



Podstawy Fizyki Mechanika

Praca zbiorowa

Ćwiczenie F 1A

## **WYZNACZANIE GĘSTOŚCI CIECZY I CIAŁ STAŁYCH**

opr. techn. Mirosław Maś

Uniwersytet Przyrodniczo - Humanistyczny  
Siedlce 2019

## 1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie gęstości cieczy i ciała rozdrobnionego stałego o trudnych do określenia gabarytach za pomocą ważenia. W ćwiczeniu studenci poznają głównie zasady wykonywania pomiarów za pomocą wagi analitycznej.

W skład zestawu pomiarowego wchodzi:

1. piknometr szklany,
2. waga analityczna,
3. metalowy śrut – którego gęstość wyznaczamy.

Przed rozpoczęciem ćwiczenia należy sprawdzić czy zestaw laboratoryjny jest kompletny.

Do ćwiczenia należy opanować następujące zagadnienia teoretyczne:

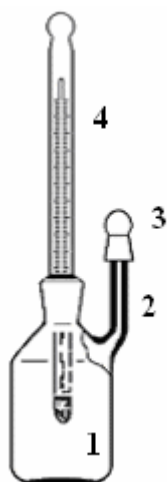
- ciężar;
- masa;
- gęstość;
- jednostki gęstości;
- wpływ temperatury na pomiary.

## 2. Wprowadzenie teoretyczne

Pomiar gęstości przy pomocy piknometru sprowadza się tylko do pomiaru masy przy pomocy wagi, co można wykonać z bardzo dużą dokładnością.

Piknometr jest to naczynie szklane z kapilarą (rurką włosowatą) zamykaną zatyczką (kapturkiem), przez którą po napełnieniu może wypływać nadmiar cieczy. Otwór wlewowy piknometru musi być zamykany zatyczką (korkiem) lub termometrem ze szlifem (przy każdym z pomiarów zachowana będzie jednakowa objętość).

Budowę piknometru przedstawia poniższy rysunek



1. piknometr
2. kapilara (rurka włosowata)
3. zatyczka (kapturek)
4. termometr lub zatyczka (korek)

W ćwiczeniu pomijamy wpływ temperatury na przebieg pomiarów, dlatego nie używamy termometru.

### **Uwaga:**

*Każdorazowo należy ważyć kompletny piknometr.*

### 3. Opis ćwiczenia

#### 1. Pomiar gęstości cieczy

Objętość badanej cieczy czy ciała stałego może być wyznaczona przy pomocy ważenia. Gęstość wyznaczamy ze wzoru (1).

$$d = \frac{m}{V}. \quad (1)$$

Napełniamy piknometr wodą destylowaną o gęstości  $d_w$  (wziętej z tablic), wyznaczamy masę wody  $m_w$  zawartej w piknometrze ze wzoru:

$$m_w = m_1 - m_p = Vd_w, \quad (2)$$

gdzie:  $m_w$  - masa wody,

$m_1$  - masa piknometrze napełnionego wodą,

$m_p$  - masa piknometrze pustego,

$V$  - objętość wody zawartej w piknometrze.

Ze wzoru (2) obliczamy objętość

$$V = \frac{m_1 - m_p}{d_w}. \quad (3)$$

Napełniając piknometr badaną cieczą mierzymy jego masę  $m_2$ , a masę badanej cieczy obliczamy ze wzoru

$$m_c = m_2 - m_p. \quad (4)$$

Poszukiwaną gęstość cieczy obliczamy zatem ze wzoru:

$$d_c = \frac{m_2 - m_p}{m_1 - m_p} d_w. \quad (5)$$

Uwzględniając siły wyporu działające na piknometr i odważniki wzór (5), przybierze postać:

$$d_c = \frac{m_2 - m_p}{m_1 - m_p} (d_w - d_p) + d_p, \quad (5a)$$

gdzie:  $d_p$  - jest gęstością powietrza.

Przy mniej dokładnych pomiarach poprawki na siłę wyporu zanedbujemy.

#### 2. Pomiar gęstości ciała stałego

W części drugiej ćwiczenia przy pomocy piknometrze wyznaczamy gęstość ciał stałych w postaci rozdrobnionej (o trudnych do określenia gabarytach) nierozpuszczalnych i cięższych od wody.

Wyznaczamy masę  $m_3$  i  $m_4$  piknometrze napełnionego wodą i danym ciałem stałym, przy czym

$$\begin{aligned} m_3 &= m_p + m'_w + m'_{c1} \\ m_4 &= m_p + m'_w + m'_{c2} \end{aligned} \quad (6)$$

gdzie:  $m'_w$  - masa wody w piknometrze po wypełnieniu go śrutem o masie  $m'_{c1}$  lub  $m'_{c2}$ .

Objętość badanego ciała stałego  $V'_c$  jest równa objętości wody wypchniętej przez to ciało wynika to z prawa Archimedesusa. Wzór na masę wypchniętej wody to:

$$\begin{aligned} m''_{w3} &= m_1 + m'_c - m_3 \\ m''_{w4} &= m_1 + m'_c - m_4 \end{aligned} \quad (7)$$

gdzie:

$m_1$  - masa piknomietru wypełnionego wodą.

$m_3$  lub  $m_4$  - masa piknomietru z wodą i ciałem stałym  $m'_{c1}$  lub  $m'_{c2}$

a  $m'_c$  - masą śrutu ( $m'_{c1}$  lub  $m'_{c2}$ )

Zatem

$$V'_c = \frac{m_1 + m'_c - m_3}{d_w}, \quad (8)$$

a gęstość badanego ciała to:

$$d'_c = \frac{m'_c}{m_1 + m'_c - m_3} d_w. \quad (9)$$

### 3. Przebieg pomiarów

1. Jeśli trzeba czyścimy piknometr denaturatem i suszymy suszarką.
2. Ważymy pusty (kompletny) piknometr -  $m_p$ .
3. Napełniamy piknometr cieczą i wyznaczamy masę -  $m_2$ .
4. Wylewamy badaną ciecz, napełniamy piknometr wodą – wyznaczamy masę -  $m_1$ .
5. Pomiary 2, 3 i 4 powtarzamy 3 – krotnie, wyniki zapisujemy w tabeli.

Lp.	$m_p$	$m_1$ (z wodą)	$m_2$ (z cieczą)
1			
2			
3			
średnia:			

6. Ważymy badane ciało stałe  $m'_{c1}$ .
7. Ważymy piknometr napełniony wodą i ciałem stałym – wyznaczamy -  $m_3$
8. Ważymy badane ciało stałe  $m'_{c2}$ .
9. Ważymy piknometr napełniony wodą i ciałem stałym -  $m_4$ .
10. Pomiary 6, 7 i 8, 9 powtarzamy 3 – krotnie, wyniki notujemy w tabeli

Lp.	$m'_{c1}$	$m_3$	$m'_{c2}$	$m_4$
1				
2				
3				
średnia:				

11. Obliczamy gęstość cieczy korzystając ze wzorów (5) lub (5a).
12. Obliczamy gęstość ciała stałego korzystając ze wzoru (9).
13. Przeprowadzamy rachunek błędów.
14. Porównujemy otrzymane wyniki z wynikami tablicowymi. Wyciągamy wnioski.

## Wzory do wyznaczenia błędu metodą różniczki zupełnej

Błąd maksymalny wyznaczenia gęstości badanej cieczy obliczamy ze wzoru:

$$\Delta d_c = \left| \frac{\partial d_c}{\partial m_p} \right| \Delta m + \left| \frac{\partial d_c}{\partial m_1} \right| \Delta m + \left| \frac{\partial d_c}{\partial m_2} \right| \Delta m,$$

gdzie  $\Delta m = 0,01 \text{ g}$  – dokładność ważenia na wadze analitycznej  
a pochodne cząstkowe:

$$\left| \frac{\partial d_c}{\partial m_p} \right| = \left| \frac{m_2 - m_1}{(m_1 - m_p)^2} d_w \right|$$

$$\left| \frac{\partial d_c}{\partial m_1} \right| = \left| \frac{m_p - m_2}{(m_1 - m_p)^2} d_w \right|$$

$$\left| \frac{\partial d_c}{\partial m_2} \right| = \left| \frac{d_w}{m_1 - m_p} \right|$$

Błąd maksymalny popełniany przy wyznaczaniu gęstości ciał stałych obliczamy ze wzoru:

$$\Delta d_c = \left| \frac{\partial d_c}{\partial m_c} \right| \Delta m + \left| \frac{\partial d_c}{\partial m_1} \right| \Delta m + \left| \frac{\partial d_c}{\partial m_3} \right| \Delta m,$$

a pochodne cząstkowe:

$$\left| \frac{\partial d_c}{\partial m_c} \right| = \left| \frac{m_1 - m_3}{(m_1 - m_3 + m_c)^2} d_w \right|$$

$$\left| \frac{\partial d_c}{\partial m_1} \right| = \left| - \frac{m_c}{(m_1 - m_3 + m_c)^2} d_w \right|$$

$$\left| \frac{\partial d_c}{\partial m_3} \right| = \left| \frac{m_c}{(m_1 - m_3 + m_c)^2} d_w \right|$$

## 6. Literatura

1. A. Daniluk - Instrukcja do ćwiczenia nr 1 UPH Siedlce 1999
2. D. Halliday, R. Resnick, J. Walker - Podstawy fizyki –T. 2
3. S. Przystański –Fizyka z elementami biofizyki i agrofizyki –Część 3 rozdz. 3
4. P.G. Hewitt –Fizyka wokół nas
5. Instrukcje ćwiczeń laboratoryjnych z fizyki :  
<http://www.up.poznan.pl/kfiz/images/attachments/protokoly/c8.pdf>  
<http://efizyka.net.pl/>  
<http://Sciaga.pl.htm>  
[http://www.fizykon.org/statyka\\_osr\\_ciagle/gestosc.htm](http://www.fizykon.org/statyka_osr_ciagle/gestosc.htm)