Wprowadzenie teoretyczne

Doświadczenie „W A H A D Ł O"

Przyspieszenie ziemskie *g* jest przyśpieszeniem, z jakim poruszałoby się każde ciało w polu grawitacyjnym w pobliżu powierzchni Ziemi, gdyby nie istniał aerodynamiczny opór powietrza.
Przyśpieszenie ziemskie jest równe natężeniu pola grawitacyjnego ***E***.

Przyśpieszenie ziemskie zależy od szerokości geograficznej. Wpływają na to dwa czynniki: siła odśrodkowa wynikająca z ruchu obrotowego Ziemi oraz zmieniająca się odległość od środka Ziemi.

Drganiami harmonicznymi nazywamy ruch masy *m* wzdłuż współrzędnej *x*, na którą działa siła proporcjonalna do wartości tej współrzędnej, z przeciwnym znakiem.

$$F = -kx$$

$$a = \frac{F}{m} \qquad \text{(II zasada dynamiki Newtona)}$$

Po uwzględnieniu definicji przyśpieszenia powstaje równanie różniczkowe: $\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{-kx}{m}$

równanie to ma rozwiązanie w postaci funkcji $x = A\sin(\omega t+\varphi)$
A - amplituda; ω - częstość ($2\pi/T$); argument sinusa - faza; φ - faza początkowa
Rozwiązanie okazuje się poprawne, gdy $\omega^2 = k/m$.

Wahadło matematyczne jest szczególnym przypadkiem **wahadła fizycznego**. Mianowicie: wahadło fizyczne staje się matematycznym, jeżeli masa bryły zostaje skoncentrowana w jednym punkcie pozostając połączona z osią.

Jeżeli wahania są małe (nie przekraczają około 5° odchylenia od pionu), wówczas $\sin\alpha = x/d \approx \alpha$, wówczas:

$$\frac{d^2\alpha}{dt^2} = \frac{-mgd\alpha}{I_0 + md^2}$$

Powyższe równanie różniczkowe ma rozwiązanie w postaci drgań harmonicznych o okresie:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I_0 + md^2}{mgd}}$$

W efekcie skoncentrowania masy w punkcie *'0'* moment bezwładności $I_0=0$. Wówczas wyrażenie na okres wahadła fizycznego przekształca się w wyrażenie na okres wahadła matematycznego (przy czym symbol *d* (odległość osi od środka masy) zamieniony jest na symbol *l* (długość wahadła)):

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

Na powierzchni Ziemi okres wahadła wykonującego mała drgania zależy tylko od jego długości. Okres drgań wahadła matematycznego jest proporcjonalny do pierwiastka z jego długości.

Pytania do przygotowania:

„W A H A D Ł O"

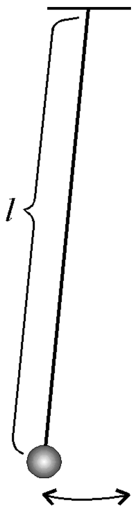
1. Co to jest pole grawitacyjne?
2. Podaj definicję natężenia pola grawitacyjnego.
3. Ile wynosi wartość natężenia pola grawitacyjnego przy powierzchni Ziemi?
4. Jaka jest wartość i jednostka przyspieszenia ziemskiego?
5. Podaj prawo powszechnego ciążenia.
6. Od czego zależy wartość przyspieszenia grawitacyjnego?
7. Jaka jest różnica między masą a ciężarem ciała?
8. Co to jest wahadło matematyczne?
9. Podaj wzór na okres drgań wahadła matematycznego.
10. Co to jest wahadło fizyczne?
11. Co to jest okres drgań?
12. Jakie drgania nazywamy harmonicznymi?
13. Ile wynosi przyspieszenie grawitacyjne na planecie o dwa razy mniejszej średnicy niż Ziemia ale o takiej samej masie?
14. Ile wynosi przyspieszenie grawitacyjne na planecie o dwa razy większej masie niż Ziemia ale o takim samym promieniu?
15. Ile w przybliżeniu wynosi przyspieszenie grawitacyjne na Księżycu, Marsie?

Szablon metodyczny

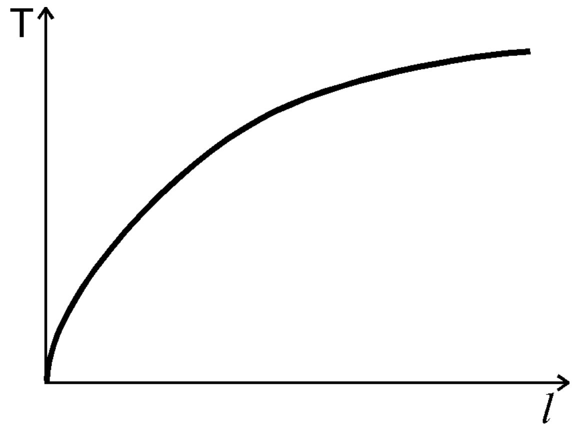
„W A H A D Ł O”

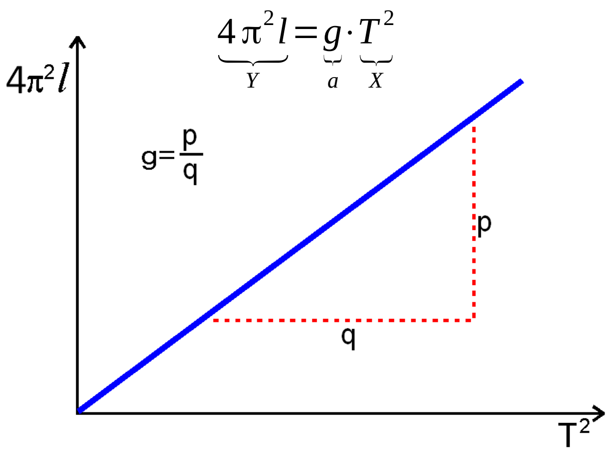
Student 1: Wyznaczanie przyśpieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego.
Student 2: Sprawdzanie zależności okresu wahadła matematycznego od jego długości.

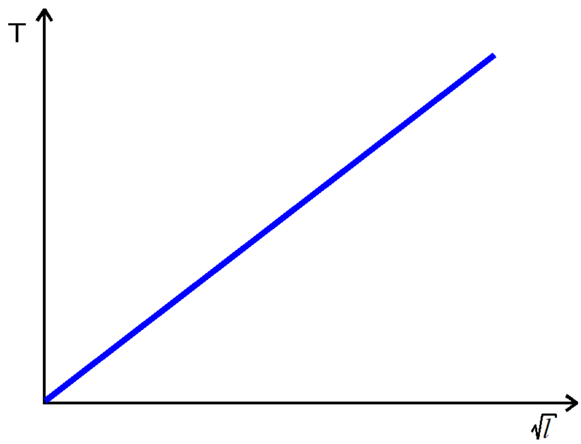
Baza teoretyczna



$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$







Zatem, w celu **wyznaczenia przyśpieszenia ziemskiego** należy:
- przeprowadzić pomiary czasów trwania dziesięciu okresów drgań wahadła dla dziesięciu różnych długości,
- sporządzić wykres zależności $4\pi^2 l$ od T^2
- odczytać z niego wartość przyśpieszenia ziemskiego *g*

Zatem, w celu **sprawdzenia zależności** okresu wahadła od jego długości należy:
- przeprowadzić pomiary czasów trwania dziesięciu okresów drgań wahadła dla dziesięciu różnych długości,
- sporządzić wykres zależności okresu wahadła T od pierwiastka z długości
- zanalizować jego liniowość

Wskazówki do sprawozdania – wyznaczanie

„W A H A D Ł O"

Student 1: Wyznaczanie przyśpieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego.

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
l	[m]										
t = 10 T	[s]										

Δl = ...

Δt = ... $\Delta T = \Delta t/10$ = ...

III.2. Obliczenia (przykładowe – odnoszą się np. do pomiaru nr 4)

T^2 = ...

$4\pi^2 l$ = ...

$\Delta(T^2) = |T^2 - (T + \Delta T)^2|$ = ...

$\Delta(4\pi^2 l) = |4\pi^2 \Delta l|$ = ...

III.3. Wyniki obliczeń

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$4\pi^2 l$	[...]										
T^2	[...]										
$\Delta(4\pi^2 l)$	[...]										
$\Delta(T^2)$	[...]										

III.4. Wykres

+ obliczenie g (nachylenia prostej „najlepszego dopasowania")

+ obliczenie g' (nachylenia prostej odchylonej)

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

IV. Podsumowanie

Wyznaczona wartość ... wynosi ...
Dokładność metody: ...

Dodatkowe wnioski, spostrzeżenia, przyczyny niepewności pomiarowych.

Wskazówki do sprawozdania – sprawdzanie

„W A H A D Ł O"

Student 2: Sprawdzanie zależności okresu wahadła matematycznego od jego długości.

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
l	[m]										
t = 10 T	[s]										

Δl = ...

Δt = ...

III.2. Obliczenia (przykładowe – odnoszą się np. do pomiaru nr 4)

T = t/10 = ...

ΔT = Δt/10 = ...

$$\sqrt{l} = \ldots$$

$$\Delta\sqrt{l} = |\sqrt{l} - \sqrt{l + \Delta l}| = \ldots$$

III.3. Wyniki obliczeń

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T	[...]										
$\sqrt{l}$	[...]										
$\Delta\sqrt{l}$	[...]										

ΔT = ...

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.