**Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет**

**информационных технологий, механики и оптики ** **УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР ОБЩЕЙ ФИЗИКИ ФТФ**

Группа P3207 К работе допущен Студент Тахватулин М. В. Работа выполнена Преподаватель Хвастунов Н. Н. Отчет принят

Рабочий протокол и отчет по

лабораторной работе № 1.04

Исследование равноускоренного

вращательного движения (Маятник Обербека).

1. Цель работы.

* Проверка основного закона динамики вращения, связывающего угловое ускорение вращающегося тела с моментами действующих сил.
* Проверка зависимости момента инерции от положения масс относительно оси вращения.

1. Рабочие формулы и исходные данные

1)Основной закон динамики вращения:

I – момент инерции крестовины с утяжелителем;

Ɛ – угловое ускорение крестовины;

М – момент силы натяжения нити;

Мтр – момент силы трения в оси крестовины)

2)Второй закон Ньютона: ma = mg – T

m – масса груза, создающего натяжение нити

a – ускорение груза, создающего натяжение нити

g – ускорение свободного падения

Т – сила натяжения нити

3)Зависимость пройденного пути h от времени t при постоянном ускорении: ()

h – путь, пройденный телом, которое создает натяжение нити

t – время, за которое был пройден h

4)Связь между угловым ускорением крестовины и линейным ускорением груза:

d – диаметр ступицы

5)Осевой момент силы для силы натяжения нити:

6)Из определения момента инерции и т. Штейнера: I = I0 + 4mутR2

I0 – сумма моментов инерции стержней крестовины с утяжелителями, момента инерции ступицы и собственных центральных моментов инерции утяжелителей

R – расстояние между осью вращения и центром утяжелителя

mут – масса утяжелителя

I – коэффициент наклонной зависимости M()

1. Измерительные приборы.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *№ п/п* | *Наименование* | *Тип прибора* | *Используемый диапазон* | *Погрешность прибора* |
| *1* | Линейка | Измерительный | [0,700] мм | 0,5мм |
| *2* | Секундомер | Электронный измерительный | [0,01; 60] c | 0,005с |

1. Результаты прямых измерений и их обработки.

Таблица 1. Результаты прямых измерений

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Масса груза, г | Положение утяжелителей | | | | | |
| 1 риска | 2 риска | 3 риска | 4 риска | 5 риска | 6 риска |
| m1 | t1 5,19 | 12,18 | 11,53 | 17,77 | 18,57 | 19,51 |
| t2 4,49 | 11,20 | 14,76 | 17,53 | 18,80 | 20,13 |
| t3 4,85 | 10,95 | 14,03 | 17,95 | 17,93 | 19,78 |
| tcp 4,84 | 11,44 | 13,44 | 17,75 | 18,43 | 19,81 |
| m2 | t1 3,48 | 7,59 | 8,96 | 14,42 | 14,91 | 15,47 |
| t2 3,39 | 7,32 | 9,22 | 13,98 | 15,44 | 16,31 |
| t3 3,50 | 7,45 | 8,65 | 14,29 | 15,76 | 16,28 |
| tcp 3,46 | 7,45 | 8,94 | 14,23 | 15,37 | 16,02 |
| m3 | t1 3,12 | 3,31 | 8,14 | 10,15 | 10,64 | 12,61 |
| t2 2,87 | 3,49 | 7,48 | 10,57 | 10,81 | 12,39 |
| t3 2,91 | 3,43 | 7,20 | 10,39 | 11,35 | 12,32 |
| tcp 2,97 | 3,41 | 7,61 | 10,37 | 10,93 | 12,44 |
| m4 | t1 2,72 | 3,19 | 6,75 | 7,03 | 9,80 | 9,20 |
| t2 2,46 | 2,86 | 6,04 | 7,56 | 8,32 | 8,97 |
| t3 2,66 | 3,17 | 5,83 | 8,11 | 8,69 | 10,13 |
| tcp 2,61 | 3,07 | 6,21 | 7,57 | 8,94 | 9,43 |

Примеры расчетов:

)= 1/3(5,19 + 4,49 + 4,85) = 4,84 (c)

= (5,19 – 4,84) = 0,35 (c)

(t1-⟨𝑡⟩N)2 = (0,35)2 = 0,1225 (c2)

1. Расчет результатов косвенных измерений.

Таблица 2. Результаты вычисления а, М, Ɛ

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| tcp, с | a, м/с2 | Ɛ, с-2 | M, Н\*м |
| m1 = 0,27 г | | | |
| 4,84 | 0,06 | 2,59 | 0,06 |
| 11,44 | 0,01 | 0,46 | 0,06 |
| 13,44 | 0,01 | 0,34 | 0,06 |
| 17,75 | 0.00 | 0,19 | 0,06 |
| 18,43 | 0 | 0,18 | 0,06 |
| 19,81 | 0 | 0,16 | 0,06 |
| m2 = 0,49 г | | | |
| 3,46 | 0,12 | 5,09 | 0,11 |
| 7,45 | 0,03 | 1,1 | 0,11 |
| 8,94 | 0,02 | 0,76 | 0,11 |
| 14,23 | 0,01 | 0,3 | 0,11 |
| 15,37 | 0,01 | 0,26 | 0,11 |
| 16,02 | 0,01 | 0,24 | 0,11 |
| m3 = 0,71 г | | | |
| 2,97 | 0,16 | 6,92 | 0,16 |
| 3,41 | 0,12 | 5,23 | 0,16 |
| 7,61 | 0,02 | 1,05 | 0,16 |
| 10,37 | 0,01 | 0,57 | 0,16 |
| 10,93 | 0,01 | 0,51 | 0,16 |
| 12,44 | 0,01 | 0,39 | 0,16 |
| m4 = 0,93 г | | | |
| 2,61 | 0,2 | 8,91 | 0,2 |
| 3,07 | 0,15 | 6,44 | 0,21 |
| 6,21 | 0,04 | 1,58 | 0,21 |
| 7,57 | 0,02 | 1,06 | 0,21 |
| 8,94 | 0,02 | 0,76 | 0,21 |
| 9,43 | 0,02 | 0,68 | 0,21 |

Таблица 3. Результаты вычисления R2 и I

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер риски | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| R | 0,077 | 0,102 | 0,127 | 0,152 | 0,177 | 0,202 |
| R2 | 0,005929 | 0,010404 | 0,016129 | 0,023104 | 0,031329 | 0,040804 |
| I | 0,02 | 0,02 | 0,12 | 0,16 | 0,24 | 0,26 |

По данным таблицы из формулы (6) по МНК получаем:

кг

0,0194545

1. Расчет погрешностей измерений (*для прямых и косвенных измерений*).
2. Времени t:

= 0,202114 (с)

Доверительная вероятность: α=0,95, N=3

Коэффициент Стьюдента: 4,30

Доверительный интервал: = 0,1920083 (с)

Абсолютная погрешность:

t1 = ( ± ) 0,693766266 (c)

1. Ускорения a (для положения утяжелителей на 1 риске и массы m1):

0,69

a1 = ( ± ) 0,06 (м/c2)

1. Момента силы натяжения нити M (для положения утяжелителей на 1 риске и массы m1):

М1 = ( ± ) 0,059938 ()

1. Углового ускорения крестовины Ɛ (для положения утяжелителей на 1 риске и массы m1):

Ɛ 1 = ( ± ) 2,598421 (c-2)

1. Графики (приложение 5)

График 1. Зависимость момента силы натяжения нити М от углового ускорения крестовины Ɛ

Изображение выглядит как линия, График, диаграмма, текст

Автоматически созданное описание

График 2. Зависимость момента I инерции крестовины от квадрата расстояния между осью вращения и центра утяжелителя

Изображение выглядит как текст, линия, График, диаграмма

Автоматически созданное описание

1. Окончательные результаты

кг

0,01945 кг\*

1. Выводы и анализ результатов работы.

По итогу исследований был получен график 1 зависимости , у которого значения лежат в пределе погрешностей экспериментально полученных точек, а с увеличением расстояния между грузиками и осью вращения и, соответственно, увеличением момента инерции I крестовины, увеличивается и угол наклона графика. Из этого следует, что проверка основного закона динамики вращения была успешной.

Также мы убедились, что момент инерции крестовины зависит от положения масс относительно оси вращения. На графике 2 можно увидеть, что зависимость похожа на

Заявленная масса грузов на крестовине 27 (г) схожа с вычисленной (г), а относительная погрешность , что говорит о достаточной точности эксперимента.