**Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет**

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

Группа P3219 К работе допущен Студент Билобрам Д. А. Работа выполнена Преподаватель Пулькин Н. С 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 (*таблицы, примеры расчетов*).

Таблица 1. Результаты прямых измерений *(Приложение 1)*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Масса груза, г | Положение утяжелителей | | | | | |
| 1.риска | 2.риска | 3.риска | 4.риска | 5.риска | 6.риска |
| 270 | 5.26 | 5.86 | 6.82 | 7.69 | 8.74 | 10.60 |
| 5.15 | 5.78 | 6.64 | 7.90 | 8.67 | 10.80 |
| 5.00 | 5.73 | 6.68 | 7.87 | 8.65 | 10.70 |
| 5.14 | 5.79 | 6.71 | 7.82 | 8.69 | 10.70 |
| 490 | 3.10 | 3.82 | 4.80 | 5.32 | 6.05 | 6.83 |
| 3.10 | 3.88 | 5.05 | 5.20 | 6.15 | 6.84 |
| 3.10 | 3.90 | 4.80 | 5.25 | 6.12 | 6.84 |
| 3.10 | 3.87 | 4.88 | 5.26 | 6.11 | 6.84 |
| 710 | 2.56 | 3.08 | 4.07 | 4.47 | 5.13 | 5.77 |
| 2.70 | 3.10 | 3.87 | 4.40 | 5.05 | 5.60 |
| 2.57 | 3.16 | 3.85 | 4.42 | 5.14 | 5.70 |
| 2.61 | 3.11 | 3.93 | 4.43 | 5.11 | 5.69 |
| 930 | 2.05 | 2.63 | 3.08 | 3.75 | 4.25 | 4.93 |
| 2.11 | 2.52 | 3.09 | 3.75 | 4.28 | 4.80 |
| 2.11 | 2.63 | 3.10 | 3.72 | 4.24 | 4.70 |
| 2.09 | 2.59 | 3.09 | 3.74 | 4.26 | 4.81 |

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

Таблица 2. Результаты вычисления а, М, Ɛ *(Приложение 2)*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Масса груза, г | tср, с | a, м/с2 | ε, с-2 | M, Н\*м |
| 270 | 5.14 | 0.05 | 2.30 | 0.06 |
| 5.79 | 0.04 | 1.82 | 0.06 |
| 6.71 | 0.03 | 1.35 | 0.06 |
| 7.82 | 0.02 | 1.00 | 0.06 |
| 8.69 | 0.02 | 0.81 | 0.06 |
| 10.70 | 0.01 | 0.53 | 0.06 |
| 490 | 3.10 | 0.15 | 6.33 | 0.11 |
| 3.87 | 0.09 | 4.06 | 0.11 |
| 4.88 | 0.06 | 2.56 | 0.11 |
| 5.26 | 0.05 | 2.20 | 0.11 |
| 6.11 | 0.04 | 1.63 | 0.11 |
| 6.84 | 0.03 | 1.30 | 0.11 |
| 710 | 2.61 | 0.21 | 8.94 | 0.16 |
| 3.11 | 0.14 | 6.29 | 0.16 |
| 3.93 | 0.09 | 3.94 | 0.16 |
| 4.43 | 0.07 | 3.10 | 0.16 |
| 5.11 | 0.05 | 2.33 | 0.16 |
| 5.69 | 0.04 | 1.88 | 0.16 |
| 930 | 2.09 | 0.32 | 13.94 | 0.20 |
| 2.59 | 0.21 | 9.07 | 0.20 |
| 3.09 | 0.15 | 6.38 | 0.21 |
| 3.74 | 0.10 | 4.35 | 0.21 |
| 4.26 | 0.08 | 3.35 | 0.21 |
| 4.81 | 0.06 | 2.63 | 0.21 |

Таблица 3. Результаты вычисления I и Mтр *(Приложение 3)*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Номер рисок |  |  |
| 1 | 0.03 | 0.01 |
| 2 | 0.03 | 0.02 |
| 3 | 0.03 | 0.03 |
| 4 | 0.02 | 0.04 |
| 5 | 0.02 | 0.06 |
| 6 | 0.02 | 0.07 |

Таблица 4. Результаты вычисления R2 и I *(Приложение 3)*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номера рисок | 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 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.06 | 0.07 |

По данным таблицы из формулы (7) по МНК получаем:

кг)

0.003 (кг\*)

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

1. Времени t:

Доверительная вероятность для абсолютных погрешностей: α=0,95

,

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

a1 = ( ± ) (м/c2)

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

М1 = ( ± ) (Н\*м)

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

Ɛ 1 = ( ± ) (c-2),

1. Графики (приложение 5)

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

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

1. Окончательные результаты

кг)

0.003 (кг\*)

1. Выводы и анализ результатов работы.

В результате исследования был получен График 1 зависимости , который лежит в пределе погрешностей экспериментально полученных точек, а с увеличением расстояние между грузиками и осью вращения и, соответственно, увеличением момента инерции I крестовины увеличивается угол наклона графика. Следовательно, 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

Приложение 1

Таблица 1. Протокол измерений времени падения груза при разной массе груза и разном положении утяжелителей на крестовине

Приложение 2

Таблица 2. Значения ускорения каретки, углового ускорения крестовины и момента силы натяжения нити для средних значений времени

Приложение 3

Таблица.3

Значения I и Mтр из листов МНК рис. в экселевском файле

Приложение 4

Таблица 4. Значения момента инерции для утяжелителей в разных положениях

(таблица 3 из экселя)