

Ćwiczenie M1

Wyznaczanie gęstości cieczy

M1.1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie gęstości wybranej cieczy przy użyciu wagi Mohra oraz piknometru.

M1.2. Zagadnienia związane z tematyką ćwiczenia

- Definicja gęstości ciał,
- zależność gęstości ciał od temperatury,
- prawo Archimedesesa,
- definicja momentu siły,
- zasada działania dźwigni dwuramiennej.

M1.3. Literatura

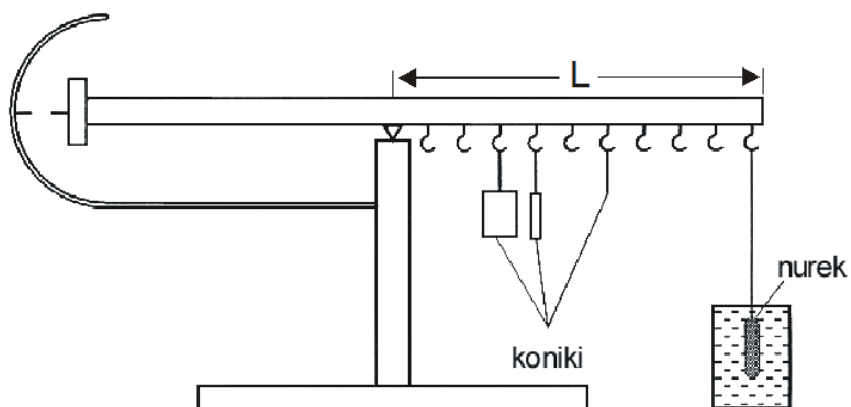
- [1] Szczeniowski S.: *Fizyka doświadczalna, cz. 1*, PWN, Warszawa.
- [2] Bobrowski Cz.: *Fizyka – krótki kurs*, WNT, Warszawa.
- [3] *Metody wykonywania pomiarów i szacowania niepewności pomiarowych*,
<http://ftims.pg.edu.pl/documents/10673/20436990/wstep.pdf>

M1.4. Przebieg ćwiczenia i zadania do wykonania

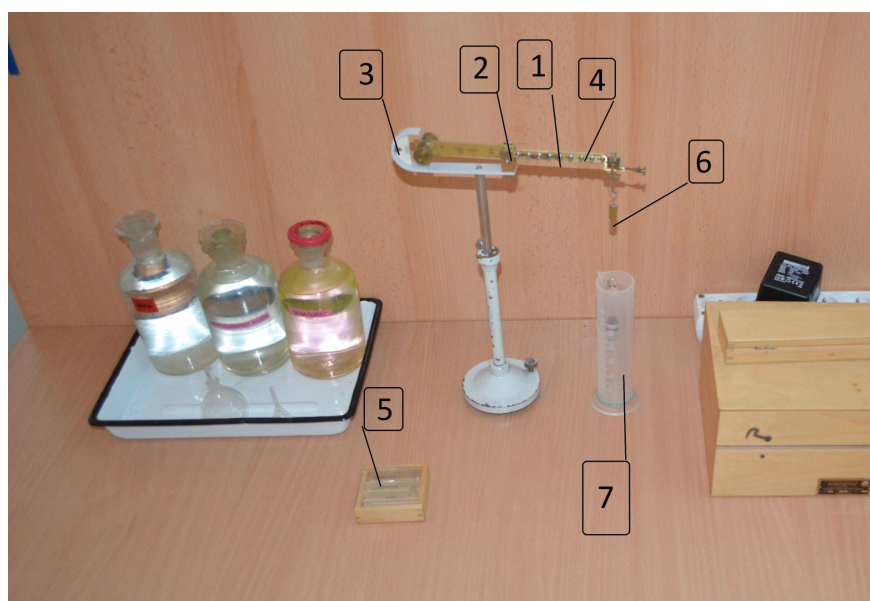
Układ doświadczalny - waga Mohra

Rysunek M1.1 przedstawia schemat, zaś rysunek M1.2 zdjęcie układu pomiarowego wykorzystującego wagę Mohra z zaznaczonymi podstawowymi jego elementami: **1** – przechylna dźwignia, **2** – punkt podparcia dźwigni, **3** – wskaźnik

równowagi, 4 – haczyki do zawieszania koników, 5 – koniki, 6 – nurek, 7 – naczynie z badaną cieczą.



Rysunek M1.1. Schemat układu pomiarowego – waga Mohra



Rysunek M1.2. Zdjęcie układu pomiarowego – waga Mohra

Przebieg doświadczenia - waga Mohra

Waga Mohra jest w istocie dźwignią dwuramienną. Na jednym końcu dźwigni zawieszony jest szklany nurek, na drugim ciężarek równoważący ciężar nurka w powietrzu. Ramię dźwigni nurka podzielono na 10 równych części zaopatrzonych w haczyki, a więc kolejny numer haczyka jest jednocześnie miarą jego odległości od punktu podparcia dźwigni, wyrażonych w dziesiątych częściach długości L jej ramienia (rysunek M1.1). Na haczykach mogą być zawieszone ciężarki zwane konikami, których stosunek mas wynosi 1:10:100.

Po zanurzeniu nurka w cieczy wzorcowej o znanej gęstości ρ_w (np. w wodzie destylowanej) zacznie na niego działać siła wyporu równa, zgodnie z prawem Archimedesesa, ciężarowi cieczy wypartej przez nurka:

$$F_w = \rho_w V g, \quad (\text{M1.1})$$

gdzie V – objętość nurka, g – przyspieszenie grawitacyjne i wówczas równowaga wagi zostanie zachwiana. Dla przywrócenia równowagi (po zanurzeniu nurka w cieczy „wzorcowej”) zawieszamy na odpowiednich haczykach wagi o numerach p_w , q_w i r_w odpowiednie koniki o masach m , $m/10$, $m/100$. Po przywróceniu równowagi, moment siły wyporu działającej na nurka zawieszono na dziesiątym haczyku, a więc w odległości L od punktu podparcia dźwigni, zostanie zrównoważony sumą momentów sił ciężkości działających na poszczególne koniki, zawieszono w odległościach $p_w \frac{L}{10}$, $q_w \frac{L}{10}$, $r_w \frac{L}{10}$ od punktu podparcia dźwigni:

$$\rho_w V g L = m g \left(\frac{p_w}{10} + \frac{1}{10} \frac{q_w}{10} + \frac{1}{100} \frac{r_w}{10} \right) L. \quad (\text{M1.2})$$

Po zanurzeniu nurka w cieczy o nieznannej gęstości ρ równowagę uzyska się przez zawieszenie koników na haczykach oznaczonych numerami p , q , r . Warunek równowagi będzie miał postać:

$$\rho V g L = m g \left(\frac{p}{10} + \frac{1}{10} \frac{q}{10} + \frac{1}{100} \frac{r}{10} \right) L. \quad (\text{M1.3})$$

Dzieląc stronami równanie (M1.3) przez (M1.2) otrzymamy wzór na gęstość badanej cieczy:

$$\rho = \rho_w \frac{p + \frac{q}{10} + \frac{r}{100}}{p_w + \frac{q_w}{10} + \frac{r_w}{100}}. \quad (\text{M1.4})$$

Układ doświadczalny - piknometr

Piknometr jest naczyniem służącym do wyznaczania gęstości cieczy przez porównanie mas jednakowej objętości cieczy badanej i cieczy wzorcowej.

Przebieg doświadczenia - piknometr

Wyznaczanie gęstości cieczy odbywa się w następujący sposób:

1. wyznaczamy masę piknometru pustego, m_1 ;
2. wyznaczamy masę piknometru napełnionego wodą destylowaną, m_2 ;
3. wyznaczamy masę piknometru napełnionego badaną cieczą, m_3 ;
4. wiedząc, że masę wody destylowanej w piknometrze o objętości V możemy wyliczyć jako:

$$m_w = m_2 - m_1 = \rho_w V, \quad (\text{M1.5})$$

zaś masę badanej cieczy wypełniającej ten sam piknometr jako:

$$m_c = m_3 - m_1 = \rho V, \quad (\text{M1.6})$$

dzieląc stronami równanie (M1.6) przez (M1.5) otrzymujemy wyrażenie na gęstość badanej cieczy:

$$\rho = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \rho_w. \quad (\text{M1.7})$$

Zadania do wykonania

- M1.1. Wyznaczyć gęstości wybranych cieczy za pomocą wagi Mohra. **Uwaga: Przy każdej zmianie badanej cieczy umyć i wysuszyć zlewkę.**
- M1.2. Wyznaczyć gęstości wybranych cieczy za pomocą piknometru. **Uwaga: Przy każdej zmianie badanej cieczy umyć i wysuszyć piknometr.**

M1.5. Rachunek niepewności

Niepewność zrównoważenia wagi Mohra przez dowieszenie odpowiednich koników określamy jako niepewność związaną z ustaleniem położenia najbliższego konika ($m/100$) czyli $\Delta r = \Delta r_w = 1/2$.

Niepewność pomiaru masy piknometru określamy w trakcie wykonywania pomiarów na podstawie dokładności użytej wagi.

Niepewność wyznaczenia gęstości badanej cieczy liczymy jako niepewność wielkości złożonej.