|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики**  **УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР ОБЩЕЙ ФИЗИКИ ФТФ** | |  |
| Группа\_\_P3109\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | К работе допущен\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | |
| Студент\_\_Маллаев Сабур Наджибович\_\_\_\_\_\_\_\_ | Работы выполнена\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | |
| Преподаватель\_Крылов В. А.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | Отчет принят\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | |

**Рабочий протокол и отчет по  
лабораторной работе №1.04**

***«Исследование равноускоренного вращательного движения (Маятник Обербека)***

* Цель работы.
* Проверка основного закона динамики вращения
* Проверки зависимости момента инерции от положения масс относительно оси вращения.
* Задачи, выполняемые при выполнении работы.
* Измерение времени падения груза при разной массе груза и разном положении утяжелителей на крестовине.
* Расчёт ускорения груза, углового ускорения крестовины и момента силы натяжения нити.
* Расчёт момента инерции крестовины с утяжелителями и момента силы трения.
* Исследование зависимости момента силы натяжения нити от углового ускорения. Проверка основного закона динамики вращения.
* Исследование зависимости момента инерции от положения масс относительно оси вращения. Проверка теоремы Штейнера.
* Объект исследования.
* Равноускоренное вращательного движение
* Метод экспериментального исследования.
* Анализ
* Лабораторный эксперимент

* Рабочие формулы и исходные данные.

Второй закон Ньютона

Ускорение груза

Угловое ускорение крестовины

Момент силы натяжения нити

Момент инерции крестовины с утяжелителями

Масса утяжелителя

Сумма моментов инерции стержней крестовины, момента инерции ступицы и собственных центральных моментов инерции утяжелителей

Расстояние между осью вращения и центром утяжелителя

* Измерительные приборы.

Таблица 1: Измерительные приборы

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Тип прибора | Цена деления | Класс точности |  |
| Цифровой секундомер | Цифровой | 10 мс/дел | - | 1 с |
| Линейка метрическая | Аналоговый | 1 мм/дел | - | 0.5 мм |

* Схема установки.



Рис. 1. Схема измерительного стенда



Рис. 2. Стенд лаборатории механики (общий вид)

* Основание
* Рукоятка сцепления крестовин
* Устройства принудительного трения
* Поперечина
* Груз крестовины
* Трубчатая направляющая
* Передняя крестовина
* Задняя крестовина
* Шайбы каретки
* Каретка
* Система передних стоек
* Результаты прямых измерений и их обработки.

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Масса груза, г | Положение утяжелителей | | | | | |
| 1 риска | 2 риска | 3 риска | 4 риска | 5 риска | 6 риска |
| m1 | 4.87 | 5.63 | 6.61 | 7.68 | 8.87 | 9.55 |
| 4.95 | 5.63 | 6.75 | 7.89 | 8.68 | 9.83 |
| 4.83 | 5.75 | 6.74 | 7.76 | 8.92 | 9.79 |
| 4.88 | 5.67 | 6.70 | 7.78 | 8.82 | 9.72 |
| m2 | 3.40 | 4.10 | 4.85 | 5.57 | 6.10 | 6.93 |
| 3.45 | 4.10 | 4.84 | 5.52 | 6.29 | 7.00 |
| 3.60 | 4.12 | 4.79 | 5.57 | 6.28 | 7.04 |
| 3.48 | 4.11 | 4.83 | 5.55 | 6.22 | 6.99 |
| m3 | 2.78 | 3.31 | 3.90 | 4.50 | 5.29 | 5.69 |
| 2.91 | 3.38 | 3.91 | 4.49 | 5.16 | 5.73 |
| 2.87 | 3.33 | 3.86 | 4.48 | 5.18 | 5.72 |
| 2.85 | 3.34 | 3.89 | 4.49 | 5.21 | 5.71 |
| m4 | 2.42 | 2.95 | 3.39 | 3.91 | 4.44 | 4.95 |
| 2.58 | 2.91 | 3.48 | 3.96 | 4.42 | 5.12 |
| 2.53 | 2.85 | 3.40 | 3.91 | 4.44 | 5.01 |
| 2.51 | 2.90 | 3.42 | 3.93 | 4.43 | 5.03 |

* Расчет результатов косвенных измерений и размер некоторых погрешностей.  
  Таблица 3

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Положение утяжелителей | Масса груза, кг | Среднее значение | Ускорение груза | Ускорение крестовины | Сила натяжение нити | Момент силы натяжения нити |
| 1 риска | 0.22 | 4.88 | 0.06 | 2.6 | 2.61 | 0.06 |
| 0.44 | 3.48 | 0.12 | 5.02 | 4.73 | 0.11 |
| 0.66 | 2.85 | 0.17 | 7.48 | 6.82 | 0.16 |
| 0.88 | 2.51 | 0.22 | 9.66 | 8.90 | 0.20 |
| 2 риска | 0.22 | 5.67 | 0.04 | 1.89 | 2.61 | 0.06 |
| 0.44 | 4.11 | 0.08 | 3.61 | 4.74 | 0.11 |
| 0.66 | 3.34 | 0.13 | 5.46 | 6.85 | 0.16 |
| 0.88 | 2.90 | 0.17 | 7.22 | 8.95 | 0.21 |
| 3 риска | 0.22 | 6.70 | 0.03 | 1.36 | 2.61 | 0.06 |
| 0.44 | 4.83 | 0.06 | 2.61 | 4.75 | 0.11 |
| 0.66 | 3.89 | 0.09 | 4.02 | 6.88 | 0.16 |
| 0.88 | 3.42 | 0.12 | 5.19 | 8.99 | 0.21 |
| 4 риска | 0.22 | 7.78 | 0.02 | 1.01 | 2.62 | 0.06 |
| 0.44 | 5.55 | 0.05 | 1.97 | 4.76 | 0.11 |
| 0.66 | 4.49 | 0.07 | 3.02 | 6.89 | 0.16 |
| 0.88 | 3.93 | 0.09 | 3.95 | 9.02 | 0.21 |
| 5 риска | 0.22 | 8.82 | 0.02 | 0.78 | 2.62 | 0.06 |
| 0.44 | 6.22 | 0.04 | 1.57 | 4.76 | 0.11 |
| 0.66 | 5.21 | 0.05 | 2.24 | 6.91 | 0.16 |
| 0.88 | 4.43 | 0.07 | 3.10 | 9.04 | 0.21 |
| 6 риска | 0.22 | 9.72 | 0.01 | 0.64 | 2.62 | 0.06 |
| 0.44 | 6.99 | 0.03 | 1.25 | 4.77 | 0.11 |
| 0.66 | 5.71 | 0.04 | 1.86 | 6.91 | 0.16 |
| 0.88 | 5.03 | 0.06 | 2.41 | 9.05 | 0.21 |

Расчеты на примере первой строки

Таблица 4

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Положение утяжелителей | Момент инерции крестовины с утяжелителями, | Момент силы трения |
| 1 риска | 0.020 | 0.007 |
| 2 риска | 0.027 | 0.009 |
| 3 риска | 0.038 | 0.009 |
| 4 риска | 0.050 | 0.010 |
| 5 риска | 0.065 | 0.010 |
| 6 риска | 0.083 | 0.006 |

Для каждого положения утяжелителей на основе Таблицы 3 по методу наименьших квадратов (МНК) рассчитаем момент инерции крестовины с утяжелителями:

Для первой риски получим:

Таблица 5

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Положение утяжелителей |  |  |  |
| 1 риска | 0.59 | 0.3481 | 0.020 |
| 2 риска | 0.64 | 0.4096 | 0.027 |
| 3 риска | 0.69 | 0.4761 | 0.038 |
| 4 риска | 0.74 | 0.5476 | 0.050 |
| 5 риска | 0.79 | 0.6241 | 0.065 |
| 6 риска | 0.84 | 0.7056 | 0.083 |

Средние значения:

Промежуточные значения:

Коэффициенты линейной зависимости:

* Размер погрешностей измерений.

Погрешность среднего значения времени для риски 1 и массы m1:

* СКО:
* Доверительный интервал случайной погрешности:
* Абсолютная погрешность по формуле:
* Найдем относительную погрешность:
* Значения для t для первой риски и m1:
* Погрешность ускорения a для риски 1 и массы m1:  
  Значение a для первой риски и массы m1:
* Погрешности момента силы натяжения нити M риски 1 и массы m1:
* Графики.

**Зависимость Y от Z**  


**Зависимость ускорения от угла наклона**



* Окончательные результаты.

**Ускорение тележки:**

Ускорение свободного падения:

0.0805 – абсолютное отклонение экспериментального значения ускорения свободного от его табличного значение для Санкт-Петербурга.

* Выводы и анализ результатов работы.  
    
  Движение тележки можно считать равноускоренным, так как точки графика, полученные из расчетов экспериментальных данных, почти совпадают с графиком зависимости между перемещением и полу-разности квадратов значений времени.

Также абсолютное значение ускорения свободного падения отличается от табличного значения для Санкт-Петербурга меньше, чем абсолютная погрешность, так что полученные измерения можно считать достоверными.