

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:

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

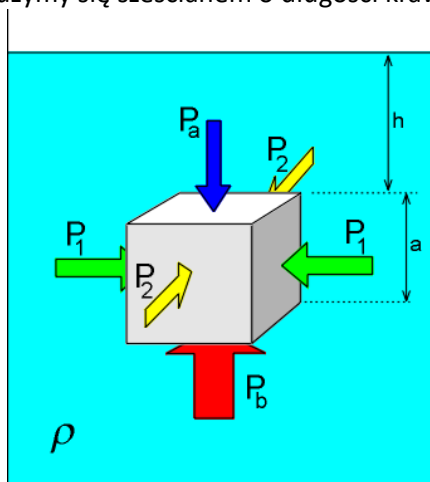
gdzie:

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

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

Wprowadzenie:

Posłużymy się sześcianem o długości krawędzi a zanurzonego 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_0 , a pozorna utrata ciężaru równa jest sile wyporu:

$$F_W = G_0 - G_{\text{poz}}$$

Zgodnie z prawem Archimedesesa:

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

Objętość zanurzonego ciała z definicji gęstości

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

Po podstawieniu otrzymamy:

$$F_W = \rho_{\text{płynu}} \cdot \left(\frac{m_{\text{ciała}}}{\rho_{\text{ciała}}} \right) \cdot g$$

Ponieważ $m_{\text{ciała}} \cdot g$ jest ciężarem ciała G_0 , to możemy zapisać:

$$F_W = \frac{\rho_{\text{płynu}}}{\rho_{\text{ciała}}} \cdot G_0$$

Po odwróceniu stronami otrzymamy postać, która pozwoli na wyznaczenie gęstości ciała jako współczynnika kierunkowego:

$$G_0 = \rho_{\text{ciała}} \cdot \frac{F_W}{\rho_{\text{płynu}}}$$



Pytania do przygotowania:

„ARCHIMEDES”

1. Podaj treść i zapisz wzorem prawo Archimedesesa.
2. Podaj definicję i jednostkę ciężaru oraz wyjaśnij co to jest ciężar pozorny.
3. Podaj definicję gęstości i jej jednostkę w układzie SI.
4. Podaj przybliżoną wartość gęstości wody, stali, powietrza.
5. Wyjaśnij co to jest siła wyporu i od czego zależy.
6. Narysuj rozkład sił działających na ciało zanurzone w cieczy.
7. Jakie muszą być spełnione aby ciało pływało całkowicie zanurzone w cieczy, aby ciało tonęło w cieczy, aby ciało pływało częściowo zanurzone w cieczy?
8. Podaj wzór na siłę wyporu przy danych wartościach ciężaru ciała w wodzie G_{poz} oraz ciężaru ciała w powietrzu G_0 .
9. Wyjaśnij różnicę między ciężarem a masą.
10. Jaka jest zależność gęstości wody od temperatury?
11. Wyjaśnij co to jest gęstość względna.
12. Podaj definicję ciśnienia i jego jednostkę w układzie SI.
13. Podaj treść prawa Pascala.
14. Wyjaśnij różnicę między ciśnieniem hydrostatycznym a aerostatycznym.
15. Podaj metody wyznaczania gęstości ciał stałych i opisz metodę zastosowaną w ćwiczeniu.

Wskazówki do wykonania pomiarów

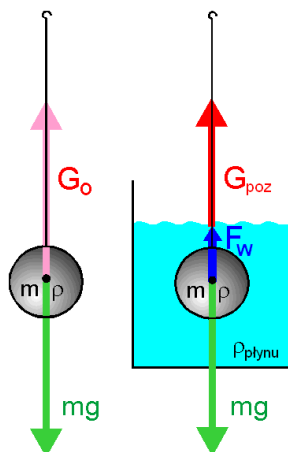
1. Włączyć siłomierz, lewym przyciskiem „ON/OFF”.
2. Wyzerować siłomierz prawym przyciskiem „ZERO”.
3. Zawiesić uchwyt na siłomierzu.
4. Nałożyć odważnik w uchwycie. Stosować odważniki nie mniejsze niż 10g.
5. Wykonać pierwszy pomiar siły w powietrzu zapisując w komórce „1” wiersza G_0 .
6. Wykonać pierwszy pomiar siły w wodzie zapisując w komórce „1” wiersza G_{poz} .
7. Podczas wykonywania pomiarów mas zanurzonych w wodzie należy pamiętać że:
 - Uchwyt powinien być całkowicie zanurzony w wodzie.
 - Odważniki nie mogą dotykać dna ani ścianek naczynia.
 - Po każdym pomiarze w wodzie osuszyć uchwyt z obciążeniem.
8. Wykonać podobnie kolejne pomiary sił, dokładając po 1 lub po 2 odważniki, aż do uzyskania 10 serii pomiarowych. W odpowiednich komórkach tabeli wyników wpisywać wartości sił dla łącznych mas.
9. Po zabraniu wyników należy oszacować niepewności pomiarowe (ΔG_0 i ΔG_{poz}).
10. Po zakończonych pomiarach wyłączyć siłomierz (lewym przyciskiem „ON/OFF”) i uporządkować stanowisko.
11. Obliczyć gęstość ciała stałego zgodnie z wzorami w sprawozdaniu. W obliczeniach pamiętać o używaniu jednostek podstawowych układu SI dla gęstości.

„ARCHIMEDES”

Student 1: Wyznaczanie gęstości ciała stałego.

Student 2: Sprawdzanie prawa Archimidesa.

Baza teoretyczna



Zawieszenie masy na siłomierzu pozwala wyznaczyć jej ciężar:

$$G_0 = m_{\text{ciała}} \cdot g = \rho_{\text{ciała}} \cdot V_{\text{ciała}} \cdot g.$$

Całkowite zanurzenie tej masy w wodzie pozwala odczytać ciężar pozorny G_{poz} .

Siła wyporu jest różnicą:

$$F_w = G_0 - G_{\text{poz}}$$

Zgodnie z prawem Archimidesa, siła wyporu równa jest ciężarowi wypartego płynu:

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

Zatem, przyrównując objętość zanurzonego ciała do objętości wypartego płynu, można ułożyć proporcję:

$$\frac{G_0}{\rho_{\text{ciała}}} = \frac{F_w}{\rho_{\text{płynu}}},$$

którą można przekształcić do postaci:

$$G_0 = \rho_{\text{ciała}} \cdot \frac{F_w}{\rho_{\text{płynu}}}$$



<p>Zatem, aby wyznaczyć gęstość ciała stałego należy:</p> <ul style="list-style-type: none"> - wykonać pomiary zależności ciężaru pozornego ciała G_{poz} zanurzonego w wodzie od jego rzeczywistego ciężaru G_0 - sporządzić wykres zależności rzeczywistego ciężaru G_0 od siły wyporu podzielonej przez gęstość wody G_0 od $\frac{F_w}{\rho_{\text{płynu}}}$ - 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 ciężaru pozornego G_{poz} ciała zanurzonego w wodzie od rzeczywistego ciężaru G_0 - sporządzić wykres zależności G_{poz} od G_0 - zanalizować jego liniowość.

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

„ARCHIMEDES”

Student 1: Wyznaczanie gęstości ciała stałego.

I. Metodyka (ideowy plan ćwiczenia)

II. Przebieg ćwiczenia

II.1. Przebieg czynności

II.2. Szkic układu pomiarowego

III. Wyniki

III.1. Wyniki pomiarów

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
G_0	[N]										
G_{poz}	[N]										

$$\Delta G_0 = \dots$$

$$\Delta G_{poz} = \dots$$

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

$$\frac{F_w}{\rho_{\text{płynu}}} = \frac{G_0 - G_{poz}}{\rho_{\text{płynu}}} =$$

$$\Delta \frac{F_w}{\rho_{\text{płynu}}} = \frac{\Delta G_0 + \Delta G_{poz}}{\rho_{\text{płynu}}} =$$

III.3. Wyniki obliczeń

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
G_0	[N]										
ΔG_0	[N]										
$\frac{F_w}{\rho_{\text{płynu}}}$	[...]										
$\Delta \frac{F_w}{\rho_{\text{płynu}}}$	[...]										

III.4. Wykres

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

+ obliczenie ρ' (nachylenia prostej odchylonej)

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

IV.5. Podsumowanie

Wyznaczona wartość ... wynosi ...

Dokładność metody: ...

Dodatkowe wnioski, spostrzeżenia, przyczyny niepewności pomiarowych.

„ARCHIMEDES”

Student 2: Sprawdzanie prawa Archimedesesa.

I. Metodyka (ideowy plan ćwiczenia)

II. Przebieg ćwiczenia

II.1. Przebieg czynności

II.2. Szkic układu pomiarowego

III. Wyniki

1. Wyniki pomiarów

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
G_0	[N]										
G_{poz}	[N]										

$$\Delta G_0 = \dots$$

$$\Delta G_{poz} = \dots$$

III.2. Obliczenia

Opracowanie nie posiada obliczeń przykładowych.

III.3. Wyniki obliczeń

Opracowanie nie posiada wyników obliczeń.

III.4. Wykres

IV. 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