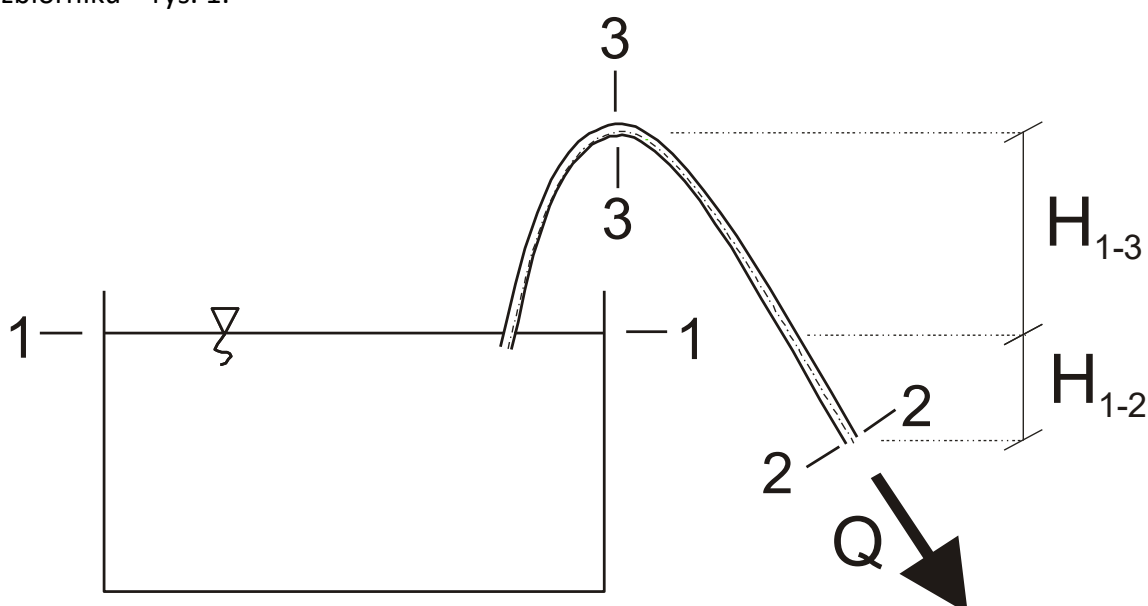
Ćwiczenie nr 4:

Przepływ ciecży w lewarze o małym przekroju poprzecznym

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie przepływu ciecży w lewarach o małych przekrojach poprzecznych.

1. Wprowadzenie

Lewar – przewód, przez który ciecz wypływa ze zbiornika do punktu położonego poniżej zwierciadła wody w zbiorniku, przy czym w lewarze ciecz podnosi się powyżej zwierciadła w zbiorniku – rys. 1.



Rys. 1. Lewar

Ruch ciecży w lewarze wystąpi, gdy przewód zostanie całkowicie wypełniony cieczą. Dla małych średnic przewodów można w uproszczeniu przyjąć, że ciśnienie w każdym punkcie przekroju poprzecznego jest jednakowe. Na podstawie równania *Bernoulliego*:

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha v_1^2}{2g} + H_1 = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha v_2^2}{2g} + H_2 + \Delta h_{1-2} \quad (1)$$

gdzie:

**p** – ciśnienie; [Pa],

**$\gamma$**  – ciężar właściwy ciecży; [N/m<sup>3</sup>],

**$\alpha$**  – współczynnik *Saint – Venanta*, dla przewodów o przekroju kołowym i ruchu burzliwego wg PN-76/M-34034  $\alpha = 1$ ; [-],

**v** – średnia prędkość przepływu; [m/s],

**g** - przyspieszenie ziemskie; 9,81 [m/s<sup>2</sup>],

**H** – wzniesienie ponad poziom porównawczy; [m],

**$\Delta h$**  - wysokość straty ciśnienia piezometrycznego; [m H<sub>2</sub>O].

Dla przekrojów porównawczych 1 i 2 rys. 1, można zapisać:

$$H_{1-2} = \frac{v_2^2}{2g} + \Delta h_{1-2} = \frac{v_2^2}{2g} \left( 1 + \sum_i \xi_i + \lambda \frac{l}{d} \right) \quad (2)$$

gdzie:

$\lambda$  - współczynnik strat liniowych (liniowych oporów tarcia); [-],

$l$  - długość przewodu; [m],

$d$  - średnica wewnętrzna przewodu; [m].

$$v = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum_i \xi_i + \lambda \frac{l}{d}}} \sqrt{2gH_{1-2}} \quad (3)$$

Zatem wydatek lewara  $Q$  o przekroju kołowym i średnicy przewodu  $d$ :

$$Q = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum_i \xi_i + \lambda \frac{l}{d}}} \sqrt{2gH_{1-2}} \frac{\pi d^2}{4} \quad (4)$$

gdzie:

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum_i \xi_i + \lambda \frac{l}{d}}} \quad (5)$$

jest współczynnikiem wydatku lewara.

Warunkiem pracy lewara jest uzyskanie ciągłości strugi przepływającej cieczy. Może ona być przerwana w przypadku, gdy wartość ciśnienia w lewarze spadnie poniżej ciśnienia parowania cieczy w najwyższym punkcie lewara – wówczas nastąpi wypełnienie przewodu gazem i przerwanie strugi. Na podstawie (1) dla przekrojów 1 i 3 otrzymamy:

$$\frac{p_a}{\gamma} = \frac{p_3}{\gamma} + \frac{v_3^2}{2g} + H_{1-3} + \Delta h_{1-3} \quad (6)$$

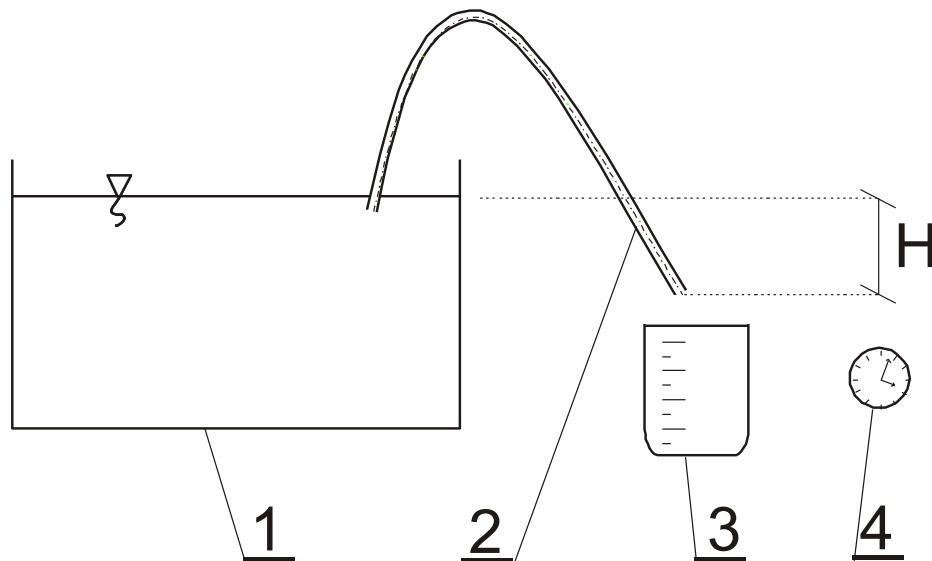
Po przekształceniu:

$$p_3 = p_a - \left( \frac{v_3^2}{2g} + H_{1-3} + \Delta h_{1-3} \right) \gamma \quad (7)$$

Lewar będzie pracował, jeśli ciśnienie  $p_3$  będzie większe od ciśnienia parowania cieczy w danej temperaturze. Równanie (7) może również posłużyć do określenia maksymalnej wysokości wzniesienia lewara ponad zwierciadłem cieczy w zbiorniku  $H_{1-3}$ . Jest to wysokość teoretyczna, w praktyce dla wody jest ona mniejsza, ponieważ w obniżonym ciśnieniu następuje desorpcja gazów rozpuszczonych, zapowietrzenie przewodu i przerwanie strugi.

## 2. Opis stanowiska badawczego

Schemat stanowiska badawczego przedstawiono na Rys. 2.



Rys. 2. Schemat stanowiska badawczego

Oznaczenia: 1 – zbiornik, 2 – lewar, 3 – naczynie do pomiaru objętości, 4 – stoper.

W skład stanowiska pomiarowego wchodzi:

- zbiornik główny z podziałką zaopatrzony w przewód doprowadzający wodę do zbiornika, krawędź przelewową,
- zawór regulacyjny na przewodzie doprowadzającym wodę do zbiornika,
- trzy zestawy lewarów o różnych średnicach i różnych długościach,
- urządzeń pomocniczych: cylindra miarowego, stopera, termometru.

## 3. Przebieg ćwiczenia

Doświadczenie przeprowadzić dla 6-ciu przewodów o długościach  $l_1$  i  $l_2$  oraz średnicach  $d_1$ ,  $d_2$  i  $d_3$ . Należy zmierzyć długości i średnice wewnętrzne przewodów, napełnić przewód wodą, a następnie zainicjować pracę lewara utrzymując stałą różnicę wysokości zwierciadła wody w zbiorniku i wylotu lewara  $H$ . Zachowując stały poziom zwierciadła wody w zbiorniku przeprowadzić 3 pomiary wydatku dla każdego z przewodów metodą objętościową – przy pomocy naczynia i stopera.

1) Otworzyć zawór doprowadzający wodę do zbiornika głównego do momentu, gdy woda będzie przelewać się przez krawędź przelewową w zbiorniku. Przelew powinien pracować w ciągu całego czasu wykonywania ćwiczenia. W tym celu należy kontrolować krawędź przelewową i w razie potrzeby zmniejszyć lub zwiększyć przepływ, w przeciwnym razie przepływ nie będzie ustalony.

2) Jeden koniec lewara zanurzyć w zbiorniku z wodą, zaś drugi wyprowadzić poza zbiornik, tak aby wylot znajdował się poniżej zwierciadła wody w zbiorniku oraz gdy przewód zostanie całkowicie wypełniony cieczą.

3) Wylot lewara umiejscowić na podziałce na wysokościach ( $H$ ) ustalonych przez prowadzącego.

- 4) Dokonać pomiaru natężenia przepływu metodą objętościową (dokonać pomiaru czasu ( $t$ ) przepływu określonej ilości wody ( $V_{obj}$ ) pobranej do cylindra miarowego).
- 5) Czynności powtórzyć dla pozostałych lewarów.
- 6) Po dokonaniu wszystkich pomiarów zamknąć zawór doprowadzający wodę do zbiornika, otworzyć zawór przy zbiorniku opróżnić zbiornik z wody.
- 7) Wszystkie wartości zmierzone wprowadzić do tabeli wyników (Załącznik 1).

#### **4. Sprawozdanie**

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów, należy wykonać sprawozdanie wg. wzoru poniżej:

- Przebieg ćwiczenia (krótki, wypunktowany)
- Opis badanych wielkości (zastosowane wzory + objaśnienia)
- Przykład obliczeń (dla każdej z badanych wielkości)
- Wyniki (uzupełniona tabela wyników)
- Wnioski

Załącznik 1. Tabela wyników

| Lewar                                |                  | H | V <sub>obj</sub> | t | Q                 | μ | v   |
|--------------------------------------|------------------|---|------------------|---|-------------------|---|-----|
|                                      |                  | m | m <sup>3</sup>   | s | m <sup>3</sup> /s | - | m/s |
| d <sub>1</sub> =<br>F <sub>1</sub> = | L <sub>1</sub> = |   |                  |   |                   |   |     |
|                                      |                  |   |                  |   |                   |   |     |
|                                      | L <sub>2</sub> = |   |                  |   |                   |   |     |
|                                      |                  |   |                  |   |                   |   |     |

$$Q = \frac{V_{obj}}{t} [\text{m}^3] ; \mu = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}} = \frac{Q}{F \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}} [-] ; v = \frac{Q}{F} [\text{m/s}]$$

| Lewar                                |                  | H | V <sub>obj</sub> | t | Q                 | μ | v   |
|--------------------------------------|------------------|---|------------------|---|-------------------|---|-----|
|                                      |                  | m | m <sup>3</sup>   | s | m <sup>3</sup> /s | - | m/s |
| d <sub>2</sub> =<br>F <sub>2</sub> = | L <sub>1</sub> = |   |                  |   |                   |   |     |
|                                      |                  |   |                  |   |                   |   |     |
|                                      | L <sub>2</sub> = |   |                  |   |                   |   |     |
|                                      |                  |   |                  |   |                   |   |     |
| d <sub>3</sub> =<br>F <sub>3</sub> = | L <sub>1</sub> = |   |                  |   |                   |   |     |
|                                      |                  |   |                  |   |                   |   |     |
|                                      | L <sub>2</sub> = |   |                  |   |                   |   |     |
|                                      |                  |   |                  |   |                   |   |     |