**Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет**

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

Группа \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_P3211\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_К работе допущен \_\_\_\_05 октября 2023\_\_\_\_ Студент \_\_\_\_\_\_Болорболд Аригуун\_\_\_\_\_\_\_Работа выполнена \_\_\_\_31 октября 2023\_\_\_\_ Преподаватель \_\_\_\_\_\_Коробков М.П.\_\_\_\_\_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)

Примеры расчетов:

) = ) = 4,6867 c

= (4,72 - 4,6867) = 0,0333 c

(t1-⟨𝑡⟩N)2 = (4,72 – 4,69)2 = 0,0011 c2

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

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

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

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

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

кг

кг\*

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

= 0,17638 с

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

Коэффициент Стьюдента: 4,3

Доверительный интервал: = 0,01675 с

Абсолютная погрешность:

t1 = (4,687 ± 0,018) (c)

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

(м/с2)

a1 = (0,064 ± 0,0005) (м/c2)

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

(Н\*м);

m1 = mK + m; mK = (47 ± 0,5) (г); m = (220 ± 0,5) (г);

(г)

m1 = (267 ± 0,07) (г); d = (0,046 ± 0,0005) (м)

g = = 9,8 (м/с2)

a = (0,064 ± 0,0005) (м/c2)

0,000002 (Н\*м)

(Н\*м);

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

2,77 (рад\*с-2) (c-2)

Ɛ 1 = (2,77 ± 0,021) (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

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

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

Приложение 1

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

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Масса груза, кг | Положение утяжелителей | | | | |  |
| 1 риска | 2 риска | 3 риска | 4 риска | 5 риска | 6 риска |
| 220 | 4,72 | 5,56 | 6,41 | 7,45 | 8,52 | 9,34 |
| 4,68 | 5,48 | 6,50 | 7,38 | 8,44 | 9,51 |
| 4,66 | 5,57 | 6,45 | 7,21 | 8,33 | 9,45 |
|  | 4,69 | 5,54 | 6,45 | 7,35 | 8,43 | 9,43 |
| 440 | 3,39 | 4,01 | 4,77 | 5,36 | 6,09 | 6,82 |
| 3,47 | 4,10 | 4,77 | 5,34 | 6,15 | 6,88 |
| 3,44 | 4,01 | 4,71 | 5,47 | 6,17 | 6,85 |
|  | 3,43 | 4,04 | 4,75 | 5,39 | 6,14 | 6,85 |
| 660 | 2,79 | 3,30 | 3,82 | 4,44 | 5,06 | 5,78 |
| 2,78 | 3,31 | 3,86 | 4,55 | 5,00 | 5,80 |
| 2,85 | 3,31 | 3,83 | 4,46 | 4,96 | 5,65 |
|  | 2,81 | 3,31 | 3,84 | 4,48 | 5,01 | 5,74 |
| 880 | 2,41 | 2,88 | 3,41 | 3,83 | 4,43 | 4,96 |
| 2,39 | 2,87 | 3,36 | 4,01 | 4,37 | 4,92 |
| 2,47 | 2,91 | 3,33 | 3,91 | 4,44 | 4,89 |
|  | 2,42 | 2,89 | 3,37 | 3,92 | 4,41 | 4,92 |

Приложение 2

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

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Масса груза, кг | tср, с | a, м/с2 | ε, с-2 | M, Н\*м |
| 220 | 4,69 | 0,06 | 2,77 | 0,05 |
| 5,54 | 0,05 | 1,99 | 0,05 |
| 6,45 | 0,03 | 1,46 | 0,05 |
| 7,35 | 0,03 | 1,13 | 0,05 |
| 8,43 | 0,02 | 0,86 | 0,05 |
| 9,43 | 0,02 | 0,68 | 0,05 |
| 440 | 3,43 | 0,12 | 5,16 | 0,10 |
| 4,04 | 0,09 | 3,73 | 0,10 |
| 4,75 | 0,06 | 2,70 | 0,10 |
| 5,39 | 0,05 | 2,10 | 0,10 |
| 6,14 | 0,04 | 1,62 | 0,10 |
| 6,85 | 0,03 | 1,30 | 0,10 |
| 660 | 2,81 | 0,18 | 7,73 | 0,15 |
| 3,31 | 0,13 | 5,57 | 0,15 |
| 3,84 | 0,10 | 4,14 | 0,15 |
| 4,48 | 0,07 | 3,03 | 0,15 |
| 5,01 | 0,06 | 2,43 | 0,15 |
| 5,74 | 0,04 | 1,85 | 0,15 |
| 880 | 2,42 | 0,24 | 10,37 | 0,19 |
| 2,89 | 0,17 | 7,30 | 0,19 |
| 3,37 | 0,12 | 5,37 | 0,20 |
| 3,92 | 0,09 | 3,97 | 0,20 |
| 4,41 | 0,07 | 3,13 | 0,20 |
| 4,92 | 0,06 | 2,51 | 0,20 |

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

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,08 |