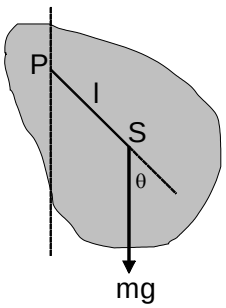
Pomiar okresu drgań wahadła fizycznego

Cel eksperymentu

Sprawdzić charakter teoretycznej zależności okresu drgań wahadła prostego ***T*** od jego długości ***l*** i wyznaczyć przyspieszenie ziemskie ***g***.

Wiadomości teoretyczne

Dowolne ciało sztywne zawieszone tak, że może się wahać wokół pewnej osi przechodzącej przez to ciało nazywamy wahadłem fizycznym.



P jest punktem zawieszenia ciała, a punkt S jest środkiem masy. Moment siły τ wynosi

$$\tau = -mgl\sin\theta$$

Korzystając ze związku

$$\tau = I\alpha = I(\mathrm{d}^2\theta/\mathrm{d}t^2)$$

otrzymujemy

$$-mgl\sin\theta = I\frac{\mathrm{d}^2\theta}{\mathrm{d}t^2}$$

Dla małych wychyleń, dla których $\sin\theta \cong \theta$ dostajemy równanie

$$\frac{\mathrm{d}^2\theta}{\mathrm{d}t^2} = -\left(\frac{mgl}{I}\right)\theta$$

To równanie ma tę samą postać co równanie dla ruchu harmonicznego, więc

$$\omega = \sqrt{\frac{mgl}{I}}$$

lub

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgl}} \qquad (1)$$

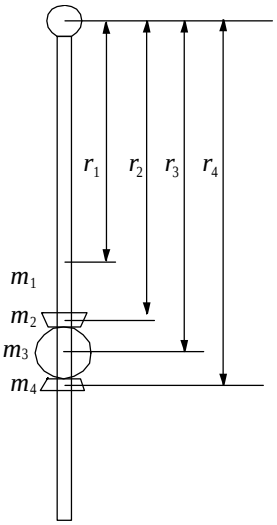
W przypadku wahadła z ciałem zawieszonym o masie punktowej, $I = ml^2$, i otrzymujemy znany wzór dla wahadła prostego

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

Opis aparatury pomiarowej

Do eksperymentów wykorzystane jest stanowisko firmy COBRABID zawierające komputer z oprogramowaniem pomiarowym, interfejs pomiarowy, fotobramkę, stojak, ramię, obciążnik wahadła i nić.

W trakcie jednego okresu drgań, obciążnik wahadła wchodzi dwukrotnie w przestrzeń pomiarową fotobramki przesłaniając fototranzystor (stan wysoki). Okres drgań wahadła może być wyznaczony jako suma czasów, w których fototranzystor znajduje się dwukrotnie w stanie niskim i dwukrotnie w stanie wysokim. Czasy te są w trakcie eksperymentu precyzyjnie mierzone i zapamiętywane w pamięci interfejsu pomiarowego. Jako wynik użytkownik otrzymuje wartość średnią okresu drgań wahadła zmierzoną dla kilku okresów drgań wahadła.



Schemat wahadła fizycznego stosowanego w ćwiczeniu jest pokazany na powyższym rysunku. Wielkości *m*, *I* i *l* ze wzoru ogólnego na okres wahadła fizycznego (1) można wyrazić przez wielkości podane na tym rysunku.

$$m = m_1 + m_2 + m_3 + m_4 \tag{3}$$

$$I = \frac{m_1 l_1^2}{3} + m_2 l_2^2 + m_3 l_3^2 + m_4 l_4^2 \tag{4}$$

$$l = \frac{m_1 l_1 + m_2 l_2 + m_3 l_3 + m_4 l_4}{m_1 + m_2 + m_3 + m_4} \tag{5}$$

W końcu otrzymuje się następujący wzór na okres *T*:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{m_1 l_1^2}{3} + m_2 l_2^2 + m_3 l_3^2 + m_4 l_4^2}{g(m_1 l_1 + m_2 l_2 + m_3 l_3 + m_4 l_4)}} \tag{6}$$

Przebieg ćwiczenia

Po uruchomieniu programu „Fizyka”, wybraniu z menu opcji *2* i potwierdzeniu wyboru klawiszem Enter, wyświetlane są parametry istotne dla tego doświadczenia w formie następującej:



W pozycji *3* wpisać liczbę pomiarów (od 6 do 12) a w pozycji *4* długość wahadła. Po ustawieniu parametrów eksperymentu wcisnąć klawisz '0', a następnie 'Enter', co powoduje pojawienie się napisu „*wciśnij dowolny klawisz*". Należy obecnie wprawić w ruch wahadło, odchylając jego obciążnik o niewielki kąt od pionu, i po kilku wahnięciach wcisnąć dowolny klawisz w celu uruchomienia rejestracji pomiaru.

Dla wahadła fizycznego, należy wykonać pomiary okresu drgań T dla dziesięciu różnych długości l_2, l_3, l_4, obliczyć przyspieszenie g ze wzoru (6) i wypełnić poniższą tabelę.

Numer pomiaru	l_2 [cm]	l_3 [cm]	l_4 [cm]	T [s]
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Prezentacja wyników eksperymentu

Dla wahadła fizycznego:

- Wyniki pomiarów okresu T i długości l_1, l_2, l_3, l_4 należy przedstawić graficznie w postaci punktów na wykresie $Y = f(X)$, gdzie $Y = 4\pi^2 I$, $X = T^2(m_1 l_1 + m_2 l_2 + m_3 l_3 + m_4 l_4)$. Masy poszczególnych części wahadła są równe: $m_1 = 178$ g, $m_3 = 135$ g, $m_2 = m_4 = 6$ g.
- Wyznaczyć przyspieszenie g z nachylenia linii prostej, prezentującej aproksymację liniową zależności $Y = f(X)$.
- Obliczyć odchylenie standardowe $\Delta_s g$ dla przyspieszenia g i niepewność względną $\Delta_s g/g$ wyznaczenia g daną metodą.