

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ

ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Физика»

ПРАКТИКУМ ПО ФИЗИКЕ

«МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ»

для лабораторных работ

М13, М14, М15

Ростов-на-Дону

2023

УДК 530.1

Составители: Т.П. Жданова, Г.Ф. Лемешко, О.А. Лещёва,

Н.В. Пруцакова, О.М. Холодова

Практикум по физике «Механические колебания» для лабораторных работ М13, М14, М15 / сост. Т.П. Жданова, Г.Ф. Лемешко, О.А. Лещёва, Н.В. Пруцакова, О.М. Холодова. – Ростов-на-Дону: Донской гос. техн. ун-т, 2023. – 19 с.

Содержит краткую теорию по теме «Механические колебания», описание рабочих установок и методику экспериментального исследования.

Предназначен для студентов инженерных специальностей всех форм обучения, в программу учебного курса которых входит выполнение лабораторных работ по физике (раздел «Механические колебания и волны»).

УДК 530.1

Печатается по решению редакционно-издательского совета

Донского государственного технического университета

Ответственный за выпуск зав. кафедрой «Физика» д-р физ.-мат. наук, проф. А.В.Благин

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

В печать 21.03.2023 г.

Формат 60х84/16 Объем 1,2 усл.п.л.

Тираж 50 экз. Заказ № 504

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Издательский центр ДГТУ

Адрес университета и полиграфического предприятия

344003 г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1.

© Донской государственный технический университет, 2023

**Лабораторная работа М13**

**ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОВ КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МАЯТНИКА**

**Цель работы:** изучить колебательный процесс на примере математического маятника. Определить ускорение свободного падения. **Оборудование:** экспериментальная установка.

**1. Теоретическая часть.**

*Математический маятник* – материальная точка, подвешенная на длинной невесомой нерастяжимой нити, совершающая колебания в вертикальной плоскости под действием силы тяжести (рис.1).



Рис.1 Математический маятник

При отклонении маятника от положения равновесия на угол  возникает вращательный момент *M* :

*M*  *m* *g* *l* sin. (1), где *m* – масса маятника, *g* - ускорение свободного падения, *l -*  длина нити.

Знак “-” означает, что вращательный момент имеет такое направление, что стремится вернуть маятник в положение равновесия.

Напишем для маятника уравнение динамики вращательного движения с учетом (1): *m**l*2  *m* *g* *l* sin. (2) и приведем уравнение (2) к виду:

 *gl* sin 0 (3)

где  -угловое ускорение маятника.

Будем рассматривать малые колебания при условии sin. Обозначим *g* 02. (4) *l*

Тогда уравнение (3) принимает вид: 02  0. (5)

Решение уравнения (5) :  *A*cos(0 *t* ) (6)

где А - амплитуда колебаний,(0 *t* ) - фаза колебания, 0- циклическая частота колебаний, - начальная фаза колебаний.

Из уравнения (6) следует, что при малых углах отклонения математический маятник совершает гармонические колебания.

Период колебаний и циклическая частота связаны между собой

2

соотношением: *T*  . Учитывая (4), получим:

0

*T*  2 (7)

*g*

*l*

Из формулы (7) можно определить ускорение свободного падения *g*. Для увеличения точности нахождения *g* следует измерять время достаточно большого числа полных колебаний маятника и на разных длинах нити при малых углах отклонения.

Согласно (7) *T*1  2 , *T*2  2

*g*

*l*

1

*g*

*l*

2

2 42 *l*1 (8), *T*22  42 *l*2 . (9) или *T*1 

*g g*

Вычтем из выражения (8) выражение (9): *T*12 *T*22  42 *l*1 *l*2 , откуда *g*

*g*  42  *Tl*12 *lT*222 (10)

1 

Периоды колебаний находятся по формулам:

*T*1  *t*1 , *T*2  *t*2 , (11)

*n n*

где *n* – число полных колебаний, *t*1 и *t*2 - время колебаний первого и второго маятников соответственно.

Подставляя (11) в (10), получаем формулу для определения ускорения свободного падения:

|  |
| --- |
| *l*  *g*  42 *n*2  112 *lt*222  *t*  |

, (12)

где *n* – число полных колебаний, *l*1 и *l2* - длины нитей маятников, *t*1 и *t*2 - время колебаний маятников.

**Порядок выполнения работы.**

1. Основание (1) установки (рис.2) отрегулировать так, чтобы положение стойки (2) было строго вертикально.
2. Установить по шкале, нанесенной на стойке (2), длину *l*1 математического маятника (3) и занести результат в таблицу 1.
3. Установить “ноль” в окошке секундомера (4) при помощи кнопки “сброс”

(5).



Рис.2 Экспериментальная установка

1-основание установки; 2-линейка на стойке; 3- математический маятник;

4-секундомер; 5-кнопки «сброс времени», «стоп», «сеть».

1. Отвести рукой маятник в крайнее положение на небольшой угол (≈10˚). Отпустить маятник и нажать кнопку “пуск” (5).
2. Измерить время *t1* для *n* =10-20 полных колебаний (по указанию преподавателя). В окошке (4) идет счет полным колебаниям. Кнопку “стоп” (5) следует нажать в тот момент, когда в окошке (4) высветится предпоследнее по счету колебание.
3. Пункт 5 повторить 3-5 раз (по указанию преподавателя). Результаты занести в таблицу 1.
4. Повторить пункты 2-6 для маятника длиной *l2* меньшей, чем *l*1 . Все измерения занести в таблицу 1.
5. По формуле (12) **по средним значениям** *t*1 и *t*2 найти *g*, которое считаем средним  *g* . Результат занести в таблицу 1.
6. Провести статистическую обработку измерений времени *t2* , заполнив таблицы 1 и 2.
7. Относительную *g* и абсолютную *g* погрешности найти по формулам:

*g*   *l**l**1* *ll2*   *2**(**t1* *t t1**ДОВ2* *t2t2**2**t2ДОВ )*

*1 2 1*

# *g*  *g* *g* ,

где *l*1 *l*2 *lпр*=0,001м, *lпр*- приборная погрешность, *t2ДОВ*=*t1ДОВ*. Окончательный результат записать в виде:

*g*  *g* *g*

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *n* = *l*1= *l*2= *lпр*=0,001м | | | | | | |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | *t*  |
| *t1* , с |  |  |  |  |  |  |
| *t2* , с |  |  |  |  |  |  |
| *Δt2* , с |  |  |  |  |  |  |
| **Δ**t  **2**, с2  2 |  |  |  |  |  |
|  *g* = *g* = *g* = | | | | | | |

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Sn,t* |  | *t(n,* | *)* *t*2*СЛ* | *tПР* | *t2ДОВ* | *t2* |
| **С** | – | – | **С** | **С** | **С** | % |
|  |  |  |  |  |  |  |

**Контрольные вопросы**

1. Что такое колебания? Собственные колебания? Свободные колебания? Гармонические колебания?
2. Дайте определения амплитуды, фазы, периода, частоты, циклической частоты колебания.
3. Что называется математическим маятником? Период колебаний математического маятника.
4. Какие колебания математического маятника считаются малыми?
5. Как можно определить период колебаний маятника экспериментально?
6. Запишите уравнение гармонического колебания, поясните физический смысл всех входящих в него величин.
7. Получите формулу для расчета скорости колеблющейся точки и её максимальное значение.
8. Получите формулу для расчета ускорения колеблющейся точки и его максимальное значение.
9. Получите формулу для определения восстанавливающей силы и её максимальное значение.
10. Получите дифференциальное уравнение гармонических колебаний.

**Лабораторная работа М14**

**ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОВ КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ**

**С ПОМОЩЬЮ ФИЗИЧЕСКОГО МАЯТНИК**

**Цель работы:**

Изучить колебательный процесс на примере физического маятника.

Определить приведенную длину и моменты инерции физического маятника. **Оборудование**: экспериментальная установка.

**Теоретическая часть.**

 Физический маятник - твердое тело, которое может совершать колебания под действием силы тяжести относительно неподвижной горизонтально расположенной оси, не проходящей через центр масс тела (рис.1). Такая ось называется осью колебания, точка *O* – точкой подвеса маятника. Плоскость, проходящая через точки *O* и *C* перпендикулярно оси колебания, называется плоскостью колебания. В положении равновесия центр масс маятника *C* находится под точкой подвеса маятника *O* , на одной вертикали.

При отклонении маятника от положения равновесия на угол  возникает вращательный момент, стремящийся

вернуть маятник в положение равновесия. Этот момент равен:

*M*  *mgl*sin, (1)

где *l* - расстояние между точкой подвеса и центром масс маятника, *m* – масса физического маятника.

Знак “ - ” означает, что вращательный момент имеет такое направление, что стремится вернуть маятник в положение равновесия.

На основании основного уравнения динамики вращательного движения можно написать:

*I**mgl*sin , (2)

где *I* – момент инерции маятника относительно оси, проходящей через точку подвеса,  - угловое ускорение маятника.

В случае малых колебаний (sin), уравнение (2) можно записать:

02 0. (3)

Из выражений (2) и (3) имеем:

*02*  *mIgl*  *4T**22* (4)

Из уравнения (3) следует, что при малых отклонениях от положения равновесия физический маятник совершает гармонические колебания. Период колебаний можно определить из (4):

*T*  *2* *2* . (5)

*l*

*g*

*m*

*I*

*g*

*l*

*пр*

*I*

Отсюда *lпр*  *ml* (6)

называется приведенной длиной физического маятника.

*Приведенная длина* физического маятника – это длина такого математического маятника, период колебаний которого совпадает с периодом колебаний данного физического маятника.

*Центр качания* - это точка на прямой, соединяющей точку подвеса с центром масс, лежащая на расстоянии приведенной длины от оси колебания (точка *О*' на рис.1).

По теореме Штейнера момент инерции маятника равен:

*I*  *I0* *ml2* , (7)

где *I0* - момент инерции относительно оси, параллельной оси колебания и проходящей через центр масс маятника, *l* - расстояние от оси вращения до центра масс.

*пр I0 l* . (8) Решая (6) и (7), получим *l*   *ml*

Из (8) видно, что *lпр* всегда больше *l* , так что точка подвеса и центр качания лежат по разные стороны от центра масс.

Для определения *l* поступим следующим образом. Подвесим физический маятник в точке *O* . Момент инерции относительно точки *O* , с учетом формулы (5), равен:

*T12*

*I1*  *2 mgl*, *4*

|  |
| --- |
| *t2*  *I1*  *12n2 mgl*  *4* |

*t*1 - период колебаний относительно точки *O* , где *T*1  *n* поэтому

1. .

где *l* - расстояние от оси вращения до центра масс, *n* - число колебаний, *m* - масса маятника, *t1*- время *n* колебаний относительно точки *O* .

Если маятник перевернуть, то момент инерции относительно точки *A* равен:

*T22*

*I2*  *2 mg(L* *l )*,

*4*

|  |
| --- |
| *t2*  *I2*  *22n2 mg( L* *l )*  *4* |

где *T*2  *t*2 - период колебаний относительно точки *A*, поэтому

*n*

1. ,

где *l* - расстояние от оси вращения до центра масс, *n* - число колебаний, *m* - масса маятника, *t2* - время *n* колебаний относительно точки *A*, *L* - расстояние между двумя точками подвеса физического маятника. Воспользовавшись формулой (7), имеем:

*I1*  *I0* *ml2* (11)

*I2*  *I0* *m(L**l )2* (12)

Вычтем из (12) формулу (11) и получим:

*I2*  *I1*  *mL(L**2l )* (13)

Вычтем из (10) выражение (9) и получим

*mg 2 2*

*I2*  *I1*  *2 2 [t2 ( L* *l )**t1 l]* (14)

*4* *n*

Решая (13) и (14) получаем рабочую формулу для нахождения расстояния от оси вращения до центра масс:

|  |
| --- |
| (2  *l* *nL*)2  *Lgt*22 |
|  2 *L* *g*(*t*12 *t*22)  8(*n*) |

, (15)

где *n* - число колебаний, *t1* и *t2* - время *n* колебаний относительно точек *O* и *A* соответственно, *L* - расстояние между двумя точками подвеса физического маятника.

В работе моменты инерции маятника определяются по формулам (9) и (10) с учетом (15).



Рис.3 Экспериментальная установка

1-основание установки; 2-линейка на стойке; 3- физический маятник; 4секундомер; 5-кнопки «сброс времени», «стоп», «сеть».

**Порядок выполнения работы.**

1. Основание (1) установки (рис.3) отрегулировать так, чтобы положение стойки (2) было строго вертикально.
2. Занести значение массы физического маятника*m* в таблицу 1.
3. Установить “ноль” в окошке секундомера (4) при помощи кнопки “сброс”

(5).

1. Отвести рукой маятник в крайнее положение на небольшой угол (≈10˚). Отпустить маятник и нажать кнопку “пуск” (5).
2. Измерить время *t*1 для *n*  10-20 полных колебаний (по указанию преподавателя). В окошке (4) идет счет полным колебаниям. Кнопку “стоп” (5) следует нажать в тот момент, когда в окошке (4) высветится предпоследнее по счету колебание
3. Измерения повторить пять раз. Результаты измерения времени *t*1и числа колебаний *n*  занести в таблицу 1.
4. Перевернуть физический маятник, подвесить его в точке *A* (рис.2), повторить пункты 3-5 (определить время *t*2 ).
5. Измерить расстояние *L* между двумя точками подвеса физического маятника (рис.2) и результат занести в таблицу 1.
6. По формуле (15) рассчитать *l* , используя средние значения *t1* и *t2* .

Результат занести в таблицу 1.

1. Рассчитать моменты инерции *I1* и *I2* по формулам (9) и (10).
2. Рассчитать приведенную длину *lпр* по формуле:

|  |
| --- |
| *I*  *lпр*  *1 . ml* |

1. Провести статистическую обработку измерений времени *t2* и заполнить таблицы 1 и 2.
2. Определить относительные и абсолютные погрешности при определении моментов инерции по следующим формулам и занести в таблицу 1

*I1*  *2**tt11ДОВ*  *mm*  *ll ;* *I1* *I1*  *I1* 

*I2*  *2**t2t2ДОВ*  *mm*  *LL**l l ;* *I2* *I2* *I2*

где *L* *l* *0,001м*, *t2ДОВ*=*t1ДОВ*;

Окончательный результат записать в виде:

*I1*  *I1* *I1**I2*  *I2* *I2*

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *n*  *m* *L* = | | | | | | |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | *t* |
| *t1*, с |  |  |  |  |  |  |
| *t2* , с |  |  |  |  |  |  |
| *Δt2* , с |  |  |  |  |  |  |
| *Δt* *2*, с2  *2* |  |  |  |  |  |
| *l*  *lпр*  | | | | | | |
| *I1*= *I1* = *I1*   *I2*  *I2*  *I2*  | | | | | | |

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | |  | | --- | | *Sn,t* | |  |  | *t(n,**)* | *t2СЛ* | *tПР* | *t2ДОВ* | *t* |
|  |
| **С** | |  | – | – | **С** | **С** | **С** | % |
|  | |  |  |  |  |  |  |  |

**Контрольные вопросы**

1. Что такое колебание? Собственное колебание? Свободное колебание? Гармоническое колебание?
2. Дайте определения амплитуды, фазы, периода, частоты и циклической частоты колебания?
3. Как можно определить период колебаний маятника экспериментально?
4. Запишите уравнение гармонического колебания, поясните физический смысл всех входящих в него величин.
5. Получите формулу для расчета скорости колеблющейся точки и её максимального значения.
6. Получите формулу для расчета ускорения колеблющейся точки и его максимального значения.
7. Получите дифференциальное уравнение гармонических колебаний.
8. Что называется физическим маятником?
9. Что называется приведенной длиной физического маятника?
10. Что называют центром качания физического маятника?

**Лабораторная работа М15**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОМЕНТА ИНЕРЦИИ КОЛЕСА**

**С ГРУЗОМ МЕТОДОМ КОЛЕБАНИЙ**

**Цель работы**: Определение характеристик колебательного движения колеса, момента инерции колеса и сравнение его с теоретическим значением.  **Оборудование**: экспериментальная установка, линейка, секундомер.

**Теоретическая часть.**

При изучении вращательного, либо колебательного движений твердого тела используют понятие момента инерции. **Моментом инерции материальной точки** называется скалярная величина, равная произведению массы точки на квадрат расстояния от точки до оси вращения:

*I*  *m**r2*.

**Моментом инерции твердого тела** называется сумма моментов инерции материальных точек, из которых состоит тело: *I*  *miri2* .

*i*

**Момент инерции –** это мера инертности при вращательном движении (в этом состоит физический смысл момента инерции).

В случае непрерывного распределения масс момент инерции может быть определен интегралом: *I*  *r*2*dm*, где интегрирование ведется по всему объёму тела. Величина *r*- функция положения точки с координатами х, у и z.

Момент инерции зависит от массы тела и формы распределения массы относительно оси вращения.

**Теорема Штейнера**

*I*  *I c*  *ma*2,

где *Ic* – момент инерции тела относительно оси, проходящей через центр масс; *I*

– момент инерции этого тела относительно параллельной оси, отстоящей от первой на расстоянии *a*; *m* – масса тела.

**Моментом силы относительно неподвижной точки** называется векторная физическая величина, определяемая векторным произведением радиус-вектора *r*, проведенного из данной точки в точку



приложения силы, на силу *F* :

*M**r**,F*.

Момент силы относительно неподвижной оси:

*M*  *Fr sin* *Fl* ,

где *l*  *r sin*– плечо силы (кратчайшее расстояние между линией действия силы и осью вращения);  – угол между направлениями силы и радиуса - вектора.

Направление момента силы совпадает с осью, относительно которой происходит вращение, и может быть определено по правилу буравчика.

**Колебаниями** называются процессы, отличающиеся той или иной степенью повторяемости. В зависимости от физической природы повторяющегося процесса различают колебания: механические, электромагнитные, электромеханические и т.д.

**Физический маятник** - твердое тело, которое может совершать колебания под действием силы тяжести относительно неподвижной горизонтально расположенной оси, не проходящей через центр масс тела.

*I m*- масса

**Период колебаний физического маятника** *Т*  *2*, где *mgL*

маятника, *I* – момент инерции маятника, *L* - расстояние между центром масс и осью вращения.

**Затухающие** колебания возникают при наличии сил сопротивления (трения) и обусловлены рассеянием (диссипацией) энергии. Если убыль энергии не восполняется за счёт работы внешних сил, колебания будут затухать.

**Логарифмический декремент затухания**  **–** натуральный логарифм отношения двух последующих амплитуд

*A**t*

 *ln* *t* *T* *T* , где - коэффициент затухания. *A*

**Описание экспериментальной установки.**

**Вывод рабочих формул**



Рис.1. Экспериментальная установка

1 - велосипедное колесо, 2 –груз, прикрепленный к ободу, 3- угломерная шкала.

Если колесо вывести из состояния равновесия и предоставить самому себе, то он будет совершать колебания под действием момента силы тяжести *М*  *mГР*  *g*  *L**sin*. При малых углах отклонения (100-150) sin и момент силы тяжести равен

*М*  *mГР* *g**L*,

где *mГР* - масса груза, *g* - ускорение свободного падения, *L* -расстояние между центром груза и осью колеса, -угол отклонения колеса от положения равновесия.

Знак «-» показывает, что вектор момента силы тяжести и углового перемещения противоположно направлены.

В реальных условиях маятник под действием моментов сил трения в подшипниках и сопротивления воздуха совершает затухающие колебания.

Суммарный момент сил трения зависит от угловой скорости: *d*,

*М*  *k* 

*dt*

где *k*- коэффициент пропорциональности, зависящий от формы и размеров маятника и вязкости среды.

Основное уравнение динамики движения, описывающее колебания маятника, имеет вид

*d2* *d*

*I*  *dt2*  *mГРgL**k dt* . (1)

Разделив (1) на момент инерции и преобразуя уравнение, получаем:

*d2* *k d* *mГРgL*

  *0* .

*dt2 I dt I*

*k* и собственную частоту

Вводим обозначения: коэффициент затухания 

2*I*

*mГРgL* свободных колебаний *0* . Получаем дифференциальное уравнение

*I*

затухающих колебаний в таком виде

*ddt*22 *+*2*β ddt* 2 *=*0 (2)

*+ω*0

Решением дифференциального уравнения (2) является функция вида

*=*0*e**βt*cos*ωt* , (3)

где 0 и – угловое перемещение в начальный и конечный момент времени соответственно.

Циклическая частота затухающих колебаний

*ω= ω*02 *β*2 , (4)

где *ω=* 2, *=* , -логарифмический декремент затухания.

*Т Т*

Период колебаний

*t* , (5)

*Т =*

*n*

где *t* - время, за которое колесо совершает *n* полных колебаний.

Из (3) следует, что угловое перемещение при совершении *n* полных колебаний можно выразить *=**0e**βt* , отсюда коэффициент затухания

|  |
| --- |
| ln 0  *=*  |
|  *t* |

, (6) где *t* - время, за которое колесо совершает *n* полных колебаний, 0 и – угловое перемещение в начальный и конечный моменты времени соответственно. Зная  и *ω* из (4) получаем: *4**2 = mГРgL* *2* .

*Т2 I*

Выразим из этого уравнения момент инерции: *mГР gL*

*Iэксп.= 4**2 2*

*2* 

*T*

или с учётом выражения (5):

*mГР gL*

*Iэксп.= 4**2n2 2* .



*t 2*

Ввиду малости коэффициента затухания  им можно пренебречь, т.е.

|  |
| --- |
| *m gL*  *Iэксп.= ГР2n2 t 2*  *4* |

, (7)

где *mГР* - масса груза, *g* - ускорение свободного падения, *L* - расстояние между центром груза и осью колеса, *t* -время, за которое колесо совершает *n* полных колебаний.

**Порядок выполнения лабораторной работы**

**ЗАДАНИЕ1.** *Определение момента инерции и характеристик колебательного движения велосипедного колеса.*

1. Занести в таблицу 1 все известные величины и их абсолютные погрешности, указанные на установке: *mГР* - масса груза; *L* - расстояние между центром груза и осью колеса; *m 0* - масса обода; *R* -радиус обода; *mc*

- масса спицы; *Nc*- количество спиц.

1. Вращая велосипедное колесо, зафиксировать колесо в верхнем положении на угол 0 , указанный преподавателем. Занести 0 в таблицу 1.
2. Колесо отпустить и одновременно нажать кнопку «Пуск» на секундомере.
3. Отсчитать *n* полных колебаний, по угломерной шкале, определить угол , на который отклонился груз, нажать кнопку «Стоп» на секундомере и зафиксировать время.
4. Повторить измерения 5 раз. Все значения *n*,  и *t* занести в таблицу 1.
5. Вычислить по формуле (6) коэффициент затуханиядля каждого измерения.
6. Найти среднее значение .
7. Найти абсолютные погрешности каждого измерения  и среднюю абсолютную погрешность  .

|  |
| --- |
| *t*  *=**Т*  *n* |

1. Вычислить логарифмический декремент затухания для каждого измерения по формуле .
2. Найти среднее значение   . 11. Найти абсолютные погрешности каждого измерения  и среднюю абсолютную погрешность .
3. Вычислить по формуле (7) момент инерции *Iэксп* для среднего значения . Считаем это значение средним  *Iэксп* .
4. Результаты вычислений занести в таблицу 1. Произвести статистическую обработку результатов измерения времени *t* и заполнить таблицу 2.
5. Вычислить относительную *I*  и абсолютную *I* погрешности по

*ЭКСП эксп*

следующим формулам, занести в таблицу 1:

*Iэксп* *mm**LL*  *2**ttДОВ* ,

*Iэксп* *Iэксп* *Iэксп*.

Окончательный результат записать в виде:

*IЭКСП* *IЭКСП* *Iэксп*.

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *mГР* = *m 0* = *L* = *L* = *n*= *mc* = *m* = *R* = *Nc*= 0= | | | | | | | | |
| № |  | *t* | *Δt* | *Δt**2* |  |  |  |  |
|  | *град* | *с* | *с* | *с2* | *1/ с* | *1/ с* | - | - |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *ср.* |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  *Iэксп* = *IЭКСП*= *Iэксп*= | | | | | | | | |

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Sn,t* |  | *t(n,**)* | *tСЛ* | *tПР* | *tДОВ* | *t* |
| **С** | – | – | **С** | **С** | **С** | % |
|  |  |  |  |  |  |  |

**ЗАДАНИЕ 2.** Теоретический расчёт момента инерции велосипедного колеса.

1. Момент инерции велосипедного колеса *Iтеор.* равен:

*Iтеор.*  *Iобода*  *Iспиц*  *Iгруза*, т.е.

*2 Nc mc* *R2*  *mГР* *L2* ,

*Iтеор.*  *m0* *R*  *3*

где *m 0* - масса обода; *R* - радиус обода; *mc* - масса спицы; *Nc* - количество спиц; *L* - расстояние между центром груза и осью колеса, *mГР* - масса груза. 1. Рассчитать относительную погрешность по формуле

*|Iтеор.*  *Iэксп. |*

*Iтеор.*  .

*Iтеор.*

1. Сравнить теоретическое и экспериментальное значения момента инерции и объяснить результат. Сделать вывод.

**Контрольные вопросы**

1. Что называется моментом инерции материальной точки?
2. Что называется моментом инерции твёрдого тела? От чего он зависит? 2. Как определяется момент инерции тел простейшей формы относительно оси, проходящей через центр инерции. Как определяется физический смысл момента инерции.
3. Сформулируйте теорему Штейнера.
4. Что такое момент сил? По какому закону в работе изменяется момент сил?
5. Чем обусловлен момент сил трения в данной работе? 6. Дайте определение затухающих гармонических колебаний, запишите его уравнение и поясните физический смысл входящих в него величин.
6. Исходя из уравнения гармонических колебаний, определите угловое ускорение. Как определяется направление углового ускорения?
7. Дайте определение периода, частоты и циклической частоты колебаний. Покажите, как они связаны между собой.
8. Дайте определение физического маятника. Период колебаний физического маятника.

**Литература**

1. Савельев И.В. Курс общей физики (т.1). М.: Наука, СПб.: Лань, 2006.
2. Трофимова Т.И. Курс физики. М.: Высш. Шк., 2015.
3. Справочное руководство по физике. Ч.1. Механика, молекулярная физика, электричество, магнетизм: Учеб.-метод. пособие.-Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2009.
4. Колебания и волны: Учебное пособие.-Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2009.
5. Федосеев В.Б. Физика. Ростов н/Д: Феникс, 2009.

Содержание

1. Лабораторная работа М13

ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОВ КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МАЯТНИКА……………………………………………….. 3

1. Лабораторная работа М14

ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОВ КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ

## ФИЗИЧЕСКОГО МАЯТНИКА………………………………………………………….. 7

1. Лабораторная работа М15

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОМЕНТА ИНЕРЦИИ КОЛЕСА С ГРУЗОМ МЕТОДОМ КОЛЕБАНИЙ………………………………………………………………………….. 12

1. Литература…………………………………………………………………… 18