

GĘSTOŚĆ CIAŁ STAŁYCH

Wymagane wiadomości:

Prawo Archimedesesa,

Definicje gęstości ciała, ciężaru ciała, ciężaru właściwego, gęstości względnej, Budowa, rodzaje i zasada działania wag.

Przydatna lektura:

- T. Dryński.: „Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki”.
- Podręczniki fizyki.

Wyznaczanie gęstości ciał stałych przy pomocy wagi hydrostatycznej.

Gęstość ciał stałych można wyznaczyć korzystając z prawa Archimedesesa. Prawo to pozwala na wyznaczenie objętości ciała zanurzonego w cieczy.

Gęstość bezwzględna ciała ρ zdefiniowana jest jako:

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

gdzie: m - masa ciała

V - objętość ciała

Ciężar ciała w powietrzu wynosi: $P = \rho \cdot g \cdot V$ (2)

Siła wyporu w wodzie wynosi: $Q = \rho_w \cdot g \cdot V$ (3)

Warunek równowagi dla ważenia ciał w powietrzu ma postać:

$$m_s \cdot g = m_1 \cdot g \quad (4)$$

gdzie m_s – masa ciała, m_1 - masa równoważników równoważących ciało w powietrzu.

Warunek równowagi dla ważenia ciał w wodzie ma postać:

$$m_s \cdot g - V \cdot \rho_w \cdot g = m_2 \cdot g \quad (5)$$

gdzie m_2 - masa odważników równoważących ciało w wodzie.

W przypadku ciał o gęstości większej niż gęstość wody objętość ciała zanurzonego w wodzie jest równa objętości wypartej cieczy i wynosi:

$$V = \frac{m_1 - m_2}{\rho_w} \quad (6)$$

Na podstawie równania (1) i (6) można wyznaczyć gęstość badanego ciała:

$$\rho = \frac{m_1}{m_1 - m_2} \cdot \rho_w \quad (7)$$

Błąd $\delta\rho$ obliczamy z równania:

$$\delta\rho = \frac{m_1 \delta m_2 + m_2 \delta m_1}{(m_1 - m_2)^2} \rho_w, \quad (8)$$

δm_1 i δm_2 są odpowiednio błędami pomiaru masy m_1 i m_2 .

Jeżeli gęstość ciała jest mniejsza od gęstości wody i ciało w niej pływa, to wtedy do wyznaczenia gęstości tego ciała posługujemy się dodatkowo ciałem o gęstości większej niż gęstość wody. Do ciała cięższego przywiązujemy ciało lżejsze i przeprowadzamy pomiary w podobny sposób jak przy wyznaczaniu gęstości ciała cięższego od wody.

Jeżeli oznaczyć: m_3 - masa odważników równoważących oba ciała w powietrzu
 m_4 - masa odważników równoważących oba ciała w wodzie
to objętość obu ciał będzie dana równaniem:

$$V_1 = \frac{m_3 - m_4}{\rho_w} \quad (9)$$

a objętość V_2 ciała lżejszego od wody wynosi:

$$V_2 = V_1 - V = \frac{m_3 - m_4}{\rho_w} - \frac{m_1 - m_2}{\rho_w} = \frac{m_3 - m_4 - m_1 + m_2}{\rho_w} \quad (10)$$

Korzystając z równania (1) i (9) możemy wyznaczyć gęstość ciała lżejszego od wody:

$$\rho_1 = \frac{m_3 - m_1}{m_3 - m_4 - m_1 + m_2} \cdot \rho_w \quad (11)$$

Błąd $\delta\rho$ obliczamy z równania:

$$\delta\rho = \frac{(m_4 - m_2) \cdot (\delta m_1 + \delta m_3) + (m_3 - m_1) \cdot (\delta m_2 + \delta m_4)}{(m_3 - m_4 - m_1 + m_2)^2} \rho_w \quad (12)$$

Przeprowadzenie pomiarów:

Celem eksperymentu jest wyznaczenie gęstości dwóch ciał, jedno z nich ma gęstość większą, a drugie mniejszą od wody.

1. Wyznaczyć masę m_1 ciała gęstszego od wody w powietrzu. Pomiar przeprowadzić 10-krotnie.
2. Wyznaczyć masę m_2 ciała gęstszego od wody w wodzie. Pomiar przeprowadzić 10-krotnie.
3. Obliczyć średnie m_1 i m_2 z pomiarów.
4. Obliczyć gęstość ciała gęstszego od wody z wzoru (7) (gęstość wody odczytać z tablic).
5. Przeprowadzić rachunek błędów. Błędy popełnione przy wyznaczaniu gęstości obliczyć przy pomocy równania (8). Wartości δm obliczyć jako błędy standardowe średnich z pomiarów, lub jeśli mierzone wartości są identyczne jako δm przyjmując dokładność przyrządu.
6. Wyznaczyć masę m_3 obu ciał (jedno z ciał ma gęstość mniejszą od wody) w powietrzu. Pomiar przeprowadzić 5-krotnie.
7. Wyznaczyć masę m_4 obu ciał (jedno z ciał ma gęstość mniejszą od wody) w wodzie. Pomiar przeprowadzić 5-krotnie.
8. Obliczyć średnie m_3 i m_4 z pomiarów.
9. Obliczyć gęstość ciała lżejszego od wody z wzoru (11)
10. Przeprowadzić rachunek błędów. Błędy popełnione przy wyznaczaniu gęstości obliczyć przy pomocy równania (12). Wartości δm obliczyć jak w punkcie 5.

Przykładowe pytania :

- 1). Opisz budowę ciał stałych, cieczy i gazów.
- 2). Wyjaśnij pojęcia : ciężar, ciężar właściwy, gęstość ciała.
- 3). Podaj treść prawa Pascala i prawa Archimedesesa.

- 4). Jakie siły działają na ciało zanurzone w cieczy – określ kierunek i zwroty tych sił.
- 5). Opisz w kilku zdaniach metodę pomiarową użytą w omawianym doświadczeniu – zwróć szczególną uwagę na budowę i zasadę działania wagi hydrostatycznej.
- 6). Od czego zależy siła wyporu?
- 7). Jaki warunek musi być, aby ciało swobodnie pływało po powierzchni cieczy?
- 8). Podaj praktyczne zastosowanie istnienia siły wyporu.