

| | | | | |
|-------------------------------------|---------------------------|-------------------|-----------|--------------|
| Nr Ćwiczenia 102 | Data wykonania 29.10.2024 | Wydział WliT | Semestr 3 | Grupa LAB L1 |
| Prowadzący: mgr inż. Taras Zhezhera | | Stanisław Fiedler | | Ocena: |

Sprawozdanie Laboratorium Fizyka dla informatyków

Wyznaczanie przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła rewersyjnego i matematycznego.

Stanisław Fiedler 160250

LAB 1, 29 października 2024

1 Wstęp teoretyczny

Wahadła fizyczne i matematyczne wykonują ruch drgający pod wpływem siły ciężkości. W zakresie niedużych amplitud ruch ten jest ruchem harmonicznym, jego okres zależy od właściwości danego wahadła i od przyspieszenia ziemskiego.

Wahadło matematyczne jest punktem materialnym zawieszonym na nieważkiej nici. Przyspieszenie ziemskie można wyznaczyć wprost ze wzoru:

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

po przekształceniach otrzymujemy:

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T_M^2} \quad (2)$$

Dla wahadła fizycznego, które jest ciałem sztywne mogące wahać się wokół osi pionowej, do wyznaczenia przyspieszenia ziemskiego wprost ze wzoru znany musi być moment bezwładności I ciała:



$$T_f = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgL}}$$

Aby zastosować wzór (1) musimy znać długość zredukowaną l_r wahadła fizycznego. Jest ona równa długości mającego taki sam okres wahadła matematycznego. Znając zredukowaną l_r możemy użyć wzoru:

$$g = \frac{4\pi^2 l_r}{T_f^2} \quad (3)$$

Specjalną postacią wahadła fizycznego ułatwiającego wyznaczenie długości zredukowanej jest wahadło rewersyjne.

2 Wyniki pomiarów

| WACHADKO MATERIAŁY CZNE | | | | $\Delta t = 0,003s$ $\Delta L = 0,5cm$ $0,04cm$ $0,12cm$ | |
|-------------------------|---------------------|--------------|----------------|---|----------|
| ilość wachnięć | czas [s] | długość [cm] | okreś | | |
| 10 | 7,079 | 12 cm | | 0 cm | |
| 10 | 7,028 | 12 | | 19 cm oś obrotu A | |
| 10 | 7,042 | 12 | | x (cm)  środek 1 | |
| 10 | 9,840 | 24 | | | |
| 10 | 9,838 | 24 | | 106 cm oś drutu B | |
| 10 | 9,836 | 24 | | 170 cm  środek 2 | |
| 10 | 12,005 | 36 | | | |
| 10 | 12,009 | 36 | | | |
| 10 | 11,999 | 36 | | | |
| Krok 5 cm | | | | $\Delta t = 0,003s$ $\Delta L = 0,5cm$ | |
| ilość wachnięć | pozycja źródła [cm] | czas [s] | ilość wachnięć | pozycja źródła [cm] | czas [s] |
| 10 | 30 | 18,947 | 10 | 30 | 18,932 |
| 10 | 35 | 18,655 | 10 | 35 | 18,475 |
| 10 | 40 | 18,499 | 10 | 40 | 18,150 |
| 10 | 45 | 18,378 | 10 | 45 | 17,822 |
| 10 | 50 | 18,286 | 10 | 50 | 17,505 |
| 10 | 55 | 18,236 | 10 | 55 | 17,250 |
| 10 | 60 | 18,213 | 10 | 60 | 17,023 |
| 10 | 65 | 18,247 | 10 | 65 | 16,853 |
| 10 | 70 | 18,279 | 10 | 70 | 16,779 |
| 10 | 75 | 18,359 | 10 | 75 | 16,770 |
| 10 | 80 | 18,439 | 10 | 80 | 16,926 |
| 10 | 85 | 18,555 | 10 | 85 | 17,260 |
| 10 | 90 | 18,699 | 10 | 90 | 17,826 |
| 10 | 95 | 18,852 | 10 | 95 | 18,729 |

3 Opracowanie wyników

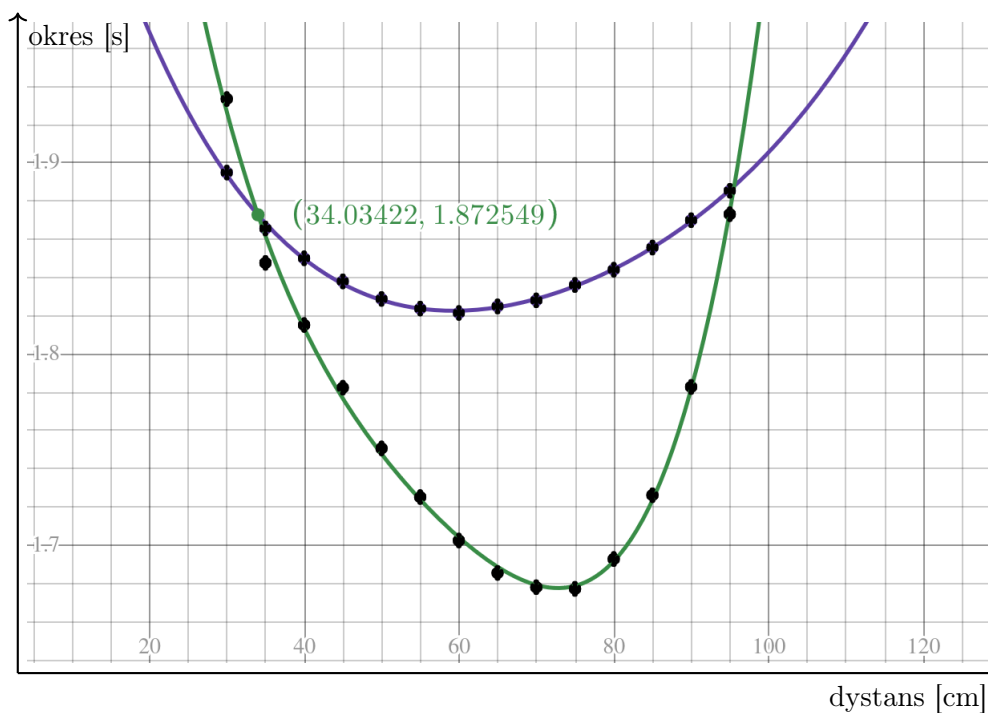
3.1 Wahadło rewersyjne

3.1.1 Pomiary

| liczba wahań | dystans [cm] | czas [s] | okres [s] | liczba wahań | dystans [cm] | czas [s] | okres [s] |
|--------------|--------------|----------|-----------|--------------|--------------|----------|-----------|
| 10 | 30 | 18.947 | 1.8947 | 10 | 30 | 19.332 | 1.9332 |
| 10 | 35 | 18.655 | 1.8655 | 10 | 35 | 18.475 | 1.8475 |
| 10 | 40 | 18.499 | 1.8499 | 10 | 40 | 18.15 | 1.815 |
| 10 | 45 | 18.378 | 1.8378 | 10 | 45 | 17.822 | 1.7822 |
| 10 | 50 | 18.286 | 1.8286 | 10 | 50 | 17.505 | 1.7505 |
| 10 | 55 | 18.236 | 1.8236 | 10 | 55 | 17.25 | 1.725 |
| 10 | 60 | 18.213 | 1.8213 | 10 | 60 | 17.023 | 1.7023 |
| 10 | 65 | 18.247 | 1.8247 | 10 | 65 | 16.853 | 1.6853 |
| 10 | 70 | 18.279 | 1.8279 | 10 | 70 | 16.779 | 1.6779 |
| 10 | 75 | 18.359 | 1.8359 | 10 | 75 | 16.77 | 1.677 |
| 10 | 80 | 18.439 | 1.8439 | 10 | 80 | 16.926 | 1.6926 |
| 10 | 85 | 18.555 | 1.8555 | 10 | 85 | 17.26 | 1.726 |
| 10 | 90 | 18.698 | 1.8698 | 10 | 90 | 17.826 | 1.7826 |
| 10 | 95 | 18.852 | 1.8852 | 10 | 95 | 18.729 | 1.8729 |

Dokładność pomiaru czasu wynosi $\Delta t = \pm 0,003s$, a pomiaru długości $\Delta l = \pm 0,5cm$.

3.1.2 Wyznaczenie miejsca przecięcia wykresów.



Okres dla którego $l_r = 106cm - 19cm = 87cm$ wynosi 1,8725 s.

3.1.3 Obliczenia

Wartość przyspieszenia ziemskiego obliczamy ze wzoru (3), a błąd metodą różniczek logarytmicznej. W tym celu przekształcamy wzór (3):

$$g = \frac{4\pi^2 l_r}{T_f^2}$$

$$g = 4\pi^2 \cdot l_r \cdot (T_f^2)^{-1}$$

$$g = 4\pi^2 \cdot l_r \cdot T_f^{-2}$$

$$\Delta g = \left(\frac{\Delta l_r}{l_r} + 2 \frac{\Delta T_f}{T_f} \right) g \quad (4)$$

$$g = \frac{4\pi^2 l_r}{T_f^2} \quad \Delta g = \left(\frac{\Delta l_r}{l_r} + 2 \frac{\Delta T_f}{T_f} \right) g$$

$$g = \frac{4\pi^2 \cdot 0,87}{1,8725^2} \frac{m}{s^2} \quad \Delta g = \left(\frac{0,002}{0,87} + 2 \cdot \frac{0,003}{1,8725} \right) \cdot 9,786 \frac{m}{s^2}$$

$$g = \frac{34,311}{3,506} \frac{m}{s^2} \quad \Delta g = (0,0023 + 0,0032) \cdot 9,786 \frac{m}{s^2}$$

$$g = 9,786 \frac{m}{s^2} \quad \Delta g = 0,0538 \frac{m}{s^2}$$

3.1.4 Wynik

$$g = (9,79 \pm 0,05) \frac{m}{s^2} \quad (5)$$

3.1.5 Wnioski

Tablicowa wartość przyspieszenia ziemskiego mieści się w wyznaczonym zakresie.

3.2 Wahadło matematyczne

3.2.1 Pomiary

| liczba wahań | czas [s] | długość [cm] | okres [s] |
|--------------|----------|--------------|-----------|
| 10 | 7.079 | 12 | 0.7079 |
| 10 | 7.028 | 12 | 0.7028 |
| 10 | 7.042 | 12 | 0.7042 |
| 10 | 9.84 | 24 | 0.984 |
| 10 | 9.838 | 24 | 0.9838 |
| 10 | 9.836 | 24 | 0.9836 |
| 10 | 12.005 | 36 | 1.2005 |
| 10 | 12.009 | 36 | 1.2009 |
| 10 | 11.999 | 36 | 1.1999 |

Dokładność pomiaru czasu wynosi $\Delta t = \pm 0,003s$, a pomiaru długości $\Delta l = \pm 0,2cm$.

3.2.2 Wartości uśrednione i odchylenie standardowe

| liczba wahań | długość [cm] | okres _{agv} [s] | σ okres [s] |
|--------------|--------------|--------------------------|--------------------|
| 10 | 12 | 0.70 | 0.003 |
| 10 | 24 | 0.98 | 0.0002 |
| 10 | 36 | 1.2 | 0.001 |

3.2.3 Obliczenia

Wartość przyspieszenia ziemskiego obliczamy ze wzoru (2), a błąd metodą różniczek logarytmicznej. W tym celu przekształcamy wzór (2):

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T_M^2}$$

$$g = 4\pi^2 \cdot l \cdot (T_M^2)^{-1}$$

$$g = 4\pi^2 \cdot l \cdot T_M^{-2}$$

$$\Delta g = \left(\frac{\Delta l}{l} + 2 \frac{\Delta T_M}{T_M} \right) g \quad (6)$$

Przykładowo dla wahadła o długości 12cm obliczenia wyglądają następująco:

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T_M^2} \quad \Delta g = \left(\frac{\Delta l}{l} + 2 \frac{\Delta T_M}{T_M} \right) g$$

$$g = \frac{4\pi^2 \cdot 0,12}{0,705^2} \quad \frac{m}{s^2} \quad \Delta g = \left(\frac{0,002}{0,12} + 2 \cdot \frac{0,003}{0,705} \right) \cdot 9,5315 \quad \frac{m}{s^2}$$

$$g = \frac{4,7374}{0,497} \quad \frac{m}{s^2} \quad \Delta g = (0,0166 + 0,00852) \cdot 9,5315 \quad \frac{m}{s^2}$$

$$g = 9,5315 \quad \frac{m}{s^2} \quad \Delta g = 0,2394 \quad \frac{m}{s^2}$$

3.2.4 Wyniki

| liczba wahań | długość [cm] | okres _{agv} [s] | σ okres [s] | g [$\frac{m}{s^2}$] | Δg [$\frac{m}{s^2}$] |
|--------------|--------------|--------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------------------|
| 10 | 12 | 0.70 | 0.003 | 9.53 | 0.24 |
| 10 | 24 | 0.98 | 0.0002 | 9.79 | 0.14 |
| 10 | 36 | 1.2 | 0.001 | 9.9 | 0.1 |

3.2.5 Wnioski

Wartość tablicowa przyspieszenia ziemskiego mieści się w przedziałach wyznaczonych dla wahadła o długościach 24 i 36 cm. Na niedokładność wahadła o długości 12cm mógł wpłynąć fakt, że metalowa kula zawieszona na cienkiej nici nie jest idealnym wahadłem matematycznym, jej masa nie jest skupiona w jednym punkcie, oraz działają na nią opory powietrza.