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.

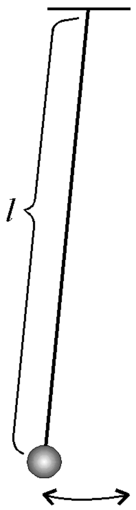
Zagadnienia do przygotowania:
- przyspieszenie ziemskie, siła ciężkości i siła grawitacji,
- wahadło fizyczne i wahadło matematyczne,
- okres drgań wahadła matematycznego,
- zakres stosowalności wzoru na okres drgań wahadła matematycznego.

<u>Szablon metodyczny</u>

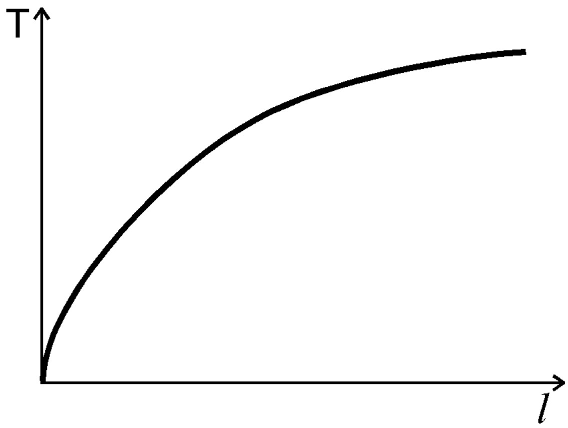
„W A H A D Ł O"

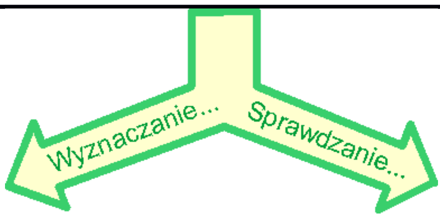
Student 1: Wyznaczanie przyśpieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego.
Student 2: Sprawdzanie zależności okresu wahadła matematycznego od jego długości.

Baza teoretyczna

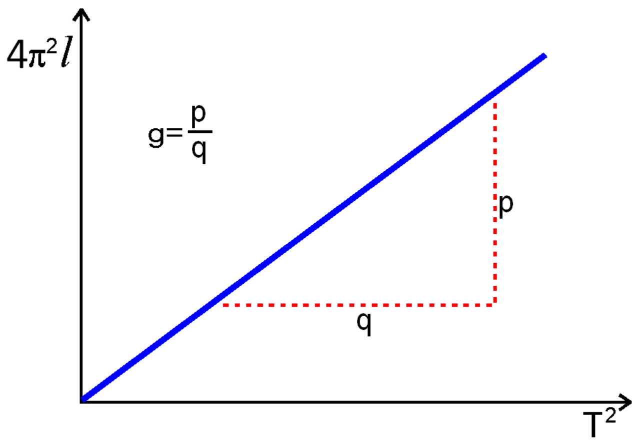


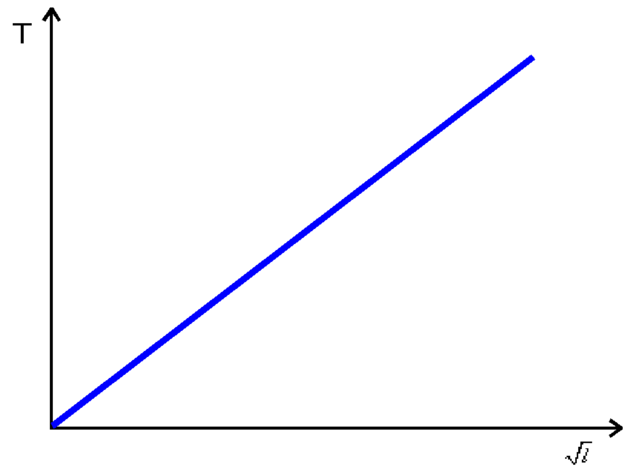
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$





$$4\pi^2 l = g \cdot T^2$$





Zatem, w celu **wyznaczenia przyśpieszenia ziemskiego** należy:
- przeprowadzić pomiary zależności okresu wahadła od jego 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 zależności okresu wahadła od 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.

1. Wyniki pomiarów

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
l	[m]										
t = 10 T	[s]										

Δ*l* = ...

Δt = ...

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

T = t/10 = …

ΔT = Δt/10 = ...

$\sqrt{l} = \ldots$

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

3. Wyniki obliczeń

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

ΔT = …

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.