WYZNACZANIE PRZYSPIESZENIA ZIEMSKIEGO
ZA POMOCĄ WAHADŁA MATEMATYCZNEGO.

Cele ćwiczenia:

1. Wyznaczenie wartości przyspieszenia ziemskiego i porównanie jej z wartością tablicową.
2. Sprawdzenie prawa izochronizmu wahadła matematycznego.
3. Planowanie i optymalizacja pomiarów.

Spis przyrządów:

Wahadło matematyczne, stoper, taśma miernicza, suwmiarka.

Zagadnienia:

1. Opis wektorowy i skalarny pola grawitacyjnego.
2. Układ inercjalny i nieinercjalny.
3. Siła grawitacji a ciężar. Przyspieszenie ziemskie i sposoby jego wyznaczania.
4. Wahadło matematyczne – wyprowadzenie wzoru na okres drgań.
5. Ruchu harmoniczny prosty.
6. Prawo izochronizmu.

Literatura:

1. T. Dryński, *Ćwiczenia Laboratoryjne z fizyki.* PWN, Warszawa 1967
2. J. Massalski, M. Massalska, *Fizyka dla inżynierów,* cz. I. WN-T, Warszawa 1974
3. R. Resnick, D.Halliday, *Fizyka*, t.1. PWN, Warszawa 1983.
4. *I Pracownia Fizyczna*. pod red. Cz. Kajtocha, Wydawnictwo Naukowe AP, Kraków 2007

WYZNACZANIE PRZYSPIESZENIA ZIEMSKIEGO
ZA POMOCĄ WAHADŁA MATEMATYCZNEGO.

Tok postępowania:

1. Zmierzyć długość wahadła $\boldsymbol{l_0}$ (od punktu zamocowania do kulki) i średnicę kulki $\boldsymbol{d}$.
2. Dla trzech różnych długości wahadła: $\boldsymbol{l}$ (z zakresu 20-30 cm), 4$\boldsymbol{l}$ i pośredniej, oraz różnych wartości wychylenia początkowego, wykonać pomiary i obliczenia według tabelek 1,2,3 gdzie:

   $\boldsymbol{l_0}$ – długość nici z haczykiem; $\boldsymbol{d}$ – średnica kulki.

3. Wyznaczyć średnią wartość okresu T i obliczyć przyspieszenie ziemskie korzystając ze wzorów:

$$\boldsymbol{T} = \frac{\boldsymbol{t}}{\boldsymbol{n}}\,[\mathrm{s}] \qquad \boldsymbol{g} = \frac{4\pi^2 \boldsymbol{l}}{\boldsymbol{T}^2}\left[\frac{\boldsymbol{m}}{\boldsymbol{s}^2}\right]$$

4. Na podstawie wyników pomiarów i obliczeń sprawdzić:
   a) izochronizm wahadeł tzn. czy okres drgań wahadła o danej długości zależy od wielkości wychylenia;
   b) czy słuszna jest proporcjonalność okresu drgań wahadła do pierwiastka jego długości, tzn. wahadło o np. 4 razy większej długości ma 2 razy większy okres drgań;
   c) które z pomiarów dają najlepsze, najbardziej zbliżone do wartości rzeczywistej przyspieszenia, wyniki.

Tabela 1. Pomiary dla wahadła o długości l_1

l_{01} [m] =	d [m] =	$l_1 = l_{01} + \frac{d}{2}$ [m] =

Ilość okresów n	Czas t [s] n drgań dla wychylenia :					
	małego		średniego		dużego	
20	t =		t =		t =	
	T =	g =	**T =**	g =	**T =**	g =
30	t =		t =		t =	
	T =	g =	**T =**	g =	**T =**	g =
50	t =		t =		t =	
	T =	g =	**T =**	g =	**T =**	g =
	$\mathbf{T_{śr.}}$ =	$\mathbf{g_{śr.}}$ =	$\mathbf{T_{śr.}}$ =	$\mathbf{g_{śr.}}$ =	$\mathbf{T_{śr.}}$ =	$\mathbf{g_{śr.}}$ =

Tabela 2. Pomiary dla wahadła o długości l_2

l_{02} [m] =	d [m] =	$l_2 = l_{02} + \frac{d}{2}$ [m] =

Ilość okresów n	Czas t [s] n drgań dla wychylenia :					
	małego		średniego		dużego	
20	t =		t =		t =	
	T =	g =	**T =**	g =	**T =**	g =
30	t =		t =		t =	
	T =	g =	**T =**	g =	**T =**	g =
50	t =		t =		t =	
	T =	g =	**T =**	g =	**T =**	g =
	$\mathbf{T_{śr.}}$ =	$\mathbf{g_{śr.}}$ =	$\mathbf{T_{śr.}}$ =	$\mathbf{g_{śr.}}$ =	$\mathbf{T_{śr.}}$ =	$\mathbf{g_{śr.}}$ =

Tabela 3. Pomiary dla wahadła o długości l_3

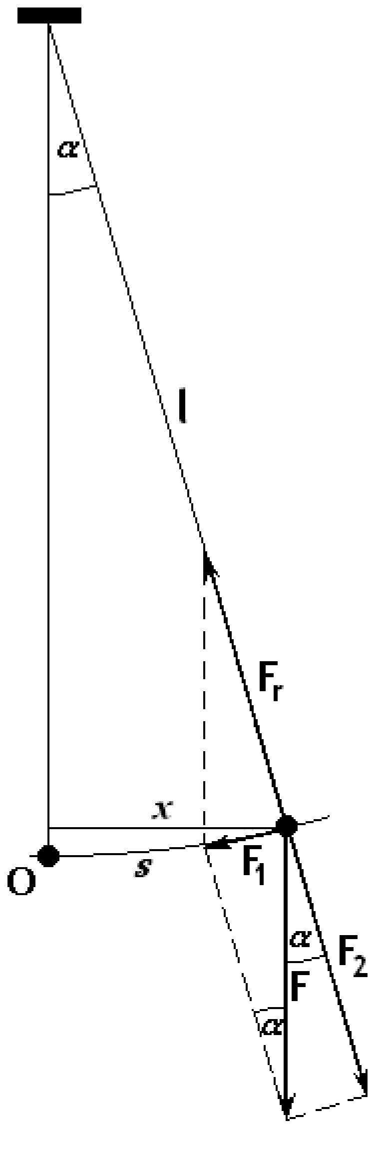
l_{03} [m] =	d [m] =	$l_3 = l_{03} + \frac{d}{2}$ [m] =

Ilość okresów n	Czas t [s] n drgań dla wychylenia :					
	małego		średniego		dużego	
20	t =		t =		t =	
	T =	g =	**T =**	g =	**T =**	g =
30	t =		t =		t =	
	T =	g =	**T =**	g =	**T =**	g =
50	t =		t =		t =	
	T =	g =	**T =**	g =	**T =**	g =
	$\mathbf{T_{śr.}}$ =	$\mathbf{g_{śr.}}$ =	$\mathbf{T_{śr.}}$ =	$\mathbf{g_{śr.}}$ =	$\mathbf{T_{śr.}}$ =	$\mathbf{g_{śr.}}$ =

WYZNACZANIE PRZYSPIESZENIA ZIEMSKIEGO
ZA POMOCĄ WAHADŁA MATEMATYCZNEGO.

Wstęp teoretyczny.

Wahadło matematyczne to punkt materialny o masie ***m*** zawieszony na nieważkiej, nierozciągliwej nici o długości ***l***. (rys. 1).



Rys. 1. Wahadło matematyczne

W położeniu równowagi, siła ciężkości oraz siła reakcji nici $\vec{F}_r$ równoważą się i wahadło pozostaje w spoczynku. Jeśli wychylimy je z położenia równowagi, o kąt α te dwie siły już się nie równoważą, a ich wypadkowa nie równa się zero i spowoduje ruch wahadła w stronę położenia równowagi. Wahadło będzie poruszało się ruchem drgającym.

Składowa F_2 siły ciężkości $F = mg$ napina nić. Zgodnie z III zasadą dynamiki na kulkę działa równa co do wartości siła reakcji nici F_r.

Wahadło porusza się pod działaniem wypadkowej F_1 sił F i F_r

$$F_1 = F \sin\alpha$$

$$F_1 = mg\frac{x}{l}$$

Kierunek siły F_1 jest styczny do łuku s okręgu o promieniu l.

Dla małych kątów wychylenia:

$$\frac{x}{l} = \sin\alpha \approx \alpha = \frac{s}{l}$$

W przybliżeniu długość łuku s jest równa x i kierunek działającej siły jest zgodny z kierunkiem wychylenia. Siła ta jest proporcjonalna do wychylenia i ma przeciwny zwrot, jest to więc ruch harmoniczny.

Dla małych kątów można przyjąć, że jest to prostoliniowy ruch harmoniczny w kierunku x. Przez porównanie równań:

$$\vec{F} = -k\vec{x} \quad \text{i} \quad F_1 = \frac{mg}{l}x$$

gdzie:
x – to współrzędna położenia ciała w danej chwili zwana wychyleniem;
k – współczynnik proporcjonalności, $k > 0$;
m – masa kulki;
l – długość nic;
g – przyśpieszenie ziemskie;
otrzymujemy:

$$k = \frac{mg}{l}$$

Korzystając ze wzoru na okres drgań w ruch harmonicznym:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

i podstawiając za $k = \frac{mg}{l}$,

otrzymujemy:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{m\frac{l}{mg}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}\,.$$

Posługując się takim wahadłem, możemy wyznaczyć wartość przyśpieszenia ziemskiego w miejscu, w którym przeprowadzamy pomiary.

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}\,.$$