



Podstawy Fizyki Mechanika

Praca zbiorowa

Ćwiczenie F 2

POMIAR NATEŻENIA POŁA GRAWITACYJNEGO W SIEDLCACH PRZY POMOCY MODELU WAHADŁA MATEMATYCZNEGO

opr. techn. Mirosław Maś

Uniwersytet Przyrodniczo - Humanistyczny
Siedlce 2019

1. Cel ćwiczenia

Korzystając z modelu wahadła matematycznego wyznaczyć wartość przyspieszenia.

Zestaw pomiarowy składa się z:

1. modelu wahadła matematycznego z kątomierzem,
2. katetometru do pomiaru długości nici,
3. suwmiarki,
4. stopera.

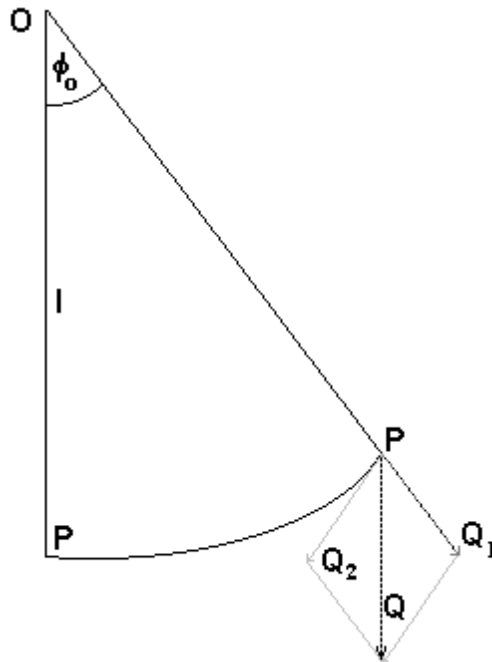
Przed rozpoczęciem ćwiczenia należy sprawdzić czy zestaw laboratoryjny jest kompletny.

Do ćwiczenia należy opanować następujące zagadnienia teoretyczne:

- pojęcie punktu materialnego,
- wahadło matematyczne,
- amplituda,
- okres,
- pojęcie izochronizmu,
- zasada pomiaru katetometrem.

2. Wprowadzenie teoretyczne

Punkt materialny zaczepiony na nierozciągliwej nici o długości l tworzy układ zwany wahadłem matematycznym. W praktyce używamy modelu - składającego się z kulki o niewielkich rozmiarach w porównaniu z długością nici. Długością wahadła jest odległość środka kulki (**P**) od punktu zaczepienia nitki. Punkt materialny wychylony z położenia równowagi poruszał się będzie po łuku okręgu ruchem niejednostajnie zmiennym. Niech punktem zawieszenia wahadła będzie punkt **O**, a wahadło wychylamy o kąt ϕ_0 od położenia równowagi.



Rys. 1.

Na punkt **P** działa siła ciężkości $\vec{Q} = m \vec{g}$,

gdzie: m - masa wahadła, g - natężenie pola grawitacyjnego.

Siła Q rozkłada się na dwie składowe Q_1 i Q_2 . Q_1 napina nitkę i jest zrównoważona przez siłę sprężystości nitki. Siła Q_2 powoduje ruch wahadła.

Oscylator harmoniczny - to punkt materialny, na który, działa siła skierowana do pewnego centrum, proporcjonalna do odległości tego punktu od centrum.

Jeżeli na oscylator (punkt materialny) działa tylko siła Q_2 , to mamy do czynienia z jednowymiarowym oscylatorem harmonicznym bez tłumienia. W rzeczywistości działają jeszcze siły oporu ośrodka i siły tarcia. Każdy rzeczywisty oscylator harmoniczny jest oscylatorem tłumionym.

Punkt materialny, który doznaje przyspieszenia proporcjonalnego do wychylenia jest oscylatorem harmonicznym prostym. Torem ruchu jest odcinek prostoliniowy zawarty między amplitudami - ϕ_0 i $+\phi_0$, a ruch jest okresowy o okresie.

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

Jak widać okres zależy od długości wahadła l oraz od siły centralnej (scharakteryzowanej współczynnikiem g), nie zależy natomiast od wychylenia. Drgania posiadające taką własność są izochroniczne. Zatem oscylator harmoniczny prosty jest oscylatorem izochronicznym.

Dla małych kątów wychylenia wahadło matematyczne traktujemy jako izochroniczne. Przy dokładniejszych pomiarach odstępstwo od izochroniczności należy uwzględnić (działają siły oporu ośrodka i siły tarcia). Zatem wzór na okres, w którym uwzględnimy wpływ sił przybierze postać:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g} \left(1 + \frac{\phi_0^2}{16} \right)}. \quad /2/$$

Wahadło może być wykorzystane do precyzyjnego pomiaru natężenie pola grawitacyjnego (pomiaru przyspieszenia ziemskiego). Wystarczy zmierzyć:

długość wahadła l ,

kąt wychylenia początkowego ϕ_0 ,

oraz okres T ,

a natężenie pola grawitacyjnego g obliczymy ze wzoru:

$$g = \frac{4\pi^2 L}{T^2} \left(1 + \frac{\phi_0^2}{16} \right)^2. \quad /3/$$

We wzorze /3/ długość wahadła oznaczono literą L dlatego, że w ćwiczeniu przy wyznaczaniu długości wahadła - małą literą $l_{1,2}$ - nazwaliśmy długość nici.

3. Opis urządzenia

Model wahadła matematycznego składa się z ciężkiej kulki oraz słabo rozciągliwej nici zawieszanej na sztywnym statywie zaopatrzonym w kątomierz.



Pomiar długości wahadła wykonujemy przy pomocy katetometru i suwmiarki.



Patrząc przez lunetkę ustawiamy nić pajęczą na górnej krawędzi haczyka na którym jest zawieszono wahadło. Linia na skali pozwala na odczytanie wartości. Powtarzamy pomiar ustawiając nić pajęczą na górnej krawędzi kulki. Odczytujemy wskazanie. Różnica między odczytami jest długością nici.

Za pomocą suwmiarki wyznaczamy średnicę kulki (D).

Długość wahadła (L) jest równa długości nici i dodanego promienia kulki.

$$L = l_{1,2} + \frac{1}{2}D, \quad /4/$$

gdzie: $l_{1,2}$ - długość nici, D - średnica kulki.

Przebieg pomiarów

1. Wyznaczyć długość wahadła - mierząc długość nici przy pomocy katetometru i średnicę kulki – suwmiarką.

Lp.	Średnica kulki	wahadło L_1			wahadło zredukowane L_2		
		Górna krawędź kulki	Punkt zawieszenia	Długość nici	Górna krawędź kulki	Punkt zawieszenia	Długość nici
	D	b_1	a	$l_1=a-b_1$	b_2	a	$l_2=a-b_2$
1							
2							
3							
średnia:							

2. Obliczyć ze wzoru /4/ długość wahadeł L_1 i L_2 .
3. Wychylić wahadło o kąt ϕ_0 , następnie zmierzyć stoperem czas n wahań. Wyniki zanotować w tabeli. **Ilość n podaje prowadzący.**

Lp.	wahadło			wahadło zredukowane		
	5°	7°	10°	5°	7°	10°
1						
2						
3						
średnia:						

4. Obliczyć średni okres wahań wahadła L_1 i L_2 dla wszystkich wychyleń.
5. Obliczyć natężenie pola grawitacyjnego korzystając ze wzoru /3/.
6. Obliczyć średnie natężenie grawitacyjne.
7. Maksymalny błąd pomiaru natężenia grawitacyjnego obliczyć metodą różniczeki zupełnej (**dla wybranej długości wahadła**).

$$\Delta g = \left| \frac{\partial g}{\partial L} \right| \Delta L + \left| \frac{\partial g}{\partial T} \right| \Delta T + \left| \frac{\partial g}{\partial \phi_0} \right| \Delta \phi_0,$$

gdzie:

$$\left| \frac{\partial g}{\partial L} \right| = \left| \frac{4\pi^2}{T^2} \left(1 + \frac{\phi_0^2}{16} \right) \right|; \quad \left| \frac{\partial g}{\partial T} \right| = \left| -\frac{8\pi^2 L}{T^3} \left(1 + \frac{\phi_0^2}{16} \right) \right|; \quad \left| \frac{\partial g}{\partial \phi_0} \right| = \left| \frac{\pi^2 L \phi_0}{T^2} \left(1 + \frac{\phi_0^2}{16} \right) \right|$$

8. Przeprowadzić dyskusję wyników.

Literatura:

1. A. Daniluk - Instrukcje ćwiczeń laboratoryjnych z fizyki
2. D. Halliday, R. Resnick, J. Walker - Podstawy fizyki – T. 2
3. S. Przystalski – Fizyka z elementami biofizyki i agrofizyki – Część 3 rozdz. 3
4. P.G. Hewitt – Fizyka wokół nas