

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1-08
«ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНІВ МЕХАНІКИ ЗА ДОПОМОГОЮ
УНІВЕРСАЛЬНОГО МАЯТНИКА»

методичні вказівки для здобувачів спеціальності 123
дистанційної форми навчання

Одеса: ДУ «ОП», 2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1-08
«ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНІВ МЕХАНІКИ ЗА ДОПОМОГОЮ
УНІВЕРСАЛЬНОГО МАЯТНИКА»

методичні вказівки для здобувачів спеціальності 123
дистанційної форми навчання

Затверджено
на засіданні кафедри фізики
Протокол № 7 від 3.02.2022 р.

Одеса: ДУ «ОП», 2022

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1-08 «ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНІВ МЕХАНІКИ ЗА ДОПОМОГОЮ УНІВЕРСАЛЬНОГО МАЯТНИКА» методичні вказівки для здобувачів спеціальності 123дистанційної форми навчання / Укл.: Олена Володимирівна Свірідова, Ольга Валентинівна Свірідова. – Одеса: ДУ «ОП», 2022. – 9 с.

Укл.: Олена. В. Свірідова, ст. викл.,

Ольга. В. Свірідова к.ф.-м.н., доц..

ЗМІСТ

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1-08	4
«ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНІВ МЕХАНІКИ ЗА ДОПОМОГОЮ УНІВЕРСАЛЬНОГО МАЯТНИКА»	4
Мета роботи	4
Вправа1. Визначення прискорення вільного падіння за допомогою математичного маятника. 4	
Опис установки	4
Порядок виконання роботи:.....	5
Таблиці даних:.....	5
Вправа 2. Визначення моменту інерції фізичного маятника	7
Порядок виконання роботи:.....	7
Таблиці даних:.....	8
Контрольні запитання:	9
Література:	9

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1-08

«ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНІВ МЕХАНІКИ ЗА ДОПОМОГОЮ УНІВЕРСАЛЬНОГО МАЯТНИКА»

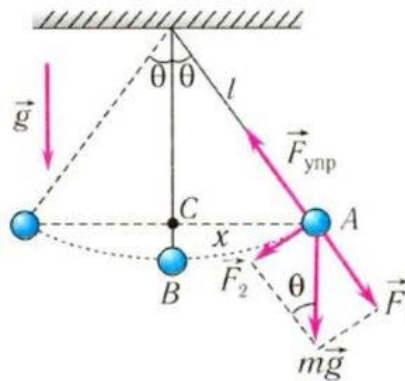
Мета роботи

Метою роботи є вивчення методу визначення прискорення вільного падіння за допомогою математичного маятника та експериментальне переконання в тому, що точка підвісу та центр хитань фізичного маятника є оберненими.

Вправа 1. Визначення прискорення вільного падіння за допомогою математичного маятника

Математичним маятником називається матеріальна точка, що підвішена на невагомій нерозтяжній нитці завдовжки l в полі сили тяжіння (або інших сил).

Галілео Галілей експериментально встановив, що період коливань математичного маятника в полі сили тяжіння не залежить від його маси та амплітуди коливань (куту початкового відхилення).



Період малих коливань математичного маятника в полі сили тяжіння Землі визначається за формулою Гюйгенса: $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$.

При малих кутах відхилення математичного маятника ($\alpha < 20^\circ$) похибка розрахунку періоду за формулою Гюйгенса не перевищує 1%.

Опис установки

Установка в нашій лабораторії складається із горизонтальної планки, яку закріплено до стіни. На планці закріплено кріплення нитки підвісу математичного маятника. Довжину нитки математичного маятника можна змінювати шляхом намотування нитки на барабан. Положення барабана фіксується стопорним гвинтом (фото установки див. нижче). Положення вантажа на маятника визначається за допомогою дзеркальної шкали.

Періоди коливань математичного маятника при різних значеннях довжин $T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{l_1}{g}}$ та $T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{l_2}{g}}$.



Тому $T_1^2 = 4\pi^2 \frac{l_1}{g}$ і $T_2^2 = 4\pi^2 \frac{l_2}{g}$. Якщо значення довжини маятника замінити показниками положення вантажа на дзеркальній шкалі n_1 і n_2 , то виконується співвідношення $(l_2 - l_1) = (n_2 - n_1)$.

Можна записати

$$T_2^2 - T_1^2 = \frac{4\pi^2}{g} (n_2 - n_1).$$

Скориставшись цим співвідношенням, маємо можливість знайти прискорення вільного падіння:

$$g = \frac{4\pi^2(n_2 - n_1)}{T_2^2 - T_1^2} \quad (1)$$

Порядок виконання роботи:

1. За допомогою лінійки на дзеркальній шкалі установки зафіксувати положення вантажу n_1 .
2. Виміряти час t_1 десяти коливань і знайти період коливань T_1 .
3. Трохи змінити довжину нитки, намотуючи її на барабан (або відпускаючи) на 10 - 20 см і записати положення вантажу n_2 .
4. Виміряти час t_2 десяти коливань і знайти період коливань T_2 .
5. За формулою (1) обчислити значення прискорення вільного падіння.
6. Виміри провести три рази.
7. Порівняти середнє значення прискорення з табличним $g_{\text{теор}} = 9,81 \text{ М/с}^2$.

Таблиці даних:

ТАБЛИЦЯ 1

№	N	t_1	t_2	n_1	n_2	T_1	T_2	g	$g_{\text{теор}}$
		с	с	см	см	с	с	М/с ²	М/с ²
1	10	22,76	23,57	10	20				
2	10	22,62	23,50	11	18				
3	10	22,68	23,69	12	24				

ТАБЛИЦЯ 2

№	N	t_1	t_2	n_1	n_2	T_1	T_2	g	$g_{\text{теор}}$
		с	с	см	см	с	с	М/с ²	М/с ²
1	10	23,80	25,12	21	37				
2	10	23,86	25,27	20	36				
3	10	23,73	25,22	21	35				

ТАБЛИЦЯ 3

№	N	t_1	t_2	n_1	n_2	T_1	T_2	g	$g_{теор}$
		с	с	см	см	с	с	M/c^2	M/c^2
1	10	23,25	24,59	18	35				
2	10	23,54	24,76	20	33				
3	10	23,57	24,74	20	35				

ТАБЛИЦЯ 4

№	N	t_1	t_2	n_1	n_2	T_1	T_2	g	$g_{теор}$
		с	с	см	см	с	с	M/c^2	M/c^2
1	10	23,80	25,10	20	37				
2	10	23,86	25,20	22	37				
3	10	23,74	25,26	20	35				

ТАБЛИЦЯ 5

№	N	t_1	t_2	n_1	n_2	T_1	T_2	g	$g_{теор}$
		с	с	см	см	с	с	M/c^2	M/c^2
1	10	23,63	25,10	20	33				
2	10	23,84	25,20	18	35				
3	10	23,74	25,26	20	36				

ТАБЛИЦЯ 6

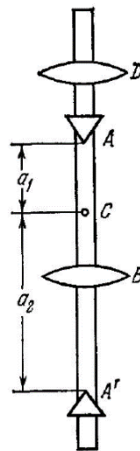
№	N	t_1	t_2	n_1	n_2	T_1	T_2	g	$g_{теор}$
		с	с	см	см	с	с	M/c^2	M/c^2
1	10	23,64	25,62	20	37				
2	10	23,84	25,70	21	37				
3	10	23,73	25,78	21	34				

Вправа 2. Визначення моменту інерції фізичного маятника

Фізичним маятником називається любе *тверде тіло*, яке під дією *сили тяжіння* може здійснювати *вільні коливання* навколо *нерухомої осі*. Найбільш просто описується плоский рух маятника навколо фіксованої осі. У тому випадку, якщо маятник здійснює кілька десятків коливань без помітного *згасання*, *моментом сили тертя* у першому приближенні можна знехтувати.

Робота проводиться на оборотному маятнику, який має 2 паралельні одна одній, закріплені поблизу кінців опорні призми. На опорних призмах він може бути підвішеним по черзі.

Маятник підвішують послідовно в 2-х точках підвісу, визначають його період коливань. В результаті отримують 2 серії вимірювань періоду коливань T (у прямому та перевернутому положеннях маятника).



У випадку коливань маятника на одній з опор момент інерції системи відповідає виразу:

$$I_1 = \frac{T_1^2}{4\pi^2} mgl_c. \quad (1)$$

Якщо маятник перевернути, змінюється період коливань тому що змінюється відстань від точки підвісу до центра мас, тому його момент інерції

$$I_2 = \frac{T_2^2}{4\pi^2} mg(L - l_c), \quad (2)$$

де L – відстань між ножами, l_c – положення центра мас.

Знаючи періоди коливань прямого T_1 і оборотного T_2 маятників, становище центра мас знаходять із співвідношення:

$$l_c = \frac{4\pi^2 L^2 - gLT_2^2}{8\pi^2 L - g(T_1^2 + T_2^2)}. \quad (3)$$

Порядок виконання роботи:

1. Виміряти час t_1 десяти коливань і знайти період коливань T_1 прямого маятника. Виміри провести 3 рази.
2. Виміряти час t_2 десяти коливань і знайти період коливань T_2 оборотного маятника. Виміри провести 3 рази.

3. За формулою (3) обчислити значення l_c . Виміри провести 3 рази.
4. Використовуючи співвідношення (1), (2), знайти моменти інерції прямого і оборотного маятників.
5. Дані внести до таблиці.
6. Розрахувати похибку вимірів. Зробити висновки.

Таблиці даних:

ТАБЛИЦЯ 1

При розрахунках використовувати відомі співвідношення: загальна маса маятника $m = 6.62$ кг, відстань між ножами $L = 0.96$ м.

№	t_1, c	T_1, c	t_2, c	T_2, c	l_c, m	$I_1, кг \cdot м^2$	$(I_1 - \bar{I}_1)^2$	$I_2, кг \cdot м^2$	$(I_2 - \bar{I}_2)^2$
1	15,23		15,06						
2	16,11		15,15						
3	15,33		15,26						

ТАБЛИЦЯ 2

При розрахунках використовувати відомі співвідношення: загальна маса маятника $m = 6.62$ кг, відстань між ножами $L = 0.96$ м.

№	t_1, c	T_1, c	t_2, c	T_2, c	l_c, m	$I_1, кг \cdot м^2$	$(I_1 - \bar{I}_1)^2$	$I_2, кг \cdot м^2$	$(I_2 - \bar{I}_2)^2$
1	15,21		14,42						
2	15,31		15,11						
3	15,37		15,25						

ТАБЛИЦЯ 3

При розрахунках використовувати відомі співвідношення: загальна маса маятника $m = 6.976$ кг, відстань між ножами $L = 0.96$ м.

№	t_1, c	T_1, c	t_2, c	T_2, c	l_c, m	$I_1, кг \cdot м^2$	$(I_1 - \bar{I}_1)^2$	$I_2, кг \cdot м^2$	$(I_2 - \bar{I}_2)^2$
1	15,22		15,14						
2	15,23		15,02						
3	15,27		15,70						

ТАБЛИЦЯ 4

При розрахунках використовувати відомі співвідношення: загальна маса маятника $m = 9.8441$ кг, відстань між ножами $L = 0.98$ м.

№	t_1, c	T_1, c	t_2, c	T_2, c	l_c, m	$I_1, кг \cdot м^2$	$(I_1 - \bar{I}_1)^2$	$I_2, кг \cdot м^2$	$(I_2 - \bar{I}_2)^2$
1	16,76		17,24						
2	16,64		17,13						
3	16,72		17,30						

ТАБЛИЦЯ 5

При розрахунках використовувати відомі співвідношення: загальна маса маятника $m = 9.8441$ кг, відстань між ножами $L = 0.98$ м.

№	t_1, c	T_1, c	t_2, c	T_2, c	l_c, m	$I_1, кг \cdot м^2$	$(I_1 - \bar{I}_1)^2$	$I_2, кг \cdot м^2$	$(I_2 - \bar{I}_2)^2$
1	16,77		17,22						
2	16,68		17,26						
3	16,55		17,42						

ТАБЛИЦЯ 6

При розрахунках використовувати відомі співвідношення: загальна маса маятника $m = 9.8441$ кг, відстань між ножами $L = 0.98$ м.

№	$t_1, \text{с}$	$T_1, \text{с}$	$t_2, \text{с}$	$T_2, \text{с}$	$l_c, \text{м}$	$I_1, \text{кг} \cdot \text{м}^2$	$(I_1 - \bar{I}_1)^2$	$I_2, \text{кг} \cdot \text{м}^2$	$(I_2 - \bar{I}_2)^2$
1	16,74		17,20						
2	16,56		17,24						
3	16,64		17,30						

Контрольні запитання:

1. Дайте визначення гармонійних коливань фізичної величини. Якими параметрами вони характеризуються.
2. Дайте визначення фізичного маятника.
3. Запишіть другий закон динаміки для обертального руху в диференціальній формі.
4. Від чого залежить період коливань фізичного маятника.
5. Дайте визначення математичного маятника.
6. Запишіть формулу періоду коливань математичного маятника.
7. Доведіть, що фізичний маятник, відхилений на малий кут від положення рівноваги, здійснюватиме гармонійні коливання.
8. Сформулюйте теорему Гюйгенса-Штейнера.
9. Визначте прискорення сили тяжіння, якщо відомі періоди коливань і різниця довжин двох математичних маятників.
10. Дайте визначення моменту інерції матеріальної точки і тіла. У яких одиницях вимірюється момент інерції в СІ?

Література:

1. Козицький С.В. Поліщук Д.Д., Механіка. Підручник, т.1; Курс загальної фізики у 6т. – Одеса, Астропринт, 2011. – 472 с.
2. Чолпан П.П. Основи фізики. К.: Вища школа, 1995, 488 с.
3. Свірідова О.В., Спіріхіна М.П., Сліозберг Т.М., Свірідова О.В., Фізика. Навчальний посібник. – О.: Наука і техніка, 2015. – 184с.