

Wprowadzenie teoretyczne

Doświadczenie „ARCHIMEDES”

Archimedes odkrył, że siła wyporu F_W działająca na ciało zanurzone w płynie jest równa ciężarowi płynu wypartego przez to ciało:

$$F_W = m_{\text{wyp. płynu}} \cdot g = \rho_{\text{płynu}} \cdot V_{\text{ciała}} \cdot g$$

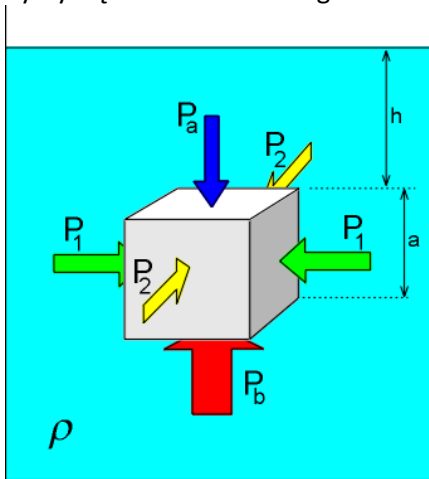
gdzie

$V_{\text{ciała}}$ - objętość zanurzonego ciała (lub zanurzonej części) jest równa objętości wypartego płynu

$\rho_{\text{płynu}}$ - (ρ - grecka litera „ro”) gęstość płynu, z definicji $\rho = m/V$

Wyprowadzenie:

Posłużymy się sześcianem o długości krawędzi a zanurzonym w płynie o gęstości $\rho_{\text{płynu}}$.



Rozważmy wszystkie 6 sił parcia na ścianki sześcianu. Suma parć na powierzchnię boczną wynosi zero. Z tego względu różnica parć P_b i P_a stanowi siłę wyporu F_W .

$$P_a = \rho_{\text{płynu}} \cdot g \cdot h \cdot a^2$$

$$P_b = \rho_{\text{płynu}} \cdot g \cdot (h + a) \cdot a^2$$

$$F_W = P_b - P_a = \rho_{\text{płynu}} \cdot a^3 \cdot g = \rho_{\text{płynu}} \cdot V_{\text{ciała}} \cdot g$$

" $\rho_{\text{płynu}} \cdot V_{\text{ciała}} \cdot g$ " wyraża ciężar wypartej cieczy. Wyrażenie to ma znak dodatni, czyli $P_b > P_a$, więc siła wyporu skierowana jest do góry.

Przekształcenie:

Ciężar pozorny G_{poz} ciała zanurzonego w płynie jest mniejszy niż ciężar ciała w powietrzu G_o , a pozorna utrata ciężaru równa się sile wyporu:

$$F_W = G_o - G_{\text{poz}} = m_{\text{wyp. płynu}} \cdot g$$

Zgodnie z definicją gęstości: $\rho = m/V$

- masę wypartego płynu można zapisać jako:

$$m_{\text{wyp. płynu}} = \rho_{\text{płynu}} \cdot V_{\text{ciała}}$$

- a objętość zanurzonego ciała:

$$V_{\text{ciała}} = m_{\text{ciała}} / \rho_{\text{ciała}}$$

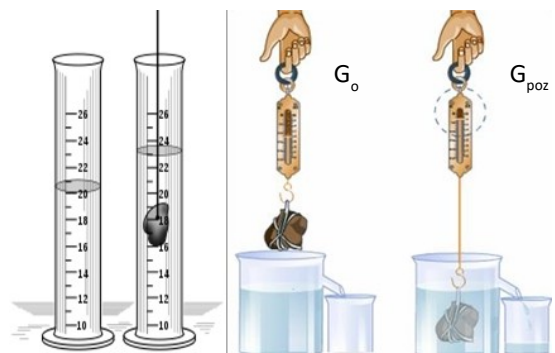
Po podstawieniu obu zależności otrzymamy

$$F_W = \rho_{\text{płynu}} \cdot (m_{\text{ciała}} / \rho_{\text{ciała}}) \cdot g$$

$$m_{\text{wyp. płynu}} \cdot g = \rho_{\text{płynu}} \cdot (m_{\text{ciała}} / \rho_{\text{ciała}}) \cdot g \quad | :g$$

Po mnożeniu obustronnie przez $\rho_{\text{ciała}}$, oraz po odwróceniu stronami otrzymamy:

$$m_{\text{ciała}} \cdot \rho_{\text{płynu}} = \rho_{\text{ciała}} \cdot m_{\text{wyp. płynu}}$$



Zagadnienia do przygotowania:

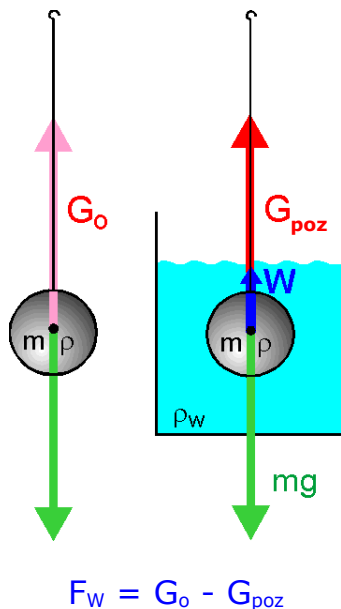
- prawo Archimedes'a i warunek pływania ciał,
- siła wyporu,
- waga hydrostatyczna,
- ciśnienie hydrostatyczne.

„ARCHIMEDES”

Student 1: Wyznaczanie gęstości ciała stałego.

Student 2: Sprawdzanie prawa Archimidesa.

Baza teoretyczna



Na ciało zanurzone w płynie działa siła wyporu F_W równa ciężarowi wypartego płynu:

$$F_W = m_{wyp. \text{ plynu}} \cdot g = \rho_{\text{ plynu}} \cdot V_{\text{ ciata}} \cdot g$$

Ponieważ objętość zanurzonego ciała jest objętością wypartego płynu

$$V_{\text{ ciata}} = V_{wyp. \text{ plynu}}$$

to korzystając z def. gęstości można zapisać:

$$m_{\text{ ciata}} \cdot \rho_{\text{ plynu}} = \rho_{\text{ ciata}} \cdot m_{wyp. \text{ plynu}}$$

Wynika stąd, że masa wypartego płynu jest proporcjonalna do masy zanurzonego ciała.



<p>Zatem, aby wyznaczyć gęstość ciała stałego należy:</p> <ul style="list-style-type: none"> - wykonać pomiary zależności masy wypartego płynu od masy rzeczywistej ciała stałego, - sporządzić wykres zależności $m_{\text{ ciata}} \cdot \rho_{\text{ plynu}}$ od $m_{wyp. \text{ plynu}}$ - odczytać z niego wartość gęstości zanurzonego ciała stałego 	<p>Zatem, aby sprawdzić prawo Archimidesa należy:</p> <ul style="list-style-type: none"> - wykonać pomiary zależności masy wypartego płynu od masy rzeczywistej ciała stałego, - sporządzić wykres zależności $m_{wyp. \text{ plynu}}$ od $m_{\text{ ciata}}$ - zanalizować jego liniowość.

Wskazówki praktyczne:

Doświadczenie Archimidesa najwygodniej jest przeprowadzić na wadze elektronicznej. Jeśli zlewkę z płynem ustawimy na szalce wagi elektronicznej i wytarujemy wagę (żeby pokazywała „0”), wtedy po zanurzeniu ciała zawieszono na statywie waga pokaże tylko masę wypartego płynu (równą pozornej utracie masy ciała).

W doświadczeniu można użyć wody, która w temperaturze pokojowej ma gęstości $\rho = 998 \text{ kg/m}^3$.

„ARCHIMEDES”

Student 1: Wyznaczanie gęstości ciała stałego.

1. Wyniki pomiarów

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m	[kg]										
$m_{wyp.pl}$	[kg]										

$\Delta m = \dots$

$\Delta m_{wyp.plynu} = \dots$

2. Obliczenia (przykładowe – odnoszą się np. do pomiaru nr 3)

$m \cdot \rho_{plynu} =$

$\Delta(m \cdot \rho_{plynu}) = \Delta m \cdot \rho_{plynu} =$

3. Wyniki obliczeń

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$m \cdot \rho_{plynu}$	[...]										
$m_{wyp.pl}$	[...]										

4. Wykres

+ obliczenie gęstości ρ (nachylenia prostej „najlepszego dopasowania”)

+ obliczenie ρ' (nachylenia prostej odchylonej)

+ obliczenie $\Delta\rho = |\rho - \rho'|$

5. Podsumowanie

Wyznaczona wartość ... wynosi ...

Dokładność metody: ...

Dodatkowe wnioski, spostrzeżenia, przyczyny niepewności pomiarowych.

„ARCHIMEDES”

Student 2: Sprawdzanie prawa Archimidesa.

I. Metodyka (ideowy plan ćwiczenia)

1. Wyniki pomiarów

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m	[g]										
m _{wyp.pl}	[g]										

$\Delta m = \dots$

$\Delta m_{\text{wyp.pl}} = \dots$

2. Obliczenia

Opracowanie nie posiada obliczeń przykładowych.

3. Wyniki obliczeń

Opracowanie nie posiada wyników obliczeń.

4. Wykres

5. Podsumowanie

Ponieważ na wykresie ... można poprowadzić prostą przechodzącą przez wszystkie prostokąty niepewności pomiarowych, nie ma podstaw do stwierdzenia odstępstwa od ...

Ewentualnie: Odstępstwo od liniowości w zakresie ... może wynikać z

Dodatkowe wnioski, spostrzeżenia, przyczyny niepewności pomiarowych