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 przyśpieszenia ziemskiego.

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

$$T_M = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \tag{1}$$

po przekształceniach otrzymujemy:

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

Dla wahadła fizycznego, które jest ciało sztywne mogące wahać się wokół osi pionowej, do wyznaczenia przyśpieszenia 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:

$$g = \frac{4\pi^2 l_r}{T_f^2} \tag{3}$$

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

2 Wyniki pomiarów

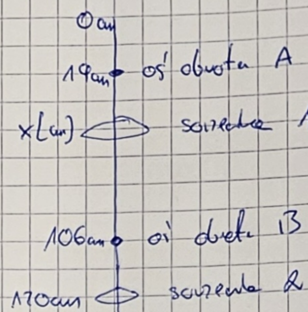
~~wahadło~~

WAHADŁO MATEMATYCZNE

$\Delta t = 0{,}00\cancel{1}3\,s$

$\Delta L = \cancel{0{,}5\,cm}$ $\cancel{0{,}01\,cm}$ $0{,}\cancel{1}2\,cm$

ilość drgań/wahnięć	czas [s]	długość [cm]	okres
10	7,079	12 ~~cm~~	
10	7,028	12	
10	7,042	12	
10	9,840	24	
10	9,838	24	
10	9,836	24	
10	12,005	36	
10	12,009	36	
10	11,999	36	



29.10.24

krok 5 cm

$\Delta t = 0{,}00\cancel{1}3\,s$

$\Delta L = 0{,}5\,cm$

WAHADŁO REWERSYJNE

ilość wahnięć	pozycja soczewki 1 [cm]	czas [s]	ilość wahnięć	pozycja soczewki 1 [cm]	czas [s]
10	30	18,947	10	30	~~18~~ 19,332
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	~~90~~ 95	18,852	10	95	18,729

3 Opracowanie wyników

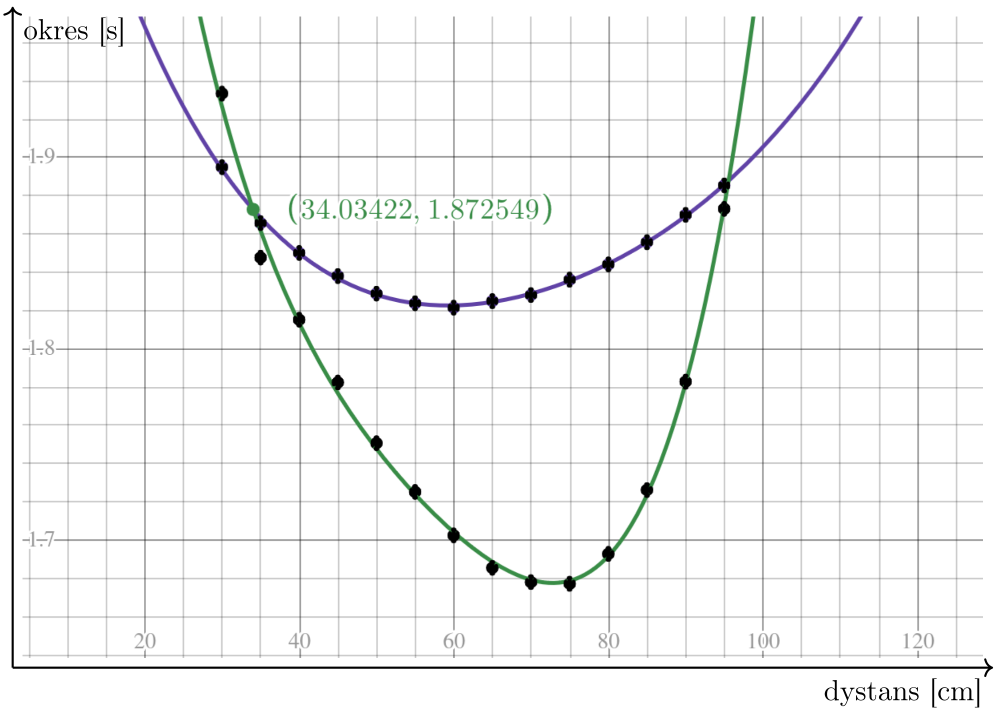
3.1 Wahadło rewersyjne

3.1.1 Pomiary

liczba wahnięć	dystans [cm]	czas [s]	okres [s]	liczba wahnięć	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 $\Delta t = \pm 0,003$, 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 różniczki logarytmicznej. W tym celu przekształcamy wzór (3):

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

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

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

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

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

$$g = \frac{4\pi^2 \cdot 0,87}{1,8725^2} \quad [\frac{m}{s^2}]$$

$$g = \frac{34,311}{3,506} \quad [\frac{m}{s^2}]$$

$$g = 9,786 \quad [\frac{m}{s^2}]$$

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

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

$$\Delta g = (0,0023 + 0,0032) \cdot 9,786 \quad [\frac{m}{s^2}]$$

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

3.1.4 Wynik

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

3.1.5 Wnioski

Tablicowa wartość przyśpieszenia ziemskiego mieści się w wyznaczonym zakresie.

3.2 Wahadło matematyczne

3.2.1 Pomiary

liczba wahnięć	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 $\Delta t = \pm 0,003$, a pomiaru długości $\Delta l = \pm 0,2cm$.

3.2.2 Wartości uśrednione i odchylenie standardowe

liczba wahnięć	długość[cm]	okres$_{agv}$ [s]	σokres [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 różniczki logarytmicznej. W tym celu przekształcamy wzór (2):

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

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

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

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

Przykładowo dla wahadła o długości 12cm obliczenia wyglądają następująco:

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

$$g = \frac{4\pi^2 \cdot 0,12}{0,705^2} \quad [\frac{m}{s^2}]$$

$$g = \frac{4,7374}{0,497} \quad [\frac{m}{s^2}]$$

$$g = 9,5315 \quad [\frac{m}{s^2}]$$

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

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

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

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

3.2.4 Wyniki

liczba wahnięć	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 przyśpieszenia 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.