

Ćwiczenie M6

WYZNACZANIE GĘSTOŚCI CIAŁ STAŁYCH I CIECZY PRZY POMOCY PIKNOMETRU

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest poznanie podstawowych pojęć związanych z gęstością bezwzględną i względną oraz wyznaczenie eksperymentalnie gęstości ciał stałych i cieczy.

2. Zagadnienia do przygotowania

Zagadnienia do opracowania i nauczania się (**przed przystąpieniem** do wykonywania ćwiczenia):

- gęstość względna i bezwzględna,
- prawo Archimedesesa – treść, zastosowanie,
- inne sposoby wyznaczania gęstości i objętości ciał stałych i cieczy,
- budowa piknometru.

3. Przyrządy pomiarowe, opis i schemat aparatury, przyjęte oznaczenia



Rysunek 1: Píknometr

Przyrządy pomiarowe:

- piknometr z rurką kapilarną (Rys. 1),
- termometr,
- alkohol do przemywania piknometru,
- badane ciało stałe,
- badana ciecz,
- bibuła.

Użyte oznaczenia:

m_p – masa piknometr w stanie suchym z korkiem,

m_{pw} – masa piknometr z wodą destylowaną z korkiem,

m_{cs} – masa badanego ciała stałego,

m_{pcs} – masa piknometr z ciałem stałym, wodą i z korkiem,

m_{pbc} – masa piknometr z badaną cieczą z korkiem,

t_w – temperatura wody w piknometrze,

d_w – gęstość wody w temperaturze t_w ,

d_{bc} – gęstość badanej cieczy w temperaturze t_w ,

d_{cs} – gęstość ciała stałego w temperaturze t_w .

4. Przebieg ćwiczenia (pomiarów)

- Przemyć piknometr wodą destylowaną, przepłukać alkoholem i dokładnie wysuszyć.
- Wyznaczyć masę piknometr z korkiem m_p za pomocą wagi analitycznej.
- Napełnić piknometr wodą destylowaną i zamknąć korkiem. Wodę, wydostającą się przez rurkę kapilarną w korku, zebrać bibułą, a boczne części piknometr dokładnie osuszyć.
- Wyznaczyć masę piknometr z wodą destylowaną oraz z korkiem m_{pw} .
- Zmierzyć temperaturę wody w piknometrze t_w .
- Wyznaczyć masę badanego ciała stałego m_{cs} .
- Wrzucić badane ciało stałe do piknometr wypełnionego wodą destylowaną. Zamknąć korkiem piknometr i zebrać nadmiar wypływającej wody bibułą.
- Wyznaczyć masę piknometr z korkiem, badanym ciałem stałym i wodą destylowaną m_{pcs} .
- Wylać wodę, osuszyć piknometr i napełnić go badaną cieczą.
- Zważyć piknometr z korkiem i badaną cieczą m_{pbc} , wyznaczając jego masę.
- Odczytać z tablic gęstość wody d_w w temperaturze t_w .
- Wyniki pomiarów i obliczeń umieścić w tabeli pomiarowej.

5. Tabele pomiarowe i opracowanie wyników

Zebrać wyniki pomiarów w postaci:

m_p 10^{-3} kg	m_{pw} 10^{-3} kg	m_{cs} 10^{-3} kg	m_{pcs} 10^{-3} kg	m_{pbc} 10^{-3} kg	t_w °C	d_w $10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	d_{bc} $10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	d_{cs} $10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Obliczyć:

- gęstość ciała stałego, d_{cs} :

$$d_{cs} = \frac{m_{cs}}{m_{pw} + m_{cs} - m_{pcs}} d_w, \quad (1)$$

- gęstość badanej cieczy, d_{bc} :

$$d_{bc} = \frac{m_{pbc} - m_p}{m_{pw} - m_p} d_w. \quad (2)$$

6. Ocena wyników pomiarów

Analiza niepewności pomiarowych

Podać przyjęte wartości błędów pomiarowych masy, Δm_i , najkorzystniej jako najmniejszą działkę skali wagi.

Błąd względny i bezwzględny gęstości badanego ciała stałego, Δd_{cs} , obliczyć metodą różniczki zupełnej:

$$\Delta d_{cs} = \left| \frac{\partial d_{cs}}{\partial m_{pw}} \right| |\Delta m_{pw}| + \left| \frac{\partial d_{cs}}{\partial m_{cs}} \right| |\Delta m_{cs}| + \left| \frac{\partial d_{cs}}{\partial m_{pcs}} \right| |\Delta m_{pcs}| \quad (3)$$

$$\begin{aligned} &= \frac{m_{cs}}{(m_{pw} + m_{cs} - m_{pcs})^2} d_w |\Delta m_{pw}| \\ &+ \frac{m_{pcs} - m_{pw}}{(m_{pw} + m_{cs} - m_{pcs})^2} d_w |\Delta m_{cs}| \\ &+ \frac{m_{cs}}{(m_{pw} + m_{cs} - m_{pcs})^2} d_w |\Delta m_{pcs}| \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} &= \frac{m_{cs}}{m_{pw} + m_{cs} - m_{pcs}} d_w \frac{|\Delta m_{pw}|}{m_{pw} + m_{cs} - m_{pcs}} \\ &+ \frac{m_{pcs} - m_{pw}}{m_{pw} + m_{cs} - m_{pcs}} d_w \frac{|\Delta m_{cs}|}{m_{pw} + m_{cs} - m_{pcs}} \\ &+ \frac{m_{cs}}{m_{pw} + m_{cs} - m_{pcs}} d_w \frac{|\Delta m_{pcs}|}{m_{pw} + m_{cs} - m_{pcs}}. \end{aligned} \quad (5)$$

Ostatecznie można zapisać, że wzór na Δd_{cs} wygląda następująco:

$$\Delta d_{cs} = d_w \left[\frac{|\Delta m_{pw}| + |\Delta m_{pcs}|}{m_{pw} + m_{cs} - m_{pcs}} + \frac{m_{pcs} - m_{pw}}{m_{cs}} \frac{|\Delta m_{cs}|}{m_{pw} + m_{cs} - m_{pcs}} \right]. \quad (6)$$

Błąd względny i bezwzględny gęstości badanej cieczy, Δd_{bc} , obliczyć metodą różniczki zupełnej:

$$\Delta d_{bc} = \left| \frac{\partial d_{bc}}{\partial m_p} \right| |\Delta m_p| + \left| \frac{\partial d_{bc}}{\partial m_{pw}} \right| |\Delta m_{pw}| + \left| \frac{\partial d_{bc}}{\partial m_{pbc}} \right| |\Delta m_{pbc}| \quad (7)$$

$$\begin{aligned} &= \frac{|m_{pw} - m_{pbc}|}{(m_{pw} - m_p)^2} d_w |\Delta m_p| \\ &+ \frac{m_{pbc} - m_p}{(m_{pw} - m_p)^2} d_w |\Delta m_{pw}| \\ &+ \frac{1}{m_{pw} - m_{pbc}} d_w |\Delta m_{pbc}| \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} &= \frac{m_{pbc} - m_p}{m_{pw} - m_p} d_w \frac{|m_{pw} - m_{pbc}|}{m_{pbc} - m_p} \frac{|\Delta m_p|}{m_{pw} - m_p} \\ &+ \frac{m_{pbc} - m_p}{m_{pw} - m_p} \frac{m_{pbc} - m_p}{m_{pw} - m_p} d_w \frac{|\Delta m_{pw}|}{m_{pw} - m_p} \\ &+ \frac{m_{pbc} - m_p}{m_{pw} - m_p} d_w \frac{|\Delta m_{pbc}|}{m_{pw} - m_p} \end{aligned} \quad (9)$$

$$= d_w \left[\frac{|m_{pw} - m_{pbc}|}{m_{pbc} - m_p} \frac{|\Delta m_p|}{m_{pw} - m_p} + \frac{|\Delta m_{pw}|}{m_{pw} - m_p} + \frac{|\Delta m_{pbc}|}{m_{pw} - m_p} \right]. \quad (10)$$

Zapis wyników z błędem wraz z jednostkami w układzie SI.
Porównanie otrzymanych wielkości fizycznych z tablicowymi.
Dyskusja popełnionych błędów systematycznych i przypadkowych.
Propozycje poprawy dokładności pomiarów.

7. Literatura

- *Pracownia fizyczna wspomagana komputerem*, Szydłowski H., dowolne wydanie.
- *Ćwiczenia laboratoryjne fizyka*, Wegner W., Akademia Bydgoska 2001.
- *Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki*, Dryński T., dowolne wydanie.
- *Podstawy metod opracowania pomiarów*, Bielski A., Ciuryło R., Wydawnictwo UMK, wyd. II, Toruń 2001.