**Университет ИТМО**

**Физико-технический мегафакультет Физический факультет**

Группа K3121 К работе допущен Студент Абдулов И. Работа выполнена Преподаватель Курашова С.А. Отчет принят

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе № 1.05

**Исследование колебаний физического маятника**

1. **Цели работы.**

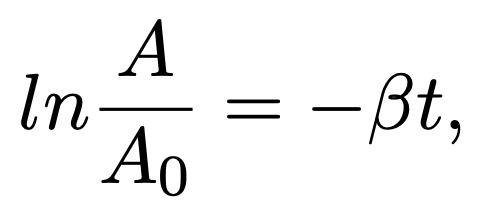
1. Изучение характеристик затухающих колебаний физического маятника.

1. **Задачи, решаемые при выполнении работы.**
2. Измерение периода затухающих колебаний.
3. Определение зависимости амплитуды затухающих колебаний физического маятника от времени.
4. Определение зависимости периода колебаний от момента инерции физического маятника.
5. Определение преобладающего типа трения.
6. Определение экспериментальной и теоретической приведенных длин маятника при его разных конфигурациях.
7. **Объект исследования.**  
   Физический маятник
8. **Метод экспериментального исследования.**

* Измерение периода N числа колебаний маятника с разными положениями груза, параллельно отмечая время, когда амплитуда отклонения маятника от равновесного положения будет равна 25, 20, 15, 10 и 5.
* Построение графиков зависимостей амплитуды колебаний от времени и квадрата периода от момента инерции.
* Определение, какой тип трения играет главную роль в затухании колебаний: сухое трение или вязкое.
* Вычисление экспериментальной и теоретической приведенной длины маятника при разных его конфигурациях.

1. **Рабочие формулы и исходные данные.**

Зависимость логарифма отношения амплитуд от времени

****

Зависимость амплитуды колебаний от ширины зоны застоя

**Изображение выглядит как Шрифт, белый, каллиграфия, текст

Автоматически созданное описание**

Расстояния центров грузов от оси вращения

**Изображение выглядит как Шрифт, типография, белый, каллиграфия

Автоматически созданное описание**

Момент инерции грузов

**Изображение выглядит как Шрифт, белый, текст, каллиграфия

Автоматически созданное описание**

Период колебаний маятника от момента инерции

**Изображение выглядит как Шрифт, белый, диаграмма, линия

Автоматически созданное описание**

Приведенная длина маятника от момента инерции

**Изображение выглядит как Шрифт, число, диаграмма, белый

Автоматически созданное описание**

1. **Измерительные приборы.**

Таблица 1. Характеристики средств измерения

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование  средства измерения | Предел  измерений | Цена деления | Погрешность прибора |
| 1 | Секундомер | 500с | 0.01 с | 5 мс |
| 2 | Шкала | 60∘ | 1∘/дел. | 1∘ |

Таблица 5. Параметры установки

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметры установки | | |
| 1. | Масса каретки | (47,0 ± 0,5) г |
| 2. | Масса шайбы | (220,0 ± 0,5) г |
| 3. | Масса грузов на крестовине | (408,0 ± 0,5) г |
| 4. | Расстояние от оси до первой риски | (57,0 ± 0,5) мм |
| 5. | Расстояние между рисками | (25,0 ± 0,2) мм |
| 6. | Диаметр ступицы | (46,0 ± 0,5) мм |
| 7. | Диаметр груза на крестовине | (40,0 ± 0,5) мм |
| 8. | Высота груза на крестовине | (40,0 ± 0,5) мм |
| 9. | Расстояние, проходимое грузом (h) | (700,0 ± 0,1) мм |

1. **Схема установки (перечень схем, которые составляют Приложение 1).**

**Изображение выглядит как текст, снимок экрана, диаграмма, программное обеспечение

Автоматически созданное описание**

Рис. 1. Стенд лаборатории механики (общий вид)

Общий вид экспериментальной установки изображен на Рис. 1. В состав установки входят:

1. Шкала
2. Груз
3. Рукоятка сцепления
4. Передняя крестовина
5. **Результаты прямых измерений и их обработки (*таблицы, примеры расчетов*).**

Замеры времени 10 колебаний маятника

|  |  |
| --- | --- |
| t1 | 36,66 |
| t2 | 36,72 |
| t3 | 36,51 |

N = 10

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Амплитуда отклонения Время, с. | 30∘ | 25∘ | 20∘ | 15∘ | 10∘ | 5∘ |
| t1 | 0 | 42,08 | 95,03 | 160,89 | 229,25 | 312,35 |
| t2 | 0 | 41,76 | 94,79 | 158,99 | 228,56 | 311,12 |
| t3 | 0 | 42,11 | 95,21 | 161,09 | 229,31 | 313,42 |
| ***t*¯** | 0 | 41,98 | 95,01 | 160,32 | 229,04 | 312,30 |

Таблица 3

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Положение боковых грузов | t1 | t2 | t3 | ***t*¯** | **T** |
| 1 риска | 16,26 | 16,25 | 16,24 | 16,25 | 1,625 |
| 2 риски | 17,16 | 17,11 | 17,12 | 17,13 | 1,713 |
| 3 риски | 18,31 | 18,11 | 18,18 | 18,20 | 1,820 |
| 4 риски | 19,42 | 19,36 | 19,41 | 19,40 | 1,940 |
| 5 рисок | 20,58 | 20,66 | 20,61 | 20,62 | 2,062 |
| 6 рисок | 21,99 | 22,21 | 22,22 | 22,14 | 2,214 |

1. **Расчет результатов косвенных измерений (*таблицы, примеры расчетов*).**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **t** | **А** | **ln(A/A0)** |
| 0 | A0 = 0,13 | 0 |
| 41,98 | 0,12 | -0,09 |
| 95,01 | 0,11 | -0,20 |
| 160,32 | 0,10 | -0,32 |
| 229,04 | 0,08 | -0,46 |
| 312,30 | 0,07 | -0,63 |

Таблица 4

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Риски | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Rверх | 0,08 | | | | | |
| Rнижн | 0,20 | | | | | |
| Rбок | 0,08 | 0,10 | 0,13 | 0,15 | 0,18 | 0,20 |
| Iгр | 0,038 | 0,040 | 0,042 | 0,045 | 0,048 | 0,052 |
| I | 0,046 | 0,048 | 0,050 | 0,053 | 0,056 | 0,060 |
| lпр эксп | 0,656 | 0,729 | 0,823 | 0,935 | 1,056 | 1,218 |
| lпр теор | 0,804 | 0,836 | 0,876 | 0,926 | 0,984 | 1,052 |

*Iгр1 = mгр(Rверх 2 + Rниж 2 + 2Rбок 2 ) = 0,408\*(0,082 + 0,202 + 2\*0,082) = 0,038*

*I1 = Iгр1 + I0 = 0,038 + 8 \* 10-3 = 0,046*

1. **Графики (*перечень графиков, которые составляют Приложение 2*).**

Рис. 1 – График зависимости амплитуды от времени

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, диаграмма, График

Автоматически созданное описание

Рис. 2 – График, соответствующий формуле

Рис. 3 – График зависимости квадрата периода от момента инерции

1. **Окончательные результаты.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Риски |  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| lпр эксп |  | 0,7 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,1 | 1,2 |
| lпр теор |  | 0,8 | 0,8 | 0,9 | 0,9 | 1,0 | 1,1 |

1. **Выводы и анализ результатов работы.**

Таким образом, нам удалось экспериментально изучить характеристики затухающих колебаний физического маятника. Последовательно измеряя время, когда амплитуда колебаний уменьшалась до 25∘, 20∘ и т. д., был составлен график зависимости амплитуды колебаний от времени (см. рисунок 1), который, как оказалось, имеет экспоненциальный вид – соответственно, в данных колебаниях преобладает именно вязкое трение, а не сухое, причём коэффициент затухания β = 0,002 с-1, а время затухания θ = 493,5 с. Кроме того, были определены экспериментальные lпр эксп и теоретические lпр теор значения приведенной длины, представленные в последних столбцах на таблице 4.

1. **Дополнительные задания.** 
   1. Чем отличается физический маятник от математического?
   2. От чего зависит период колебаний математического маятника?
   3. Какой вид имеет уравнение гармонических колебаний физического маятника?
   4. Что такое и как вычисляются собственная частота, период колебаний и приведенная длина физического маятника?
   5. Какой вид имеет уравнение затухающих колебаний при вязком трении?
   6. В каких единицах измеряются коэффициент затухания и логарифмический декремент затухания?
   7. Какой вид имеет график зависимости угла от времени для затухающих колебаний при сухом и вязком трении.
   8. Может ли приведенная длина физического маятника быть меньше расстояния от оси подвеса до центра масс, если да, то при каких условиях?
2. **Выполнение дополнительных заданий.** 
   1. Физическим маятником называется твердое тело, способное совершать колебания вокруг точки подвеса. В отличие от математического маятника, в случае физического маятника размерами тела нельзя пренебречь по сравнению с расстоянием от точки подвеса до центра масс.
   2. Период колебаний математического маятника зависит от его длины.
   3. Приведенной длиной физического маятника называется длина математического маятника, имеющего такой же период колебаний.
   4. Собственная частота – это частота, с которой система имеет тенденцию колебаться в отсутствие какой-либо движущей силы:  
      Период колебаний – время, за которое физический маятник совершает одно полное колебание:   
      Приведенной длиной физического маятника называется длина математического маятника, имеющего такой же период колебаний:
   5. Коэффициент затухания β имеет ту же размерность, что и частота, в то время как логарифмический декремент затухания является безразмерной величиной.
   6. График зависимости угла от времени для затухающих колебаний при сухом трении представляет собой экспоненциальную функцию, убывающую со временем.  
      График зависимости угла от времени для затухающих колебаний при вязком трении представляет собой затухающую гармоническую функцию, убывающую со временем и имеющую экспоненциальную зависимость.
   7. Нет, приведенная длина физического маятника не может быть меньше расстояния от оси подвеса до центра масс. Приведенная длина физического маятника определяется как расстояние от оси подвеса до точки, в которой можно считать концентрированной всю массу маятника для упрощения расчетов. Эта точка также называется центром осцилляции. Она всегда расположена ниже центра масс, на расстоянии, равном или большем расстояния от оси подвеса до центра масс. Поэтому невозможно, чтобы приведенная длина была меньше расстояния от оси подвеса до центра масс.
3. **Замечания преподавателя** (*исправления, вызванные замечаниями преподавателя, также помещают в этот пункт*

***Примечание:*** 1. *Пункты 1-6,8-13 Протокола-отчета* ***обязательны*** *для заполнения.*

* 1. *Необходимые исправления выполняют непосредственно в протоколе-отчете.*
  2. *При ручном построении графиков рекомендуется использовать миллиметровую бумагу.*
  3. *Приложения 1 и 2 вкладывают в бланк протокола-отчета.*