|  |  |
| --- | --- |
| Группа P3212 | К работе допущен |
| Студент Балин Артем Алексеевич | Работа выполнена |
| Преподаватель Егоров Михаил Юрьевич | Отчет принят |

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

**Исследование равноускоренного вращательного движения**

**(маятник Обербека)**

1. Цель работы.

1.1 Проверка основного закона динамики вращения.

1.2 Проверка зависимости момента инерции от положения масс относительно оси вращения.

2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

2.1 Измерение времени падения груза при разной массе груза и разном положении утяжелителей на крестовине.

2.2 Расчёт ускорения груза, углового ускорения крестовины и момента силы натяжения нити.

2.3 Расчёт момента инерции крестовины с утяжелителями и момента силы трения.

2.4 Исследование зависимости момента силы натяжения нити от углового ускорения. Проверка основного закона динамики вращения.

2.5 Исследование зависимости момента инерции от положения масс относительно оси вращения. Проверка теоремы Штейнера.

3. Объект исследования.

Динамика вращения, теорема Штейнера

4. Метод экспериментального исследования.

Исследование падения груза при разных массах груза и разных положениях утяжелителей на крестовине

5. Рабочие формулы и исходные данные.

6. Измерительные приборы.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *№ п/п* | *Наименование* | *Тип прибора* | *Используемый диапазон* | *Погрешность прибора* |
| *1* | *Цифровой секундомер* | *Электронный* | *0,01-60 с* | *0,005 с* |
| *2* | *Линейка* | *Измерительный* | *0-700мм* | *0,5мм* |

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

Изображение выглядит как зарисовка, диаграмма, рисунок, круг

Автоматически созданное описание

1. Основание

2. Рукоятка сцепления крестовин

3. Устройства принудительного трения

4. Поперечина

5. Груз крестовины

6. Трубчатая направляющая

7. Передняя крестовина

8. Задняя крестовина

9. Шайбы каретки

10. Каретка

11. Система передних стоек

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

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Масса груза, г | Положение утяжелителей | | | | | |
| 1 риска | 2 риска | 3 риска | 4 риска | 5 риска | 6 риска |
| 267 | 4,750 | 5,720 | 6,660 | 7,600 | 8,810 | 10,000 |
| 4,700 | 5,750 | 6,680 | 7,850 | 8,940 | 9,970 |
| 4,630 | 5,720 | 6,680 | 7,870 | 8,850 | 10,100 |
| 4,693 | 5,730 | 6,673 | 7,773 | 8,867 | 10,023 |
| 487 | 3,410 | 4,190 | 4,850 | 5,750 | 6,380 | 7,290 |
| 3,500 | 4,310 | 4,880 | 5,630 | 6,260 | 7,440 |
| 3,470 | 4,000 | 4,780 | 5,750 | 6,310 | 7,320 |
| 3,460 | 4,167 | 4,837 | 5,710 | 6,317 | 7,350 |
| 707 | 2,910 | 3,500 | 3,970 | 4,680 | 5,410 | 5,930 |
| 2,970 | 3,530 | 4,030 | 4,690 | 5,310 | 5,800 |
| 2,960 | 3,370 | 3,950 | 4,740 | 5,260 | 5,750 |
| 2,947 | 3,467 | 3,983 | 4,703 | 5,327 | 5,827 |
| 927 | 2,500 | 3,060 | 3,410 | 4,130 | 4,630 | 4,990 |
| 2,500 | 2,900 | 3,440 | 4,060 | 4,630 | 5,100 |
| 2,560 | 3,090 | 3,380 | 4,100 | 4,620 | 5,030 |
| 2,520 | 3,017 | 3,410 | 4,097 | 4,627 | 5,040 |

Примеры расчёта:

) = c

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

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Масса груза, г | tср, с | a, м/с2 | ε, рад/с2 | M, Н\*м |
| 267 | 4,693 | 0,064 | 2,763 | 0,060 |
| 5,730 | 0,043 | 1,854 | 0,060 |
| 6,673 | 0,031 | 1,367 | 0,060 |
| 7,773 | 0,023 | 1,007 | 0,060 |
| 8,867 | 0,018 | 0,774 | 0,060 |
| 10,023 | 0,014 | 0,606 | 0,060 |
| 487 | 3,460 | 0,117 | 5,084 | 0,108 |
| 4,167 | 0,081 | 3,506 | 0,109 |
| 4,837 | 0,060 | 2,602 | 0,109 |
| 5,710 | 0,043 | 1,867 | 0,109 |
| 6,317 | 0,035 | 1,526 | 0,109 |
| 7,350 | 0,026 | 1,127 | 0,109 |
| 707 | 2,947 | 0,161 | 7,010 | 0,157 |
| 3,467 | 0,116 | 5,065 | 0,157 |
| 3,983 | 0,088 | 3,836 | 0,158 |
| 4,703 | 0,063 | 2,752 | 0,158 |
| 5,327 | 0,049 | 2,145 | 0,159 |
| 5,827 | 0,041 | 1,793 | 0,159 |
| 927 | 2,520 | 0,220 | 9,585 | 0,204 |
| 3,017 | 0,154 | 6,689 | 0,206 |
| 3,410 | 0,120 | 5,235 | 0,206 |
| 4,097 | 0,083 | 3,627 | 0,207 |
| 4,627 | 0,065 | 2,844 | 0,208 |
| 5,040 | 0,055 | 2,396 | 0,208 |

Примеры расчёта:

Ускорение:

Угловое ускорение:

Момент силы натяжения нити:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номера рисок | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| R, м | 0,077 | 0,102 | 0,127 | 0,152 | 0,177 | 0,202 |
| R2, см | 0,593 | 1,040 | 1,613 | 2,310 | 3,133 | 4,080 |
| I, Н\*см | 2,145 | 3,024 | 3,797 | 5,609 | 7,191 | 8,135 |
| Mтр, 10-3Н\*м | 1,255 | 3,591 | 9,562 | 3,962 | 2,849 | 13,568 |

Примеры расчёта:

Расстояние между осью вращения и центром утяжелителя:

*=*

Моментинерции крестовины с утяжелителями и момент силы трения (МНК):

Найдём и с помощью МНК:

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

1. Времени t

= 0,034801 с

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

Коэффициент Стьюдента: 4,30

Доверительный интервал: = 0,03306 с

Абсолютная погрешность:

,

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

,

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

,

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

1. Моментинерции крестовины с утяжелителями и момент силы трения

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

12. Окончательные результаты.

кг

0,006) кг\*

13. 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 408 г схожа с вычисленной 450г, а относительная погрешность , что говорит о достаточной точности эксперимента.

14. Дополнительные задания.

15. Выполнение дополнительных заданий.

16. 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.* |
|  | 1. *При ручном построении графиков рекомендуется использовать миллиметровую бумагу.* |
|  | 1. *Приложения 1 и 2 вкладывают в бланк протокола-отчета.* |