



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Centrum Promocji
i Zastosowań
Nauk Ścisłych

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Projekt „Plan rozwoju Politechniki Częstochowskiej”
współfinansowany ze środków UNII EUROPEJSKIEJ w ramach EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU SPOŁECZNEGO
Numer Projektu: POKL.04.01.01-00-59/08

INSTYTUT FIZYKI
WYDZIAŁ INŻYNIERII PROCESOWEJ, MATERIAŁOWEJ
I FIZYKI STOSOWANEJ
POLITECHNIKA CZĘSTOCHOWSKA



LABORATORIUM Z FIZYKI

ĆWICZENIE NR W-3

SPRAWDZENIE III ZASADY DYNAMIKI NEWTONA

Centrum Promocji
i Zastosowań
Nauk Ścisłych

Politechnika Częstochowska, Centrum Promocji i Zastosowań Nauk Ścisłych
ul. Dąbrowskiego 73 pok. 178, 42-200 Częstochowa
tel./ fax. +343250324, e-mail: imi@imi.pcz.pl, <http://www.cns.pcz.pl>

I. Zagadnienia do przestudiowania

1. Zasady dynamiki Newtona
2. Prawo Archimedesesa.
3. Zasady posługiwania się wagą laboratoryjną

II. Wprowadzenie teoretyczne

1. Prawa ruchu znane pod nazwą zasad dynamiki są podstawą fizyki zwaną w dzisiejszych czasach fizyką klasyczną. Sformułował je wielki angielski fizyk Izaak Newton (1642-1727) w słynnym dziele Philosophiae Naturalis Principia Mathematica (Matematyczne Zasady Filozofii Przyrody) opublikowanym w roku 1687.

- I zasada dynamiki (lub zasada bezwładności)

Jeżeli na ciało nie działa żadna siła lub działające siły równoważą się wzajemnie (wypadkowa wszystkich sił równa się zeru) to ciało pozostaje w spoczynku, jeżeli w chwili początkowej było w spoczynku lub porusza się ruchem jednostajnym, prostoliniowym jeżeli w chwili początkowej było w ruchu.

Z treści I zasady wynika, że ciała są bezwładne co oznacza, że tylko siła przyłożona do danego ciała może wprowadzić go w ruch, zatrzymać, przyspieszyć czy zmienić kierunek ruchu.

I zasada dynamiki jest spełniona tylko w układach odniesienia zwanych inercjalnymi, czyli takimi, które spoczywają lub poruszają się ruchem jednostajnym, prostoliniowym. Newton sformułował swoje zasady odnosząc je do układu odniesienia związanego z gwiazdami, które uważał za nieruchome (absolutny układ odniesienia).

- II zasada dynamiki

Jeżeli na ciało działa niezrównoważona siła (wypadkowa wszystkich działających na ciało sił jest różna od zera) to przyspieszenie tego ciała jest wprost proporcjonalne do tej siły i odwrotnie proporcjonalne do masy ciała. Kierunek i zwrot przyspieszenia są zgodne z kierunkiem i zwrotem siły:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \quad \text{lub} \quad \vec{F} = m\vec{a}$$

Z drugiej zasady dynamiki wynika, że im większa jest masa ciała tym wolniej zmienia ono swoją prędkość pod wpływem tej samej siły. Dlatego przyjmuje się, że masa jest miarą bezwładności.

Jednostką masy jest 1 kg. Jest to masa wzorca wykonanego ze stopu platyny z irydem, przechowywanego w Międzynarodowym Biurze Miar i Wag w Sèvres pod Paryżem. Jest to jedna z podstawowych jednostek układu SI.

Z II zasady wynika również, że miarą siły jest iloczyn masy i przyspieszenia ciała, z jakim porusza się ciało pod wpływem tej siły. Na tej podstawie wprowadzono jednostkę siły **zwaną niutonem (1N):**

$$1N = 1kg \cdot 1 \frac{m}{s^2}$$

1N jest to siła, która masie 1kg nadaje przyspieszenie $1m/s^2$.

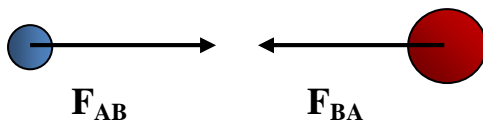
- III zasada dynamiki

Oddziaływania między ciałami są zawsze wzajemne. Dla istnienia oddziaływań muszą istnieć co najmniej dwa ciała, każde z nich jednocześnie stanowi źródło siły i przedmiot oddziaływań.

Jeżeli ciało A działa na ciało B pewną siłą \vec{F}_{AB} to ciało B działa na ciało A taką samą siłą \vec{F}_{BA} lecz przeciwnie skierowaną (akcja równa się reakcji)

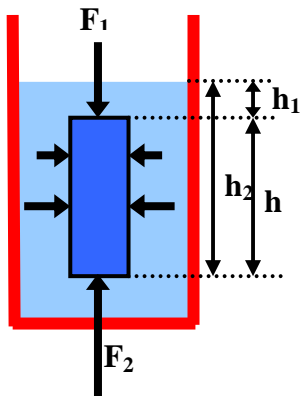
$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$$

Siły te nie równoważą się, ponieważ są przyłożone do dwóch różnych ciał.



2. Prawo Archimedesesa

Jeżeli ciało jest zanurzone całkowicie lub częściowo w płynie (ciecz lub gaz) będącym w spoczynku, płyn wywiera ciśnienie na każdą część powierzchni ciała. Ciśnienie rośnie ze wzrostem głębokości pod powierzchnią płynu, dlatego siła działająca na dolną część ciała jest większa od siły działającej na górną część. Wypadkowa wszystkich sił jest skierowana do góry i nazywa się siłą wyporu.



$$F_w = F_2 - F_1 = p_2 S - p_1 S = \rho h_2 g S - \rho h_1 g S = \rho g V$$

Rys. 1 Siła wyporu działająca na walec o wysokości h i przekroju S , zanurzony w cieczy o gęstości ρ

Na ciało zanurzone całkowicie lub częściowo w płynie działa siła wyporu skierowana do góry i równa ciężarowi płynu wypartego przez to ciało – jest to prawo Archimedesesa znane już 250 lat przed naszą erą.

2. Zasady posługiwania się wagą laboratoryjną

Waga laboratoryjna jest dźwignią dwustronną o równych ramionach. Przy ważeniu wykorzystujemy warunek równowagi dźwigni dwustronnej: momenty sił działających na obydwie ramiona wagi muszą być równe.

$$Q_1 r_1 = Q_2 r_2$$

$$m_1 g r_1 = m_2 g r_2$$

$$r_1 = r_2 \rightarrow m_1 = m_2$$

Moment ciężaru ciała Q_1 położonego na lewej szalce jest równy momentowi ciężarków Q_2 na prawej szalce (r_1 i r_2 są to odległości punktu zawieszenia szalek od punktu podparcia belki), z czego wynika równość mas. Za pomocą wagi laboratoryjnej porównujemy masy ciał.

Przed przystąpieniem do ważenia należy:

- Ustawić pionowo wagę. W tym celu sprawdzić położenie pionu czyli nitki z ciężarkiem na końcu. Pionowe ustawienie wagi uzyskujemy za pomocą pokręteł przy nóżkach wagi.
- Ustawić wagę w położeniu zerowym. W tym celu zwalniamy belkę wagi przez przekręcenie śruby znajdującej się na podstawie wagi tzw. aretaża i sprawdzamy wychylenia wagi w prawo i lewo. Jeżeli te wychylenia nie będą jednakowe to należy je zrównać przez dokręcanie lub odkręcanie śrubek znajdujących się na końcach belki.

Ważone ciało ustawiamy na lewej szalce, a odważniki na prawej. Odważników nie nakładamy w sposób przypadkowy, lecz zaczynamy od największego do coraz mniejszego. Jeżeli pierwszy z nałożonych odważników będzie za duży to zdejmujemy go z szalki i nakładamy mniejszy w kolejności ułożenia w pudełku. Po każdym zdjęciu lub nałożeniu odważnika sprawdzamy wychylenia wagi. Jeżeli okaże się, że ten odważnik będzie za mały dokładamy następny, sprawdzamy wychylenie, jeśli trzeba zdejmujemy go i nakładamy następny odważnik itd. aż do najmniejszego odważnika 10 mg. Masa tego odważnika jest dokładnością wagi laboratoryjnej.

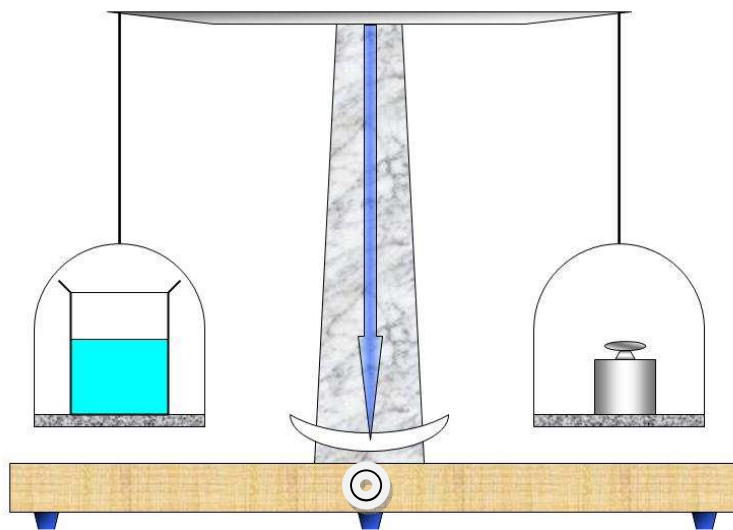
Uwaga: Przy każdym nakładaniu i zdejmowaniu odważników aretaż wagi musi być skrecony

III. Zestaw pomiarowy

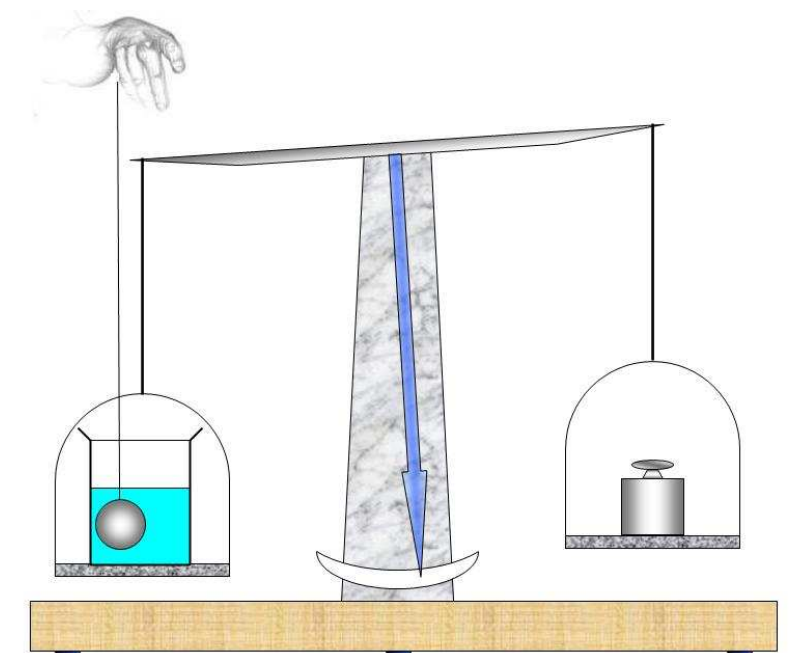
Waga laboratoryjna, zestaw odważników, naczynie szklane, 3 obciążniki z miedzi, stali i aluminium

IV. Przebieg ćwiczenia

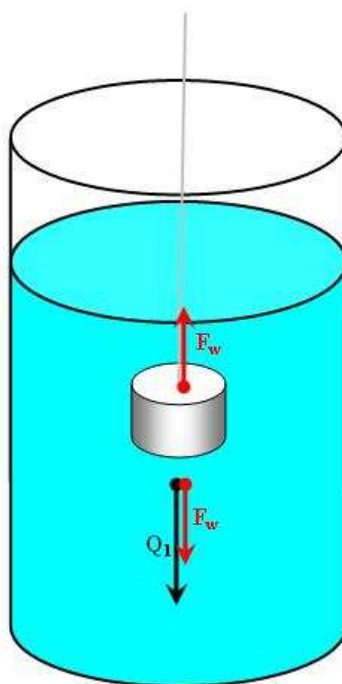
1. Ustawić wagę pionowo
2. Wyrównać wychylenia belki wagi
3. Zważyć ciężarek i wpisać jego masę m_1 do tabeli
4. Nalać wodę do naczynia szklanego (ok. 2/3 naczynia) i zważyć go z dokładnością do 0,01 g jak pokazano na rys.2. Wpisać masę naczynia z wodą m_2 do tabeli.
5. Włożyć zawieszony na nitce ciężarek nie dotykając boków i dna naczynia (rys.3)



Rys. 2. Waga w równowadze



Rys.3. Zakłócenie równowagi po włożeniu ciężarka



Rys.4. Siła wyporu działa na ciężarek, a ciężarek oddziałuje na wodę z taką samą siłą lecz przeciwnie skierowaną

5. Ponownie zrównoważyć naczynie z włożonym ciężarkiem. Wpisać do tabeli masę m_3 .
6. Powtórzyć czynności dla pozostałych dwóch ciężarków. Po wyjęciu ciężarka, przed następnym pomiarem należy ponownie zważyć naczynie z wodą gdyż wraz z ciężarkiem zawsze wyciągnie się parę kropeł wody.

V. Tabela pomiarowa

Rodzaj ciężarka	m_1 [10^{-3}]kg	m_2 [10^{-3}]kg	m_3 [10^{-3}]	$m = m_3 - m_2$ [10^{-3}]kg	$Q_1 = m_1 g$ [10^{-3}]N	$Q_2 = mg$ [10^{-3}]N	$F_w = \rho g V$
Miedź							
Stal							
Aluminium							

VI. Opracowanie ćwiczenia

Po zanurzeniu ciężarka w wodzie będzie na niego działać siła wyporu F_w skierowana do góry. Ciężarek będzie działać na wodę taką samą siłą, lecz przeciwnie skierowaną (rys. 4). Dlatego szalka z naczyniem opadnie w dół. Dla ponownego zrównoważenia naczynia należy dołożyć odważniki o ciężarze $Q_2 = mg$ równym sile wyporu F_w .

Obliczamy dla każdego odważnika ciężar $Q_1 = m_1 g$ i ciężar wypartej wody $Q_2 = mg$

Obliczamy siłę wyporu $F = \rho g V$ przyjmując gęstość wody w temperaturze 20°C równą $\rho = 0,998204 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, objętość ciężarka $V = (6,49 \pm 0,02) \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

VII. Rachunek błędów

- Obliczamy błąd bezwzględny ciężaru wypartej wody ze wzoru

$$\Delta Q_2 = 2g \cdot \Delta m,$$

$$\Delta m = 0,01 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

Mnożymy wynik przez dwa, ponieważ ważenie wykonujemy dwukrotnie i możemy się pomylić $2 \cdot \Delta m$.

- Obliczamy błąd bezwzględny siły wyporu $\Delta F_w = \rho g \Delta V$
- Obliczamy błędy względne

$$\delta Q = (\Delta Q/Q) \cdot 100\%, \quad \delta F_w = (\Delta F_w/F_w) \cdot 100\%$$

VIII. Dyskusja wyników

Porównujemy wartości Q_1 , Q_2 , F_w i interpretujemy otrzymane wyniki

IX. Literatura

1. *T. Dryński* - Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki
2. *R. Resnick, D. Halliday* – Fizyka, t.1 PWN Warszawa
3. *J. Lech* Opracowanie wyników pomiarów w I pracowni fizycznej