**Университет ИТМО**

**Физико-технический мегафакультет Физический факультет**

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

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе № 1.11

**Измерение ускорения свободного падения с помощью оборотного маятника**

1. **Цели работы.**
2. Экспериментальная проверка закономерностей движения физического маятника.
3. **Задачи, решаемые при выполнении работы.**
4. Определение периода колебаний маятника при совпадении приведенной длины с расстоянием между призмами.
5. Определение ускорения свободного падения с абсолютной и относительной погрешностями.
6. Сравнение найденного ускорения свободного падения со справочным значением для широты лаборатории.
7. **Объект исследования.**  
   Математический маятник
8. **Метод экспериментального исследования.**

* Снятие замеров времени 10 колебаний оборотного маятника при разных положениях регулировочного груза, а также для прямого и обратного положений маятника.
* Построение графика зависимости периода колебаний от положения регулировочного груза.
* Сравнение полученного ускорения свободного падения со справочным значением.

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

Погрешности при прямых многократных измерениях

Изображение выглядит как текст, доска

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как текст

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как схематичный

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как текст

Автоматически созданное описание

Погрешности косвенных многократных измерений

Изображение выглядит как диаграмма

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как текст

Автоматически созданное описание

Потенциальная энергия маятника

Изображение выглядит как текст

Автоматически созданное описание

Момент инерции маятника

Изображение выглядит как текст

Автоматически созданное описание

Возвращающий момент силы

Изображение выглядит как текст

Автоматически созданное описание

Второй закон Ньютона для нашего математического маятника

Изображение выглядит как текст

Автоматически созданное описание

Второй закон Ньютона для физического маятника

Изображение выглядит как текст

Автоматически созданное описание

Циклическая частота колебаний математического маятника

Изображение выглядит как диаграмма

Автоматически созданное описание

Период колебаний математического маятника

Изображение выглядит как текст

Автоматически созданное описание

Теорема Штейнера

Изображение выглядит как диаграмма

Автоматически созданное описание

Период колебаний физического маятника

Изображение выглядит как диаграмма, схематичный

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как текст

Автоматически созданное описание

Приведённая длина физического маятника

Изображение выглядит как текст

Автоматически созданное описание

Ускорение свободного падения

Изображение выглядит как текст

Автоматически созданное описание

1. **Измерительные приборы.**

Таблица: погрешности измерительных приборов

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *№ п/п* | *Наименование* | *Тип прибора* | *Предел измерений* | *Погрешность прибора* |
| *1* | Шкала стержня | Механический | 0.5 м | 2 мм |
| *2* | ПКЦ-3 в режиме секундомера | Электронный | 3600 с | 0,01 с |

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

Изображение выглядит как диаграмма

Автоматически созданное описание

Рис. 1

* 1. Металлический стержень
  2. Призмы (оси подвеса)
  3. V-образные опоры
  4. Регулировочный груз
  5. Фиксированный груз

1. **Результаты прямых измерений и их обработки (*таблицы, примеры расчетов*).**

L = 0,33 м

Таблица 1: Время колебаний маятника при различных положениях груза

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| x, см | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| t1, с | 11,252 | 11,342 | 11,494 | 11,622 | 11,746 | 11,662 |
| t2, с | 9,542 | 10,301 | 11,065 | 11,795 | 12,245 | 12,620 |

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

t0 ≈ 11,6 с

N = 10

**10. Расчет погрешностей измерений (для прямых и косвенных измерений).**

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

Изображение выглядит как диаграмма

Автоматически созданное описание

Рис. 2

1. **Окончательные результаты.**
2. **Выводы и анализ результатов работы.**

Таким образом, нам удалось исследовать период колебаний оборотного маятника при разных положениях регулировочного, а также определить величину ускорения свободного падения. На основе графика, изображенного на Рис. 2, мы смогли выяснить, что период колебаний маятника при совпадении приведенной длины с расстоянием между призмами T0 ≈ 1,16 с. Сам график, с учетом погрешности метода, также соответствует теоретическому. Что касается ускорения свободного падения, то абсолютная погрешность gэксп = 9,68 м/с2 (абсолютная погрешность 0,12 м/с2, относительная погрешность 1%.) примерно равна абсолютному отклонения относительно табличного значения 𝑔табл для Санкт-Петербурга (абсолютное отклонение от справочного значения 0,14 м/с2, относительное отклонение 1%.), из чего можно сделать вывод о том, что полученную величину ускорения можно считать достоверной.

1. **Дополнительные задания.** 
   1. Чем объясняется то, что ускорение свободного падения одинаково для всех тел?
   2. Почему ускорение свободного падения зависит от географической широты места?
   3. Как величина ускорения свободного падения связана с массой и радиусом Земли?
   4. Что такое центр тяжести тела? Как можно найти его положение из опыта?
   5. Чем отличаются понятия “центр тяжести” и “центр инерции”?
   6. Имеется стержень, подвешенный на оси, проходящей через его конец. В каком месте к нему следует прикрепить добавочный груз, чтобы изменение периода колебаний было наибольшим?
   7. В каком случае заданное перемещение регулировочного груза приведет к большему изменению периода колебаний оборотного маятника: а) груз находится в нижнем положении; b) груз находится в верхнем положении?
2. **Выполнение дополнительных заданий.** 
   1. Сила притяжения к земле (и вообще, к любому телу) прямо пропорциональна массе притягиваемого тела m и массе притягивающего тела M: F = GMm/R². Ускорение, сообщаемое телу силой F, обратно пропорционально массе тела: a = F/m. В итоге ускорение в гравитационном поле не зависит от массы m притягиваемого тела, а только от массы M притягивающего: a = GM/R².
   2. Во-первых, Земля – не шар, а эллипсоид вращения, т. е. радиус Земли на полюсе меньше радиуса Земли на экваторе. Поэтому сила тяжести и вызываемое ею ускорение свободного падения на полюсе больше, чем на экваторе (g=9,832 м/с2 на полюсе и g = 9,780 м/с2 на экваторе).  
      Во-вторых, Земля вращается вокруг своей оси и это влияет на ускорение свободного падения, приводя к его зависимости от географической широты местности. Зависимость ускорения свободного падения от радиуса Земли и высоты тела над Землей непосредственно вытекает из формулы закона всемирного тяготения.
   3. g = GM/R².
   4. **Центр тяжести** – точка приложения равнодействующей сил тяжести, действующих на отдельные элементарные части тела (при любом положении тела в пространстве).  
      Для этого достаточно поочередно подвесить тело за две различные точки на его поверхности и провести через точки подвеса вертикали. Пересечение этих линий – линий действия сил тяжести – и определяет положение центра тяжести тела.
   5. За вопросы устойчивости тела в поле тяготения отвечает центр тяжести. Движение тела в неинерциальной системе отсчета описывает положение центра инерции. Сила инерции в неинерциальных системах отсчета, движущихся поступательно, приложена к центру тяжести тела. Но центробежная сила инерции (в общем случае) не приложена к центру тяжести, поскольку в неинерциальной системе отсчета на элементы тела действуют разные центробежные силы инерции (даже если массы элементов равны), так как расстояния до оси вращения разные.
   6. Груз следует прикрепить на конце стержня, чтобы достигалось максимальное изменение периода колебаний.
   7. Перемещение регулировочного груза приведет к большему изменению периода колебаний оборотного маятника, если груз находится в верхнем положении. Это связано с тем, что при перемещении груза вверх от точки подвеса длина стержня увеличивается, что приводит к более значительному изменению периода колебаний, чем при перемещении груза вниз.
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.*