

Wydział	Imię i nazwisko 1. 2.		Rok	Grupa	Zespół
PRACOWNIA FIZYCZNA WFiiS AGH	Temat:				Nr ćwiczenia
Data wykonania	Data oddania	Zwrot do popr.	Data oddania	Data zaliczenia	OCENA

Ćwiczenie nr 5: Wahadło matematyczne

Cel ćwiczenia:

- zapoznanie się z przykładem ruchu drgającego (opis teoretyczny, pomiar) – a w szczególności drganiami wahadła matematycznego
- wyznaczenie przyspieszenia ziemskiego

Literatura

[1] Resnick R., Halliday D., *Fizyka*. wyd. PWN (rok wydania dowolny).

Zagadnienia do opracowania

1. Definicje i podstawowe zależności dla wielkości kinetycznych opisujących ruch obrotowy (kąąt, prędkość kątoowa, przyspieszenie kątoowe, jednostajny i niejednostajny ruch obrotowy).
2. Definicje i podstawowe zależności dla wielkości dynamicznych opisujących ruch obrotowy (moment bezwładności, momentu pędu, moment siły, druga zasada dynamiki dla ruchu obrotowego).
3. Ruch harmoniczny, równanie ruchu i parametry opisujące ruch (amplituda, okres, częstość, częstotliwość).
4. Wahadło matematyczne. Opis ruchu wahadła w przybliżeniu ruchu harmonicznego (dla małych drgań). Okres drgań tego wahadła.
5. Definicje i podstawowe zależności dla wielkości kinetycznych opisujących ruch postępowy (prędkość, przyspieszenie, ruch prostoliniowy – jednostajny i zmienny).
6. Prawo powszechnego ciężenia . Pole grawitacyjne Ziemi (ciężar ciała na biegunie oraz na równiku)
7. Zasady dynamiki Newtona.
8. Spadek swobodny ciała.

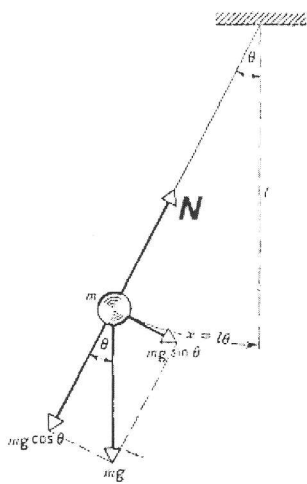
**Ocena i
podpis**

Ocena z odpowiedzi:

2 Oznaczenia, podstawowe definicje i wzory:

Stosowane oznaczenia:

- m – masa wahadła
- l – długość wahadła
- θ – kąt wychylenia od położenia równowagi
- t – czas
- g – przyspieszenie ziemskie
- ω – częstość ruchu okresowego
- T – okres ruchu okresowego
- x – przemieszczenie masy m wzdłuż łuku $x = l\theta$
- θ_m – maksymalne przemieszczenie kątowe (wychylenie początkowe)



Rysunek 5-1: Wahadło proste (matematyczne).

Okres ruchu wahadła w przybliżeniu ruchu harmonicznego (tzw. małe drgania)

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \quad (1)$$

Okres ruchu wahadła – wzór ścisły

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \left[1 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \sin^2 \theta_m + \left(\frac{1 \cdot 3}{2 \cdot 4}\right)^2 \sin^4 \theta_m + \left(\frac{1 \cdot 3 \cdot 5}{2 \cdot 4 \cdot 6}\right)^2 \sin^6 \theta_m + \dots \right] \quad (2)$$

Wzór (1) dostajemy z wzoru (2) przy zaniedbaniu wszystkich wyrazów w nawiasie za wyjątkiem jedności.

3 Wykonanie ćwiczenia

Wykonaj pomiary okresu drgań wahadła dla 5 do lub 6 różnych długości wahadła. Zmieniaj długość wahadła (od długości początkowej l_0) co $\Delta l = 30 \div 50$ cm .

Dla każdej długości wykonaj 5 pomiarów: zmierz pięciokrotnie czas odpowiadający liczbie okresów zwartej pomiędzy po 20 a 30.

Uwaga: Pomiary wykonuj dla kąta wychylenia mniejszego niż 5° . Wyniki pomiarów wpisz do tabeli 1.

4 Wyniki pomiarów

Tabela 1: Pomiary okresu drgań wahadła

$\Delta l = l - l_0$, gdzie l_0 – początkowa (nieznana) długość wahadła, l – „aktualna” długość, dla której wyznaczany jest średni okres \bar{T} .

Δl [cm]	t [s] – czas ...okresów	t [s] – czas ...okresów	t [s] – czas ...okresów	t [s] – czas ...okresów	t [s] – czas ...okresów	\bar{T} [s]

5 Opracowanie wyników

Poniżej zaproponowano dwie metody opracowania wyników wykonanych pomiarów okresu drgań wahadła, zmierzonych dla różnych długości wahadła. W oparciu o jedną z nich (zaproponowaną przez prowadzącego zajęcia) wyznacz przyspieszenie ziemskie g oraz początkową długość wahadła l_0 , wykorzystując program komputerowy „regresja liniowa”. Oszacuj niepewność wyznaczenia g .

Uwaga: We wzorze (1) wielkość l jest sumą dwóch części $l = \Delta l + l_0 \equiv X + l_0$ ($X \equiv \Delta l$ – zmiana długości wahadła).

Metoda 1

1. Przekształć wzór (1) do postaci

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{g}X + \frac{4\pi^2 l_0}{g}$$

która jest zależnością liniową, typu $y = ax + b$.

2. Metodą regresji wyznacz parametry a i b i ich niepewności.
3. Oblicz g oraz l_0 wraz z ich niepewnościami.

Metoda 2

1. Przekształć wzór (1) do postaci

$$4\pi^2 X = gT^2 - 4\pi^2 l_0,$$

która jest analogiczną zależnością liniową, typu $y = ax + b$.

2. Metodą regresji wyznacz parametry a i b i ich niepewności.
3. Oblicz g oraz l_0 wraz z ich niepewnościami.

Wnioski:

Uwagi prowadzącego:

Ocena za opracowanie wyników:

<i>ocena</i>

<i>podpis</i>

6 Załączniki: dodatkowe wykresy, obliczenia, ewentualna poprawa