



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Физика»

Практикум
по дисциплине
«Физика»

**«Изучение свободных
колебаний
математического
маятника»**

Лабораторная работа № 11а

Авторы
Чебанова Е.В.,
Витченко М.А.

Ростов-на-Дону, 2022

Аннотация

«Практикум» содержит краткую теорию по теме «Изучение свободных колебаний математического маятника», описание рабочей установки, методику эксперимента, контрольные вопросы для самоподготовки и тестовые задания.

«Практикум» предназначен для обучающихся высших технических учебных заведений, изучающих дисциплину «Физика», для выполнения лабораторной работы по программе курса «Физика».

Авторы

к.ф.-м.н., доцент
к.ф.-м.н., доцент

Чебанова Е.В.
Витченко М.А.



Оглавление

Лабораторная работа № 11а Изучение свободных колебаний математического маятника	4
Краткая теория.....	4
Краткая теория эксперимента	7
Порядок выполнения работы	10
<i>Задание 1</i>	10
<i>Задание 2</i>	12
<i>Задание 3</i>	15
Контрольные вопросы и тесты	18
Указания по технике безопасности	22
Рекомендуемая литература	22

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11а

Изучение свободных колебаний математического маятника

Цель работы: изучение основных закономерностей свободных гармонических колебаний на примере математического маятника и определение ускорения свободного падения.

Приборы и принадлежности: лабораторная установка для определения периода колебаний математического маятника RHYWE P2132100: фотоэлектрический датчик со счетчиком колебаний, штатив, верхний и нижний кронштейны, нить для подвеса, регулятор длины нити, комплект стальных шариков, метровая измерительная линейка с двумя передвижными указателями.

Краткая теория

Математический маятник – идеализированная колебательная система, состоящая из материальной точки массой m , подвешенной к неподвижной опоре на невесомой нерастяжимой нити длиной l . Хорошим приближением математического маятника является массивный металлический шарик небольшого радиуса, подвешенный на длинной тонкой нити (рис. 1).

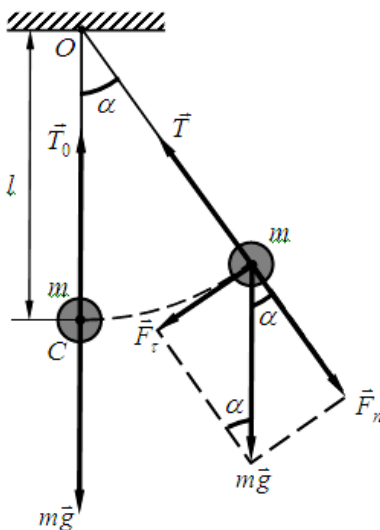


Рис. 1. Математический маятник

Математический маятник совершает свободные незатухающие гармонические колебания в вертикальной плоскости под действием тангенциальной составляющей силы тяжести \vec{F}_τ ($F_\tau = mg \sin \alpha$, где α – угол отклонения нити маятника от вертикали (положения равновесия)).

Если математический маятник отклонен от положения равновесия на некоторый угол α , то момент нормальной составляющей силы тяжести \vec{F}_n и момент силы натяжения нити \vec{T} относительно оси вращения маятника равны нулю, а модуль момента \vec{M} возвращающей силы \vec{F}_τ :

$$M = F_\tau l = mgl \sin \alpha ,$$

где l – плечо силы \vec{F}_τ , то есть расстояние от точки подвеса до центра масс шарика (длина маятника) (рис. 1).

В случае малых колебаний математического маятника, то есть для малых углов отклонения маятника от положения равновесия, применима приближённая формула: $\sin \alpha \approx \alpha$ и тогда

$$M \approx mgl \alpha .$$

Согласно основному закону динамики вращательного движения:

$$\vec{\varepsilon} = \frac{\vec{M}}{I} \quad \text{или} \quad \ddot{\alpha} = -\frac{mgl}{I} \alpha ,$$

где I — момент инерции маятника относительно его оси вращения.

Знак минус в последнем уравнении обусловлен тем, что векторы момента \vec{M} возвращающей силы и угла поворота $\vec{\alpha}$ имеют противоположные направления.

Учитывая, что вся масса математического маятника сосредоточена в одной точке на расстоянии l от его неподвижной горизонтальной оси вращения, то момент инерции I математического маятника относительно оси, проходящей через точку подвеса, равен моменту инерции материальной точки относительно данной оси вращения:

$$I = ml^2 .$$

Тогда:

$$\ddot{\alpha} = -\frac{g}{l} \alpha .$$

Обозначив $\frac{g}{l} = \omega_0^2$, получим дифференциальное уравнение

свободных незатухающих гармонических колебаний математического маятника:

$$\ddot{\alpha} + \omega_0^2 \alpha = 0.$$

Решением этого дифференциального уравнения является функция $\alpha(t)$:

$$\alpha(t) = \alpha_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0),$$

где $\alpha(t)$ – угол отклонения математического маятника от положения равновесия в момент времени t ;

α_0 – амплитуда колебания, то есть наибольший угол отклонения математического маятника от положения равновесия;

ω_0 – круговая (циклическая) частота;

$(\omega_0 t + \varphi_0)$ – фаза колебания в момент времени t ;

φ_0 – начальная фаза колебания.

Круговая частота: $\omega_0 = \frac{2\pi}{T},$

где T – период колебаний, то есть время одного полного колебания.

Так как $\omega_0^2 = \frac{g}{l}$, то период малых гармонических колебаний математического маятника:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}.$$

Из формулы видно, что период малых колебаний математического маятника не зависит от амплитуды α_0 . Такое свойство колебаний – независимость периода от амплитуды – называют изохронностью колебаний.

При больших углах отклонения от вертикали следует учитывать

более точное приближение для $\sin \alpha$: $\sin \alpha \approx \alpha + \frac{\alpha^3}{3!}$. Тогда

период колебаний математического маятника становится зависимым от начального угла отклонения:

$$T \approx 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \left(1 + \frac{\alpha_0^2}{16} \right),$$

т.е. изохронность колебаний нарушается.

Краткая теория эксперимента

Для экспериментального определения ускорения свободного падения в данной лабораторной работе используется метод маятника, который основан на зависимости периода T колебаний маятника от величины ускорения свободного падения g . Расчет ускорения g можно произвести двумя способами.

Для определения ускорения свободного падения первым способом необходимо измерить периоды колебаний одного и того же математического маятника при разных длинах l_{H1} и l_{H2} нити, на которой он подвешен.

Периоды колебаний T_1 и T_2 для различных длин l_1 и l_2 математического маятника:

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l_1}{g}}, \quad T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l_2}{g}}$$

или:

$$T_1^2 = 4\pi^2 \frac{l_1}{g}, \quad T_2^2 = 4\pi^2 \frac{l_2}{g}.$$

Вычитая из первого выражения второе, получим:

$$T_1^2 - T_2^2 = 4\pi^2 \frac{l_1 - l_2}{g}.$$

Отсюда:

$$g = 4\pi^2 \frac{l_1 - l_2}{T_1^2 - T_2^2}.$$

Длина маятника l определяется расстоянием от точки подвеса до центра масс шарика:

$$l = l_H + \frac{d_{ш}}{2},$$

где l_H – длина нити от точки подвеса до места крепления шарика к нити; $d_{ш}$ – диаметр шарика.

Тогда, учитывая, что $l_1 = l_{H1} + \frac{d_{ш}}{2}$ и $l_2 = l_{H2} + \frac{d_{ш}}{2}$,

получим:

$$g = 4\pi^2 \frac{l_{H1} - l_{H2}}{T_1^2 - T_2^2}.$$

Такой способ определения ускорения свободного падения исключает необходимость измерения длины математического

маятника, которая связана с определенными экспериментальными трудностями.

Экспериментальное определение ускорения свободного падения вторым (графическим) способом осуществляется по результатам измерения периода T колебаний математического маятника при различных значениях его длины l . Как следует из формулы $T^2 = 4\pi^2 \frac{l}{g}$, зависимость квадрата периода колебаний

T^2 от длины l маятника является линейной функцией:

$$T^2 = k l,$$

где k – угловой коэффициент линейной зависимости ($k = \frac{4\pi^2}{g}$).

Таким образом, определяя значение k из экспериментального графика $T^2(l)$ как тангенс угла наклона прямой к оси абсцисс, можно рассчитать величину ускорения свободного падения по формуле:

$$g = \frac{4\pi^2}{k}.$$

Внешний вид экспериментальной установки представлен на рис. 2. Стальной шарик 1 привязан к нити 2, которая зафиксирована в зажиме верхнего кронштейна 3, укрепленного на штативе 4. Когда нить меняется на новую, необходимо дать возможность повисеть шарiku на ней в течение нескольких минут, чтобы новая нить слегка растянулась. Вращение регулятора длины нити 5 приводит к изменению длины подвеса маятника. Максимальный угол отклонения маятника от положения равновесия можно определить с помощью измерительной линейки 6. Время в секундах, а также полное число колебаний маятника высвечивается на дисплее счетчика колебаний 7, закрепленного на нижнем кронштейне 8.

Колебания шарика, подвешенного на длинной нити, можно считать гармоническими при условии, если наибольший угол отклонения шарика от положения равновесия мал, т.е. амплитуда α_0 колебаний маятника не должна превышать 15° . Соответственно величина x_0 линейного отклонения маятника ($x_0 = l \sin \alpha_0$) с максимальной длиной нити $l = 1$ м не должна быть более, чем 0,25 м.

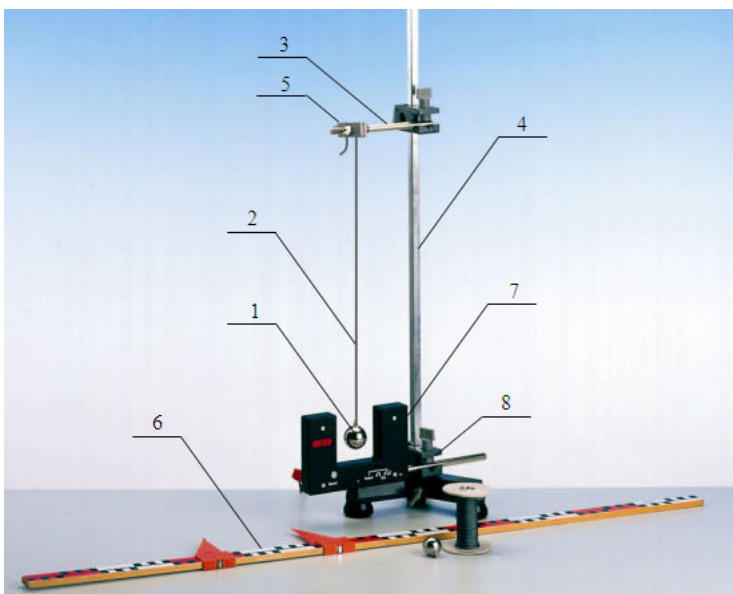


Рис. 2. Экспериментальная установка для определения периода колебаний математического маятника

Переключатель счетчика колебаний имеет четыре положения, отвечающих различным режимам работы:

1) в крайнем левом положении (видна одна светящаяся точка на дисплее) счетчик колебаний фиксирует число перекрытий маятником фотоэлемента, что соответствует режиму измерения удвоенного числа колебаний маятника;

2) во втором слева положении с обозначением $\uparrow \downarrow$ (две светящиеся точки на дисплее) счетчик колебаний фиксирует время, в течение которого происходит перекрытие маятником фотоэлемента, что соответствует режиму измерения времени четверти периода колебаний маятника;

3) во втором справа положении с обозначением $\uparrow \square \downarrow$ (три светящиеся точки на дисплее) счетчик колебаний фиксирует время, в течение которого происходит два перекрытия маятником фотоэлемента, что соответствует режиму измерения времени полупериода колебаний маятника;

4) в крайнем правом положении с обозначением $\uparrow \square \square \downarrow$ (четыре светящиеся точки на дисплее) счетчик колебаний фиксирует время, в течение которого происходит три перекрытия маятником фотоэлемента, что соответствует режиму измерения времени периода колебаний маятника.

Порядок выполнения работы

Задание 1. *Определение ускорения свободного падения с помощью математического маятника.*

1. Подготовьте таблицу для результатов измерений и вычислений (табл. 1):

Таблица 1

№	$l_{н1},$ м	$l_{н2},$ м	$T_1,$ с	$T_2,$ с	$g,$ м/с ²	$\langle g \rangle,$ м/с ²	$\Delta g,$ м/с ²	$\delta g,$ %
1								
2								
3								
4								
5								

2. Подвесьте стальной шарик 1 за специальное отверстие на нити 2, нить закрепите в верхнем кронштейне 3.

3. Установите счетчик колебаний 7 в нижнем кронштейне 8 и зафиксируйте его.

4. Вращая регулятор длины нити 5 на верхнем кронштейне 3, установите маятник так, чтобы шарик пересекал уровень фотоэлектрического датчика, при этом длина нити должна соответствовать значению $l_{н1}$ (например, $l_{н1} = 1$ м).

5. Для выбранных значений длины $l_{н1}$ нити и амплитуды α_0 колебаний маятника определите величину линейного отклонения x_0 маятника по формуле: $x_0 = l_{н1} \sin \alpha_0$.

(Например, при длине нити $l_{н1} = 1$ м и значении угла $\alpha_0 = 5^\circ$:

$$x_0 = 1 \text{ м} \cdot \sin 5^\circ = 0,087 \text{ м} \approx 9 \text{ см}).$$

6. Установите каждый указатель на измерительной линейке на рассчитанном в пункте 5 расстоянии по обе стороны от положения равновесия маятника.

7. Для измерения периода колебаний переключатель режимов работы счетчика установите в крайнее правое положение (на дисплее высвечиваются четыре светящиеся точки).

8. Сместите шарик на рассчитанное расстояние и отпустите его без толчка. Нажмите кнопку «SET». Определите период

колебаний маятника. Измерения повторите 5 раз. (При каждом последующем измерении периода колебаний следует повторно нажать кнопку «SET»). Результаты измерений занесите в табл. 1.

9. Вращая регулятор длины нити 5 и перемещая вниз верхний кронштейн 3, так, чтобы шарик оставался на уровне фотоэлектрического датчика, измените длину нити l_{H2} (например, $l_{H2} = 0,6$ м).

10. Повторите действия в пунктах 5, 6, 8 при том же значении угла отклонения шарика от положения равновесия, но с новой длиной l_{H2} нити.

11. Вычислите ускорение свободного падения по формуле:

$$g_i = 4\pi^2 \frac{l_{H1} - l_{H2}}{T_{1i}^2 - T_{2i}^2} \quad (i = 1, 2, 3, 4, 5),$$

где i – номер измерения.

Результаты вычислений занесите в табл. 1.

12. Рассчитайте среднее значение ускорения свободного падения $\langle g \rangle$ как среднее арифметическое значение пяти последовательных измерений:

$$\langle g \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n g_i \quad (n = 5),$$

и занесите значение $\langle g \rangle$ в табл. 1.

13. Определите абсолютную погрешность измерения ускорения свободного падения Δg по формуле:

$$\Delta g = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n (g_i - \langle g \rangle)^2} \quad (n = 5),$$

и занесите значение Δg в табл. 1.

14. Оцените относительную погрешность измерения ускорения свободного падения δg по формуле:

$$\delta g = \frac{\Delta g}{\langle g \rangle} \cdot 100\%$$

и занесите значение δg в табл. 1.

15. Окончательный результат измерения ускорения свободного падения запишите в виде:

$$g = (\langle g \rangle \pm \Delta g), \text{ м/с}^2$$

с относительной погрешностью $\delta g = \dots\%$.

Задание 2. Установление вида функциональной зависимости периода колебаний математического маятника от его длины и определение ускорения свободного падения графическим способом.

1. Подготовьте таблицу для результатов измерений и вычислений (табл. 2):

Таблица 2

№	l , м	$r_{ш}$, м	l , м	Δl , м	T_1 , с	T_2 , с	T_3 , с	$\langle T \rangle$, с	$\langle T \rangle^2$, с ²	ΔT , с
1										
2										
3										
4										
5										

2. Подвесьте стальной шарик 1 за специальное отверстие на нити 2, нить закрепите в верхнем кронштейне 3.

3. Установите счетчик колебаний 7 в нижнем кронштейне 8 и зафиксируйте его.

4. Вращая регулятор длины нити 5 на верхнем кронштейне 3, установите маятник так, чтобы шарик пересекал уровень фотоэлектрического датчика, при этом длина нити должна составлять 1 м.

5. Оцените абсолютную погрешность измерения длины маятника. Абсолютную погрешность Δl примите равной половине цены наименьшего деления линейки. Занесите значение Δl в табл. 2.

6. Для выбранных значений длины l_{H1} нити и амплитуды α_0 колебаний маятника определите величину линейного отклонения x_0 маятника по формуле: $x_0 = l_{H1} \sin \alpha_0$.

(Например, при длине нити $l_{H1} = 1$ м и значении угла $\alpha_0 = 5^\circ$:

$$x_0 = 1 \text{ м} \cdot \sin 5^\circ = 0,087 \text{ м} \approx 9 \text{ см}).$$

7. Установите каждый указатель на измерительной линейке на рассчитанном в пункте 6 расстоянии по обе стороны от положения равновесия маятника.

8. Для измерения периода колебаний переключатель режимов работы счетчика установите в крайнее правое положение

(на дисплее высвечиваются четыре светящиеся точки).

9. Сместите шарик на рассчитанное расстояние и отпустите его без толчка. Нажмите кнопку «SET». Определите период колебаний маятника. Измерения повторите 3 раза. (При каждом последующем измерении периода колебаний следует повторно нажать кнопку «SET»). Результаты измерений занесите в табл. 2.

10. Уменьшая последовательно длину нити на 0,1 м (путем вращения регулятора длины нити 5 и перемещения вниз верхнего кронштейна 3, так, чтобы шарик оставался на уровне фотоэлектрического датчика), повторите все действия в пунктах 6, 7, 9 при том же значении угла отклонения шарика от положения равновесия с каждой новой длиной нити. Длину нити изменяйте в интервале от 1,0 м до 0,6 м. При этом необходимо иметь в виду, что длина l маятника складывается из длины l_H нити, удерживающей шарик, и радиуса $r_{ш}$ шарика: $l = l_H + r_{ш}$.

Результаты всех измерений и вычислений запишите в табл. 2.

11. Для каждой длины маятника рассчитайте среднее значение периода колебаний $\langle T \rangle$ математического маятника как среднее арифметическое значение трех последовательных измерений:

$$\langle T \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i \quad (n = 3)$$

и занесите значения $\langle T \rangle$ в табл. 2.

12. Для каждой длины маятника определите квадрат среднего значения периода колебаний $\langle T \rangle^2$ и занесите значения $\langle T \rangle^2$ в табл. 2.

13. Для каждой длины маятника оцените абсолютную погрешность измерения периода колебаний маятника по формуле:

$$\Delta T = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |T_i - \langle T \rangle| \quad (n = 3),$$

и занесите значение ΔT в табл. 2.

14. По отмеченным точкам $(l_1, \langle T_1 \rangle^2)$, $(l_2, \langle T_2 \rangle^2)$, ..., $(l_5, \langle T_5 \rangle^2)$ постройте график зависимости $\langle T \rangle^2 = f(l)$ в виде прямой линии, так чтобы линия прошла как можно ближе к экспериментальным точкам, при этом равное количество этих точек должно располагаться по обе стороны от прямой (общий вид зависимости приведен на рис. 3). Проанализируйте построенный график зависимости.

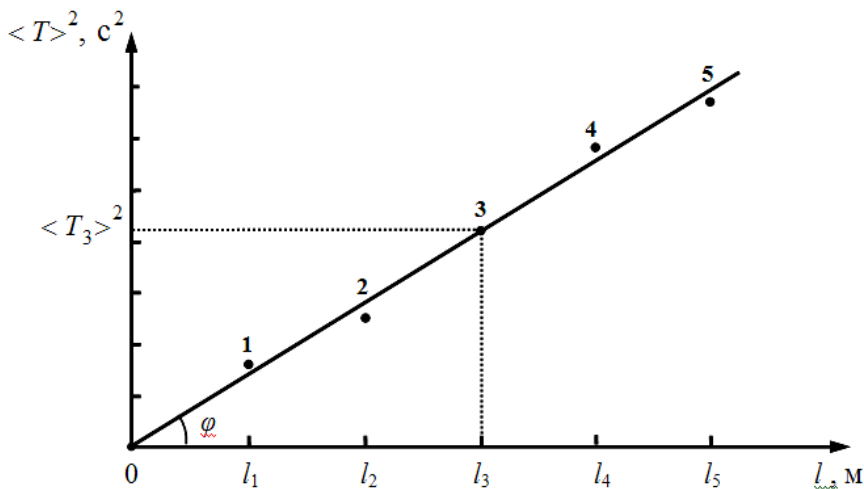


Рис. 3. График экспериментальной зависимости $\langle T \rangle^2 = f(l)$
(общий вид)

15. По графику зависимости $\langle T \rangle^2 = f(l)$ определите угловой коэффициент k как тангенс угла наклона прямой к оси абсцисс:

$$k = \operatorname{tg} \varphi = \frac{\langle T \rangle^2}{l}.$$

16. Рассчитайте среднюю величину ускорения свободного падения по формуле: $\langle g \rangle = \frac{4\pi^2}{k}.$

17. Оцените относительную погрешность измерения ускорения свободного падения δg по формуле:

$$\delta g = \frac{\Delta l}{l} + \frac{2\Delta T}{\langle T \rangle}$$

Для нахождения наибольшего значения δg выберите наименьшее значение длины l маятника и соответствующее ему среднее значение периода $\langle T \rangle$ колебаний, а также абсолютную погрешность измерения периода колебаний ΔT маятника для данного опыта.

18. Определите абсолютную погрешность измерения ускорения свободного падения Δg по формуле:

$$\Delta g = \delta g \cdot \langle g \rangle.$$

19. Окончательный результат измерения ускорения свободного падения запишите в виде:

$$g = (\langle g \rangle \pm \Delta g), \text{ м/с}^2$$

с относительной погрешностью $\delta g = \dots \%$.

Задание 3. Экспериментальное изучение зависимости периода колебаний математического маятника от амплитуды колебаний и определение диапазона изохронности колебаний маятника.

1. Подготовьте таблицы для результатов измерений и вычислений (табл. 3, 4):

Таблица 3

$l_H, \text{ м}$	$r_{ш}, \text{ м}$	$l, \text{ м}$

Таблица 4

№	$\alpha_0, \text{ град}$	$T_1, \text{ с}$	$T_2, \text{ с}$	$T_3, \text{ с}$	$\langle T \rangle, \text{ с}$	$\frac{\Delta T}{T_0}, \%$
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

2. Подвесьте стальной шарик 1 за специальное отверстие на нити 2, нить закрепите в верхнем кронштейне 3.

3. Установите счетчик колебаний 7 в нижнем кронштейне 8 и зафиксируйте его.

4. Вращая регулятор длины нити 5 на верхнем кронштейне 3, установите маятник так, чтобы шарик пересекал уровень фотоэлектрического датчика, при этом длина нити должна

составлять 1 м. Необходимо иметь ввиду, что длина l маятника складывается из длины l_H нити, удерживающей шарик, и радиуса $r_{ш}$ шарика: $l = l_H + r_{ш}$. Занесите значения l_H и l в табл. 3.

5. Для отклонения маятника на угол $\alpha_0 = 5^\circ$ определите величину линейного отклонения x_0 маятника по формуле:

$$x_0 = l_H \sin \alpha_0.$$

6. Установите каждый указатель на измерительной линейке на рассчитанном в пункте 5 расстоянии по обе стороны от положения равновесия маятника.

7. Для измерения периода колебаний переключатель режимов работы счетчика установите в крайнее правое положение (на дисплее высвечиваются четыре светящиеся точки).

8. Сместите шарик на рассчитанное расстояние и отпустите его без толчка. Нажмите кнопку «SET». Определите период колебаний маятника. Измерения повторите 3 раза. (При каждом последующем измерении периода колебаний следует повторно нажать кнопку «SET»). Результаты измерений занесите в табл. 4.

9. Увеличивая последовательно угол отклонения маятника от положения равновесия на 5° , повторите все действия в пунктах 5, 6, 8 при том же значении длины нити. Величину угла отклонения изменяйте в интервале от 5° до 50° . Результаты всех измерений и вычислений запишите в табл. 4.

10. Для каждого значения угла отклонения маятника рассчитайте среднее значение периода колебаний $\langle T \rangle$ математического маятника как среднее арифметическое значение трех последовательных измерений:

$$\langle T \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i \quad (n = 3)$$

и занесите значения $\langle T \rangle$ в табл. 4.

11. По полученным экспериментальным данным постройте график зависимости среднего значения периода колебаний $\langle T \rangle$ маятника от величины угла α_0 отклонения маятника от положения равновесия (общий вид зависимости $\langle T \rangle = f(\alpha_0)$ приведен на рис. 4). Проанализируйте построенный график зависимости.

12. Определите теоретическое значение периода малых колебаний математического маятника длиной l по формуле:

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}.$$

13. Для каждого значения α_0 рассчитайте относительное изменение периода колебаний с увеличением амплитуды по формуле:

$$\frac{\Delta T}{T_0} = \frac{\langle T \rangle - T_0}{T_0} \cdot 100\%.$$

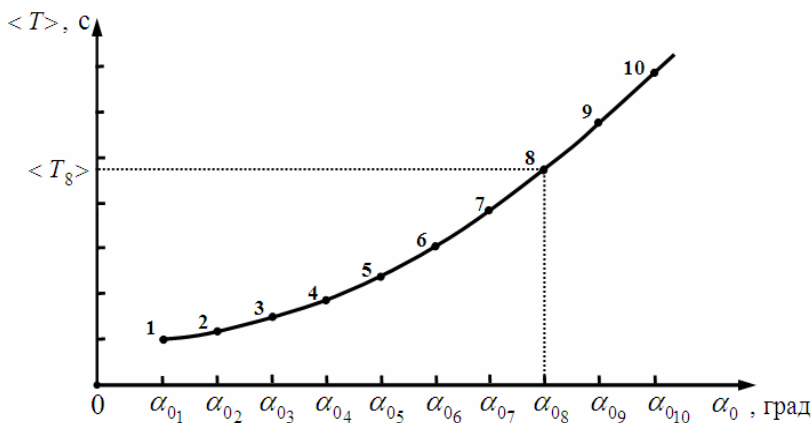


Рис. 4. График экспериментальной зависимости $\langle T \rangle = f(\alpha_0)$
(общий вид)

14. Оцените, в каком диапазоне амплитуд колебания математического маятника можно считать изохронными с погрешностью в 1%, т.е. интервал углов отклонения маятника, в пределах которого относительное изменение периода колебаний математического маятника не превышает 1%.

Контрольные вопросы и тесты

1. Какие колебания называют гармоническими?
2. Дайте определение математического маятника.
3. Выведите дифференциальное уравнение движения математического маятника. Приведите решение этого уравнения.
4. Дайте определения амплитуды, периода, частоты и фазы колебаний.
5. Запишите формулы для вычисления циклической частоты ω_0 и периода T колебаний математического маятника. От каких величин зависят циклическая частота и период малых колебаний математического маятника?
6. Получите выражения для угловой скорости и ускорения колебаний математического маятника.
7. Охарактеризуйте превращение энергии в колебательном процессе.
8. Выведите расчетную формулу для определения ускорения свободного падения.
9. Дайте определение изохронных колебаний. При каком условии колебания математического маятника можно считать изохронными?
10. Выберите правильный вариант ответа в следующих тестовых заданиях:

ЗАДАНИЕ № 1

Два математических маятника за одно и то же время совершают: один – 40 полных колебаний, второй – 20 полных колебаний. Длина второго маятника больше длины первого маятника в ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) 2 раза; 2) 1,4 раза; 3) 2,5 раза; 4) 4 раза.

ЗАДАНИЕ № 2

Небольшое тело, подвешенное на длинной нерастяжимой и невесомой нити, совершает свободные незатухающие гармонические колебания по закону $\alpha = 0,01 \cos\left(\frac{\pi}{2}t + \frac{\pi}{6}\right)$.

Принять $g = 10 \text{ м/с}^2$. Период колебаний маятника (в с) равен ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) 1 ; 2) 2 ; 3) 4 ; 4) 6 .

ЗАДАНИЕ № 3

Груз, подвешенный на нерастяжимой и невесомой нити длиной $l = 1$ м, совершает свободные затухающие гармонические колебания по закону $\alpha = 0,01e^{-\delta t} \cos\left(t + \frac{\pi}{3}\right)$. Принять $g = 10$ м/с². Коэффициент затухания (в с⁻¹) равен...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) 1 ; 2) 3 ; 3) 9 ; 4) 10 .

ЗАДАНИЕ № 4

Математический маятник длиной l совершает колебательное движение около положения равновесия (рис. 5). Каковы направление и величина момента силы тяжести для указанного на рисунке направления движения?

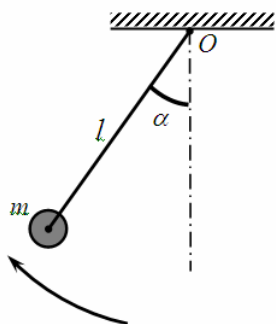


Рис. 5

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- | | |
|-----------|-----------------------|
| 1) к нам | $mg(l/2)\sin\alpha$; |
| 2) к нам | $mg l \sin\alpha$; |
| 3) от нас | $mg(l/2)\sin\alpha$; |
| 4) к нам | $mg(l/2)$; |
| 5) от нас | $mg l \sin\alpha$. |

ЗАДАНИЕ № 5

Маленький шарик подвешен на нерастяжимой нити длиной $l = 2,5$ м и совершает гармонические колебания под действием силы тяжести. В нижней точке траектории шарик имеет угловую скорость $\omega = 2$ рад/с. Принять $g = 10$ м/с². Максимальный угол (в рад), на который отклоняется нить в процессе движения, равен...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) 0,5 ; 2) 1 ; 3) 2 ; 4) 4 .

ЗАДАНИЕ № 6

Математический маятник длиной / совершает колебания, которые подчиняются дифференциальному уравнению $\frac{d^2\alpha}{dt^2} + 4\alpha = 0$.

Принять $g = 10 \text{ м/с}^2$. Длина маятника (в м) равна ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) 1 ; 2) 1,4 ; 3) 2,5 ; 4) 5.

ЗАДАНИЕ № 7

Математический маятник длиной 0,1 м совершает гармонические колебания с амплитудой 0,007 м. Наибольшая скорость движения маятника (в см/с) равна...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) 1 ; 2) 0,07 ; 3) 0,7 ; 4) 7 .

ЗАДАНИЕ № 8

Если период колебаний математического маятника на Луне такой же, как период колебаний математического маятника длиной 54 см на Земле, а ускорение силы тяжести на Луне в 6 раз меньше, чем на Земле, то длина (в см) математического маятника на Луне равна ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) 3 ; 2) 324 ; 3) 9 ; 4) 18 .

ЗАДАНИЕ № 9

Амплитуда колебаний математического маятника 5 см, максимальная скорость 20 см/с. Период колебаний маятника (в с) равен...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1)
- 2π
- ; 2)
- π
- ; 3)
- $\frac{\pi}{2}$
- ; 4)
- $\frac{\pi}{4}$
- ; 5)
- $\frac{3\pi}{2}$
- .

ЗАДАНИЕ № 10

При уменьшении длины маятника на 5 см частота колебаний увеличивается в 1,5 раза. Первоначальная длина (в см) математического маятника равна...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) 3 ; 2) 6 ; 3) 9 ; 4) 10 .

ЗАДАНИЕ № 11

Если частоты колебаний двух математических маятников относятся как 2 : 1, то длины этих маятников относятся, как ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) 1 : 2 ; 2) 4 : 1 ; 3) 1 : 4 ; 4) 2 : 1 .

ЗАДАНИЕ № 12

Если амплитуду и период колебаний математического маятника увеличить вдвое, то полный запас механической энергии маятника ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) увеличится в 16 раз ; 2) увеличится в 8 раз ;
3) увеличится в 4 раза ; 4) увеличится в 2 раза .

ЗАДАНИЕ № 13

Два математических маятника имеют одинаковые массы и длины, отличающиеся в $n = 1,5$ раза, и колеблются с одинаковыми угловыми амплитудами (рис. 6). Энергия колебаний первого маятника ... , чем энергия колебаний второго маятника.

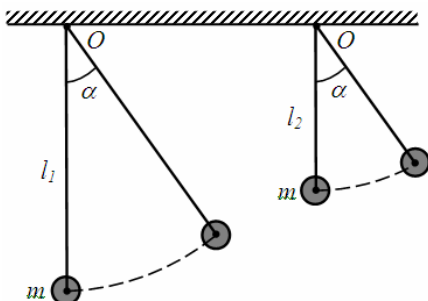


Рис. 6

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) в 2,5 раза больше ;
2) в 2,5 раза меньше ;
3) в 1,5 раза больше ;
4) в 1,5 раза меньше .

ЗАДАНИЕ № 14

В шарик массой 499 г, висящий на нити длиной 20 м, попадает горизонтально летящая пуля массой 1 г и застревает в нем. Чему была равна скорость пули, если в результате удара шарик отклонился на 4 см?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) 20 ; 2) 24 ; 3) 7 ; 4) 14 .

Указания по технике безопасности

1. Внимание! Лица, не прошедшие инструктаж по технике безопасности, к проведению лабораторной работы не допускаются.
2. При работе с механическими установками будьте внимательны и находитесь от движущихся частей на безопасном расстоянии.
3. Не останавливайте руками вращающиеся и движущиеся части установок.
4. При работе с маятниками не находитесь на пути их движения. При обнаружении неисправного оборудования немедленно сообщайте об этом лаборанту или преподавателю. На неисправном оборудовании работать запрещается.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Савельев И.В. Курс общей физики. В 5 т. Т. 1. Механика / И.В. Савельев. – СПб.: Лань, 2011. – 352 с.
2. Трофимова Т.И. Курс физики / Т.И. Трофимова. – М.: Академия, 2015. – 560 с.
3. Краткий курс лекций. Ч. I. Механика: учеб.-метод. пособие / Н.Н. Харабаев, Е.В. Чебанова, М.А. Витченко, А.Н. Павлов. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2011. – 27 с.