**Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет**

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

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №1.04

1. Цель работы:

Исследование равноускоренного вращательного движения (маятник Обербека)

1. Задачи, решаемые при выполнении работы:
2. Проверка основного закона динамики вращения
3. Проверка зависимости момента инерции от положения масс относительно оси вращения.
4. Объект исследования:

Маятник Обербека.

1. Метод экспериментального исследования.

Экспериментальный.

1. Рабочие формулы и исходные данные.

Ускорение: , Угловое ускорение: , Момент силы натяжения нити:

Момент силы натяжения нити: Момент инерции крестовины:

Момент инерции: Момент силы трения:

Расстояние между осью вращения и центром груза на крестовине:

Масса груза: Момент инерции :

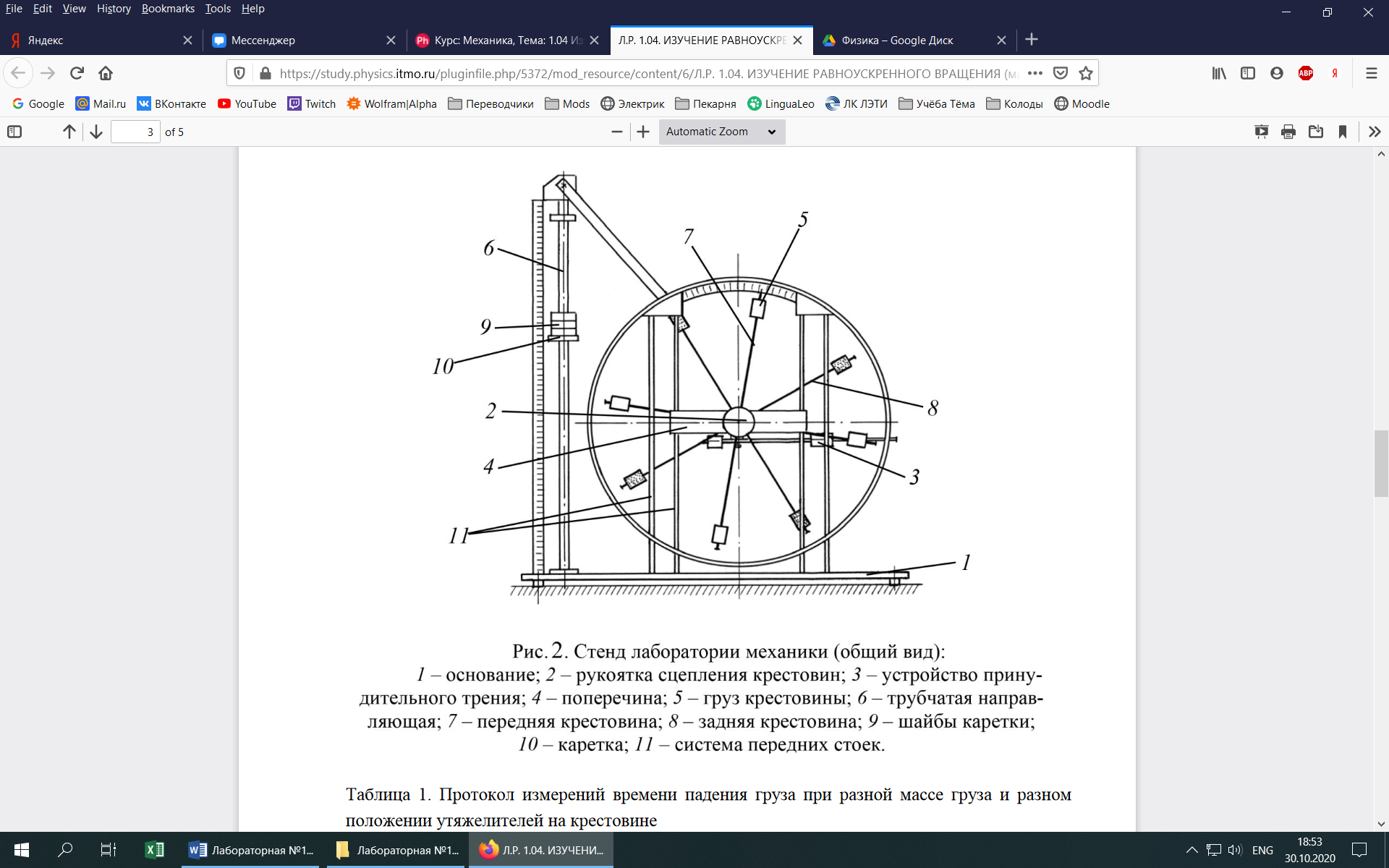
Параметр : Параметр :

СКО массы груза : СКО момента инерции :

1. Измерительные приборы:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *№ п/п* | *Наименование* | *Тип прибора* | *Используемый диапазон* | *Погрешность прибора* |
| 1 | Цифровой секундомер | Цифровой | 60 с | 0,01 с |
| 2 | Штангенциркуль | Мера | 170 мм | 0,0005 м |

1. Схема установки:



**Результаты прямых измерений и их обработки:**

***Таблица 1:*** *результаты прямых измерений*

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | Положение утяжелителей | | | | | |
| 1 риска | 2 риска | 3 риска | 4 риска | 5 риска | 6 риска |
| 220 |  | 4,93с | 6,47с | 7,25с | 8,90с | 9,53с | 11,59с |
|  | 5,43с | 6,41с | 7,41с | 9,03с | 9,44с | 11,65с |
|  | 5,19с | 6,47с | 7,44с | 8,97с | 9,34с | 11,71с |
|  | **5.18c** | **6.45** | **7.37** | **8.97** | **9.44** | **11.62** |
| 440 |  | 3,78 | 4,47с | 5.29с | 6,13с | 6,69с | 7,78с |
|  | 3,66 | 4,69с | 5,15с | 6,06с | 6,50с | 7,71с |
|  | 3,59 | 4,44с | 5,18с | 6,13с | 6,72с | 7,84с |
|  | **3.68c** | **4.53** | **5.21** | **6.11** | **6.64** | **7.78** |
| 660 |  | 3,09 | 3,72с | 4,31с | 5,12с | 5,56с | 6,18с |
|  | 3,13 | 3,66с | 4,31с | 5,03с | 5,50с | 6,29с |
|  | 3,03с | 3,60с | 4,25с | 5,04с | 5,65с | 6,28с |
|  | **3.08** | **3.66** | **4.29** | **5.06** | **5.57** | **6.25** |
| 880 |  | 2,66 | 3,13с | 3,79с | 4,19с | 4,87с | 5,41с |
|  | 2,66с | 3,09с | 3,69с | 4,27с | 5,8с | 5,41с |
|  | 2,72с | 3,25с | 3,75с | 4,22с | 4,84с | 5,44с |
|  | **2.86** | **3.16** | **3.68** | **4.23** | **5.17** | **5.42** |

Среднее время:

**Расчет результатов косвенных измерений:**

***Таблица 2:*** *результаты расчётов*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  | |  | |  | |
| 1 | 0,22 | 5.183 | 0.052115 | 0.05 | 2.265885 | 2.27 | 0.049425 | 0.05 |
| 0,44 | 3.677 | 0.103548 | 0.10 | 4.502077 | 4.50 | 0.098330 | 0.10 |
| 0,66 | 3.083 | 0.147293 | 0.15 | 6.404027 | 6.40 | 0.146832 | 0.15 |
| ,088 | 2.68 | 0.194921 | 0.19 | 8.474823 | 8.47 | 0.194812 | 0.19 |
| 2 | 0,22 | 6.45 | 0.033652 | 0.03 | 1.463123 | 1.46 | 0.049519 | 0.05 |
| 0,44 | 4.533 | 0.068133 | 0.07 | 2.962298 | 2.96 | 0.098689 | 0.10 |
| 0,66 | 3.66 | 0.104512 | 0.10 | 4.543997 | 4.54 | 0.147481 | 0.15 |
| ,088 | 3.157 | 0.140468 | 0.14 | 6.107325 | 6.11 | 0.195914 | 0.20 |
| 3 | 0,22 | 7.367 | 0.025796 | 0.026 | 1.121551 | 1.12 | 0.049559 | 0.05 |
| 0,44 | 4.31 | 0.075366 | 0.08 | 3.276768 | 3.28 | 0.098616 | 0.10 |
| 0,66 | 4.153 | 0.081172 | 0.08 | 3.529201 | 3.53 | 0.147835 | 0.15 |
| ,088 | 3.743 | 0.099928 | 0.10 | 4.344708 | 4.34 | 0.196734 | 0.20 |
| 4 | 0,22 | 8.967 | 0.017411 | 0.017 | 0.757017 | 0.76 | 0.049601 | 0.05 |
| 0,44 | 6.107 | 0.037538 | 0.04 | 1.632091 | 1.63 | 0.098999 | 0.10 |
| 0,66 | 5.063 | 0.054615 | 0.05 | 2.374567 | 2.37 | 0.148239 | 0.15 |
| ,088 | 4.227 | 0.078354 | 0.08 | 3.406714 | 3.41 | 0.197171 | 0.20 |
| 5 | 0,22 | 9.437 | 0.015720 | 0.016 | 0.683490 | 0.68 | 0.049610 | 0.05 |
| 0,44 | 6.637 | 0.031782 | 0.03 | 1.381836 | 1.38 | 0.099057 | 0.10 |
| 0,66 | 4.87 | 0.059030 | 0.06 | 2.566506 | 2.57 | 0.148172 | 0.15 |
| ,088 | 5.17 | 0.052378 | 0.05 | 2.277294 | 2.28 | 0.197697 | 0.20 |
| 6 | 0,22 | 11.65 | 0.010315 | 0.010 | 0.448485 | 0.45 | 0.049637 | 0.05 |
| 0,44 | 6.18 | 0.036657 | 0.037 | 1.593761 | 1.59 | 0.099007 | 0.10 |
| 0,66 | 6.25 | 0.035840 | 0.04 | 1.558261 | 1.56 | 0.148524 | 0.15 |
| ,088 | 5.42 | 0.047657 | 0.05 | 2.072057 | 2.07 | 0.197792 | 0.20 |

Масса каретки и масса шайбы:

Высота опускания груза:

Диаметр ступицы:

Расстояние от оси вращения до 1 риски:

Расстояние между рисками:

Диаметр груза, высота груза:

Расчёт ускорения :

Расчёт углового ускорения :

Расчёт момента силы натяжения нити :

Расчёт коэффициентов зависимости (момента инерции и момента силы трения ) с помощью МНК (далее расчёты для положения утяжелителей на 1 риске):

* Средние значения и :
* Расчёт момента инерции :
* Расчёт момента силы трения :

***Таблица 3:*** *результаты расчётов для графика зависимости*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  | |  | |  |
| 1 | 2.265885 | 0.049425 | 5,411703 | 0,122350 | 0,002359 | 0,024 | -0,00530 | -0,005 |  |
| 4.502077 | 0.098330 |  |
| 6.404027 | 0.146832 |  |
| 8.474823 | 0.194812 |  |
| 2 | 1.463123 | 0.049519 | 3,769186 | 0,122901 | 0,031448 | 0,031 | 0,004366 | 0,004 |  |
| 2.962298 | 0.098689 |  |
| 4.543997 | 0.147481 |  |
| 6.107325 | 0.195914 |  |
| 3 | 1.121551 | 0.049559 | 3,068057 | 0,123168 | 0,042899 | 0,043 | -0,00843 | -0,008 |  |
| 3.276768 | 0.098616 |  |
| 3.529201 | 0.147835 |  |
| 4.344708 | 0.196734 |  |
| 4 | 0.757017 | 0.049601 | 2,042597 | 0,123502 | 0,056370 | 0,056 | 0,008361 | 0,008 |  |
| 1.632091 | 0.098999 |  |
| 2.374567 | 0.148239 |  |
| 3.406714 | 0.197171 |  |
| 5 | 0.683490 | 0.049610 | 1,727282 | 0,123634 | 0,066384 | 0,066 | 0,008969 | 0,009 |  |
| 1.381836 | 0.099057 |  |
| 2.566506 | 0.148172 |  |
| 2.277294 | 0.197697 |  |
| 6 | 0.448485 | 0.049637 | 1,418141 | 0,132740 | 0,084189 | 0,048 | 0,004347 | 0,004 |  |
| 1.593761 | 0.099007 |  |
| 1.558261 | 0.148524 |  |
| 2.072057 | 0.197792 |  |

Расчёт расстояния между осью вращения и центром груза на крестовине (n – номер риски):

Расчёт коэффициентов зависимости (суммы моментов инерции стержней крестовины, момента инерции ступицы и собственных центральных моментов инерции утяжелителей и массы груза ) с помощью МНК:

* Средние значения и :
* Расчёт массы груза :
* Расчёт момента инерции :

***Таблица 4:*** *результаты расчётов для графика зависимости*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | |  | |
| 1 | 0,078 | 0,006084 | 0,006 | 0.0235886544 | 0,024 |
| 2 | 0,103 | 0,010609 | 0,011 | 0.0314483227 | 0,031 |
| 3 | 0,128 | 0,016384 | 0,016 | 0.0428992065 | 0,043 |
| 4 | 0,153 | 0,023409 | 0,023 | 0.0563700021 | 0,056 |
| 5 | 0,178 | 0,031684 | 0,032 | 0.0663842826 | 0,066 |
| 6 | 0,203 | 0,041209 | 0,041 | 0.0841889711 | 0,084 |

**Расчет погрешностей измерений:**

Расчёт СКО :

Расчёт случайной погрешности

(при доверительной вероятности ,

количестве измерений и

коэффициенте Стьюдента ):

Расчёт абсолютной погрешности :

Расчёт абсолютной погрешности ускорения :

Расчёт относительной погрешности ускорения :

Расчёт абсолютной погрешности углового ускорения :

Расчёт относительной погрешности углового ускорения :

Расчёт абсолютной погрешности момента силы натяжения нити :

Расчёт относительной погрешности момента силы натяжения нити :

Расчёт параметров и :

Расчёт СКО массы груза :

Расчёт СКО момента инерции :

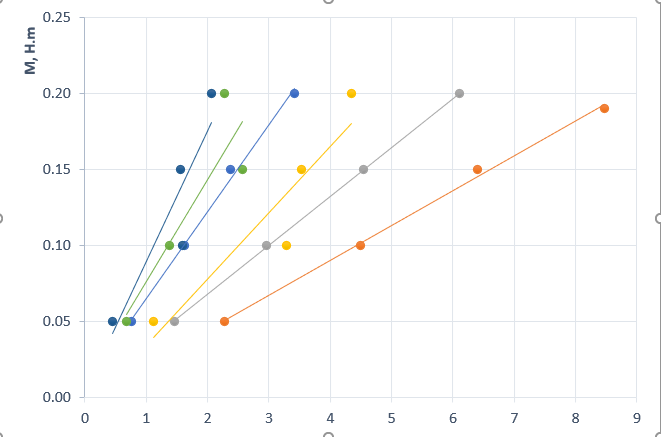
Расчёт абсолютной погрешности массы груза :

Расчёт относительной погрешности массы груза :

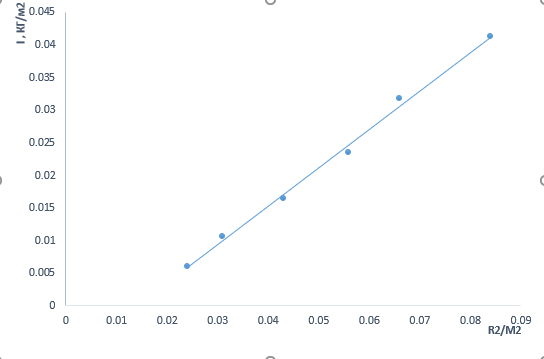
Расчёт абсолютной погрешности момента инерции :

Расчёт относительной погрешности момента инерции :

**Графики:**



Г рафик зависимости :



**Окончательные результаты:**

1. Построены графики зависимостей и
2. Рассчитаны момент инерции крестовины с утяжелителями и момент силы трения для каждого положения утяжелителей.

**Выводы и анализ результатов работы:**

Проверял основного закона динамики вращения

Проверял зависимости момента инерции от положения масс относительно

оси вращения

**Дополнительные задания:**

Вычислить и через плотности. Сравнить с полученными через аппроксимацию значениями.

**Выполнение дополнительных заданий:**

Параметры спицы:

Параметры груза: