

POLITECHNIKA



BIAŁOSTOCKA

WYDZIAŁ



ZARZĄDZANIA

KATEDRA ZARZĄDZANIA PRODUKCJĄ

Instrukcja do zajęć laboratoryjnych z przedmiotu:

FIZYKA

Kod przedmiotu: **KS02137; KN02137; LS02137; LN02137**

Ćwiczenie Nr 3

**Wyznaczanie gęstości cieczy i ciał stałych
za pomocą wagi hydrostatycznej**

Autor:

mgr inż. Krzysztof Kamil Żur

dr inż. Wojciech Jarmoc

Białystok 2014

Wszystkie prawa zastrzeżone

Wszystkie nazwy handlowe i towarów występujące w niniejszej instrukcji są znakami towarowymi zastrzeżonymi lub nazwami zastrzeżonymi odpowiednich firm odnośnych właścicieli.

1. Podstawy teoretyczne

Gęstością nazywamy stosunek masy (m) do objętości (V):

$$d = \frac{m}{V}. \quad (1.1)$$

Jednostką gęstości w układzie SI jest kg/m^3 lub pochodne (np. g/cm^3).

Ciężar właściwy określany jest wzorem:

$$\gamma = \frac{Q}{V}, \quad (1.2)$$

gdzie: Q - ciężar ciała,
 V - objętość.

Jednostką ciężaru właściwego w układzie SI jest N/m^3 .

Ze wzorów (1.1) i (2.1) oraz II zasady dynamiki Newtona wynika związek między ciężarem właściwym i gęstością:

$$\gamma = d \cdot g. \quad (1.3)$$

Gęstość ciał nieforemnych można wyznaczyć korzystając z prawa Archimedesesa, które mówi: na każde ciało zanurzone w płynie (cieczy lub gazie) działa siła wyporu F_w równa ciężarowi cieczy (gazu) wypartej przez to ciało.

$$F_w = d_c \cdot V \cdot g, \quad (1.4)$$

gdzie: d_c - gęstość cieczy,

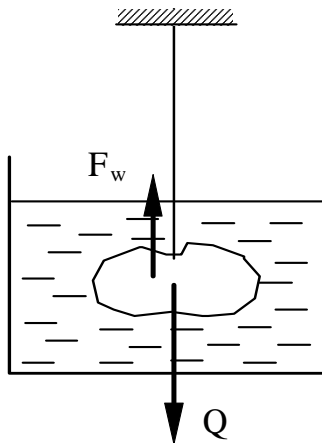
V - objętość wypartej cieczy równa objętości zanurzonej części ciała.

1.1 Wyznaczanie gęstości ciała stałego o $d_1 > d_w$

Prawo Archimedesesa pozwala na wyznaczenie objętości ciała zanurzonego w cieczy. Ciało zawieszono na szalce wagi i zanurzone w cieczy (Rys.1) doznaje działania sił: Q - siły ciężkości i F_w - siły wyporu skierowanej ku górze.

$$Q - F_w = Q_1, \quad (1.5)$$

gdzie: Q_1 - pozorny ciężar ciała w cieczy, ciężar odważników.



Rys. 1. Nieforemne ciało zanurzone w cieczy

Z tego równania można wyznaczyć objętość ciała zanurzonego:

$$V_1 = \frac{m - m_1}{d_w}, \quad (1.6)$$

gdzie: m - masa ciała w powietrzu,

m_1 - pozorna masa ciała w cieczy (np. wodzie), masa odważników

d_w - gęstość cieczy (np. gęstość wody $d_w = 1 \text{ g/cm}^3$).

Wobec tego gęstość ciała stałego wynosi:

$$d_1 = \frac{m}{V_1} = \frac{m \cdot d_w}{m - m_1}. \quad (1.7)$$

1.2 Wyznaczanie gęstości ciała stałego o $d_2 < d_w$

Ciało o gęstości $d_2 < d_w$ ważymy w powietrzu - m_2 . Następnie wiążemy to ciało o $d_2 < d_w$ razem z ciałem o $d_1 > d_w$ (d_1 wyznaczono w poprzednim doświadczeniu) i ważymy w wodzie - m_3 . Z prawa Archimedesesa znajdujemy łączną objętość obu ciał V .

$$(m + m_2) \cdot g - m_3 \cdot g = d_w \cdot g \cdot V, \quad (1.8)$$

gdzie: $m + m_2$ - masa obu ciał w powietrzu.

Stąd:

$$V = \frac{m + m_2 - m_3}{d_w}, \quad (1.9)$$

Chcąc znaleźć objętość V_2 ciała o $d_2 < d_w$ należy od objętości całkowitej V odjąć objętość ciała o $d_1 > d_w$ (V_1 wg wzoru (6)):

$$V_2 = \frac{m_2 + m_1 - m_3}{d_w}. \quad (1.10)$$

Wzór na gęstość d_2 ciała lżejszego od wody będzie miał postać:

$$d_2 = \frac{m_2}{V_2} = \frac{m_2 \cdot d_w}{m_2 + m_1 - m_3}. \quad (1.11)$$

1.3 Wyznaczanie gęstości cieczy d_3

Posługujemy się ciałem stałym o $d_1 > d_w$. Należy zważyć to ciało w powietrzu - m , następnie w wodzie - m_1 oraz w badanej cieczy m_4 . Zgodnie z prawem Archimedesesa ($m - m_4$) oznacza masę cieczy wypartej przez to ciało, ($m - m_1$) masę wypartej wody. Objętość cieczy wypartej równa jest objętości wody wypartej i równa objętości ciała stałego:

$$V_3 = \frac{m - m_4}{d_3} = \frac{m - m_1}{d_w}, \quad (1.12)$$

$$d_3 = \frac{m - m_4}{m - m_1} \cdot d_w. \quad (1.13)$$

2. Cel i zakres ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z metodą wyznaczania objętości ciał nieforemnych na podstawie prawa Archimedesesa.

Zakres ćwiczenia obejmuje wykonanie pomiarów pozwalających wyznaczyć gęstość ciał o $d > d_w$, $d < d_w$ oraz d_c .

3. Metodyka badań

Do doświadczenia potrzebna jest waga szalkowa z kompletem odważników, zlewka z wodą, waga cyfrowa oraz nieforemne ciała.

Wykonanie ćwiczenia

3.1.a.

- zważyć ciało o gęstości $d_1 > d_w$ w powietrzu - m ,
- zważyć ciało w wodzie - m_1 ,
- wyniki zapisać w tabelce,
- z równania (1.7) obliczyć gęstość ciała d_1 .

3.1.b.

- zważyć ciało o $d_2 < d_w$ w powietrzu - m_2 ,
- zważyć oba ciała związane i całkowicie zanurzone w wodzie - m_3 ,
- wyniki zapisujemy w tabelce,
- obliczyć gęstość d_2 ze wzoru (1.11).

3.1.c.

- zważyć ciało d_3 w powietrzu - m ,
- zważyć ciało całkowicie zanurzone w wodzie - m_1 ,
- zważyć ciało całkowicie zanurzone w cieczy - m_4 ,
- wyniki zapisać w tabelce,
- obliczyć gęstość cieczy wg wzoru (1.13).

Uwaga: W p. 3.1.b i 3.1.c można korzystać z pomiarów ciała o $d > d_w$ wykonanych w punkcie 3.1.a. Przy ważeniu ciał w wodzie i cieczy trzeba zwrócić uwagę, aby ciała były całkowicie zanurzone w cieczy i nie dotykały ścianek zlewki. Wszystkie pomiary umieścić w Tabeli 1.

- 1.2. Obliczyć **niepewność** złożoną bezwzględną metodą różniczki zupełnej, przyjmując, że niepewności ważenia równe są masie najmniejszego odważnika.

Tabela 1. Wyniki pomiarów

Nazwa ciała	Wyniki ważenia [g]					Gęstość wyznaczona [g/cm ³]	
	m	m ₁	m ₂	m ₃	m ₄		
							$d_1 > d_w$
							$d_2 < d_w$
							d_3

2. Wymagania BHP

Należy przestrzegać przepisów BHP obowiązujących w Laboratorium Fizyki na Wydziale Zarządzania Politechniki Białostockiej.

3. Sprawozdanie studenckie

Sprawozdanie studenckie powinno zawierać:

- Zasady działania wagi laboratoryjnej dwuramiennej oraz wyprowadzenie wzorów na wyznaczenie gęstości ciał stałych $d_1 > d_w$ i $d_2 < d_w$ oraz gęstości cieczy d_3 .
- Cel ćwiczenia, którym jest zapoznanie się z praktycznym zastosowaniem prawa Archimedesesa do wyznaczania gęstości ciał stałych i cieczy.
- Metodykę badań:
 - ✓ opisać przebieg eksperymentu,
 - ✓ przedstawić wyniki pomiarów w tabeli,
 - ✓ wykonać obliczenia, podać przykładowe obliczenia,
 - ✓ podać przyczyny niedokładności pomiaru i ustalić dokładności ważenia,
 - ✓ wykonać rachunek błędów metodą różniczki zupełnej oraz przedyskutować wyniki,
 - ✓ podać przyczyny niedokładności pomiaru nieuwzględnione w rachunku błędów.

Przykładowe pytania kontrolne

1. Co to jest gęstość substancji i w jakich jednostkach wyrażamy gęstość w układzie SI?
2. Podać treść prawa Archimedesesa.
3. Wyprowadzić wzory używane do obliczania gęstości wyznaczonej na podstawie prawa Archimedesesa.

Literatura

1. Halliday D., Resnick R., Walker J. (2011), *Podstawy fizyki*, Tom 2, Państwowe Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
2. Jeżewski M. (1966), *Fizyka*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
3. Dryński T. (1977), *Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.