

## WYZNACZANIE GĘSTOŚCI CIAŁ

### 1. Cel ćwiczenia:

- nabycie umiejętności wyznaczania gęstości ciał za pomocą ważenia i mierzenia objętości,
- obsługa przyrządów pomiarowych,
- opracowanie wyników pomiarów.

**Gęstością ciała** nazywamy stosunek masy do objętości tego ciała (jest to tzw. gęstość bezwzględna).

$$\rho = m/V \qquad [\rho] = 1\text{kg/m}^3$$

Wyróżnia się także gęstość względną ciała, jako stosunek gęstości bezwzględnej danego ciała do gęstości bezwzględnej innego ciała, przyjętego za wzorcowe (najczęściej jest nim woda):

$$\rho_{1,2} = \rho_1/\rho_2$$

Ciała mogą być jednorodne, jeśli ich gęstość jest taka sama w całej objętości lub niejednorodne, gdy gęstość jest różna.

Ciężar właściwy ciała jest to iloczyn gęstości ciała ( $\rho$ ) i przyspieszenia ziemskiego ( $\vec{g}$ )

$$\vec{\gamma} = \rho \cdot \vec{g}$$

### 2. Opis wykonywanych pomiarów:

#### a) stanowisko:

- śruba mikrometryczna (dokładność  $\Delta d = 0,01\text{mm}$ ),
- waga elektroniczna (dokładność  $\Delta m = 0,00001\text{ g}$ ),
- 50 kulek,

#### b) przebieg ćwiczenia:

- zapoznano się z instrukcją na stanowisku ćwiczeniowym,
- ustalono, że do pomiaru mikrometrem należy uwzględnić poprawkę (błąd systematyczny) – 0,003mm,
- zmierzono średnicę 50 kulek,
- wybrano losowo jedną kulkę i dokonano 10 – krotnego pomiaru jej średnicy w różnych miejscach,
- zważono kulki razem z pojemnikiem, a potem sam pojemnik.

### 3. Wyniki pomiarów i obliczenia statystyczne wykonano przy użyciu arkusza kalkulacyjnego.

Skorzystano przy tym z następujących wzorów:

- średnia arytmetyczna pomiarów  $\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$
- odchylenie standardowe  $S_x = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$
- odchylenie standardowe średniej  $S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{1}{N}} S_x$
- odczytano z tablic rozkładu t -studenta przedział ufności dla poziomu ufności  $\alpha=0,7$   $t_{0,7}=0,398$  (dla 10 stopni swobody)

#### 4. Wyniki, obliczenia błędów i wnioski.

Gęstość substancji, z której wykonano kulki obliczamy ze wzoru:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{n \frac{4}{3} \pi \bar{r}^3} = \frac{3m}{4\pi n \bar{r}^3}$$

$\rho$  gęstość substancji,  
 $m$  masa 50 kulek w g,  
 $\bar{r}$  średni promień kulki w mm,  
 $n$  liczba kulek - 50

$$\rho = \frac{3 \cdot 12,69900}{4 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot (1,883)^3} = 0,009086 \frac{\text{g}}{\text{mm}^3} = 9,086 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Oszacowanie błędu metodą różniczki zupełnej:

$$\rho = \frac{3m}{4\pi \bar{r}^3}$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial m} = \frac{3}{4\pi \bar{r}^3};$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial \bar{r}} = \frac{-9m}{4\pi \bar{r}^4}$$

$$\begin{aligned} \Delta \rho &= \left| \left( \frac{\partial \rho}{\partial m} \right)_{\bar{r}} \right| \cdot |\Delta m| + \left| \left( \frac{\partial \rho}{\partial \bar{r}} \right)_{m} \right| \cdot |\Delta \bar{r}| = \frac{3}{4\pi \bar{r}^3} \cdot \Delta m + \frac{9m}{4\pi \bar{r}^4} \cdot \Delta \bar{r} = \\ &= \frac{3}{4 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot (1,883)^3} \cdot 0,00001 + \frac{9 \cdot 12,699}{4 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot (1,883)^4} \cdot 0,01 = \\ &= \mathbf{0,000144761 \text{ g/mm}^3 = 0,145 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3} \end{aligned}$$

Wnioski: obliczona gęstość substancji  $(9,0806 \pm 0,145) \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  lub  $(9,0806 - 0,145) \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  wskazuje, że substancją tą może być stop ołowiu. Analiza błędów pokazała, że dużą niedokładność uzyskano podczas wyznaczania średnicy kulek, co w znacznym stopniu wpłynęło na otrzymane wyniki.

Literatura: T. Dryński, „Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki”,  
H. Szydłowski, „Pracownia fizyczna”

Opracowała: Lidia Stejter