**Министерство образования и науки  
Российской Федерации**

**Федеральное агентство по образованию**

**Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования**

**Череповецкий государственный университет**

**Кафедра физики  
Лабораторный практикум  
по курсу**

**«Механика»**

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 23**

**«МАЯТНИК МАКСВЕЛЛА. СЛОЖНОЕ ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ»**

**Выполнил:**

**студент гр.** 1ИВТпб-01-11оп

Климов А.Г. **Проверил: преподаватель**

Сазонова Е.В. **Отметка о зачете:**

**Череповец,**

**2015**

## Содержание отчета по лабораторной работе.

1. **Цель работы.**
2. **Краткая теория.**
3. **Рабочие формулы и смысл символов в них.**
4. **Схема установки.**
5. **Метрологическая карта средств измерений.**
6. **Экспериментальные результаты в виде таблиц, графиков и т.д.**
7. **Таблицы вычислений результатов погрешностей.**
8. **Описание и обсуждение полученных результатов.**
9. **Выводы. Запись конечного результата.**
10. **Литература.**

**Цель работы:**

1. Рассмотреть сложное движение тела, сочетающего вращательное движение с поступательным.

2. Рассчитать момент инерции маятника Максвелла двумя способами.

**Краткая теория:**

Момент инерции – аналог массы. Как масса является мерой инертности при поступательном движении, так и момент инерции является мерой инертности при вращательном движении. При вращении тела вокруг различных осей моменты инерции различны. Величина момента инерции относительно какой-нибудь оси определяется пространственным распределением элементарных масс тела – геометрией тела.

Экспериментальное же определение момента инерции осуществить легко. В настоящей работе измеряется момент инерции металлических колец с помощью маятника Максвелла.

Относительно оси x уравнение поступательного движения маятника согласно второму закону Ньютона имеет вид:

mg - T = ma, (1)

где: m - общая масса маятника.

Согласно основному закону динамики вращательного движения (ε=M/I) уравнение движения запишется:

, (2)

здесь D - диаметр вала маятника, I - его момент инерции.

Угловое ускорение маятника связано с ускорением а поступательного движения соотношением:

. (3)

При постоянстве силы натяжения нити Т→ и силы тяжести m→ g движение маятника равнопеременное, для которого высота падения h и время падения t связаны с ускорением а формулой:

. (4)

Высота падения h равна длине маятника.

Решая совместно уравнения (1)-(4), получим для расчета момента инерции формулу:

. (5)

Эту формулу можно получить также из закона сохранения энергии:

, (6)

где угловая скорость вращения ω и линейная скорость υ поступательного движения связаны соотношением:

. (7)

Скорость при равнопеременном поступательном движении в нижнем положении можно рассчитать по формуле:

. (8)

Подставив формулы (7) и (8) в уравнение (6), после преобразования получим формулу (5). Значение момента инерции I назовем экспериментальным.

Зная размеры и массы всех частей маятника, можно рассчитать теоретическое значение момента инерции согласно определению.

**Рабочие формулы:**

, (5)

, (9)

, (10)

Где I - значение момента инерции;

m - общая масса маятника;

D - диаметр вала маятника;

h - высота падения;

t - время падения;

Iт – теоретическое значение момента инерции;

mР, mК, m0 - массы ролика, кольца и вала;

DР, DК и D0 - внешние диаметры ролика, кольца и вала;

ΔD, Δt, Δh - абсолютные погрешности прямых измерений диаметра оси D, времени падения t, высоты h.

**Схема установки:**

Маятник Максвелла представляет собой ролик 1 (рис.1), подвешенный на бифилярном подвесе. На ролик могут надеваться сменные кольца 2. При вращении маятника нити наматываются на вал ролика. В верхнем положении маятник удерживается электромагнитом 3. Длина маятника определяется по шкале на колонке прибора 4.



Рис. 1

При нажатии клавиши “пуск” магнит отключается и маятник опускается в нижнее положение. Движение маятника сложное: центр маятника движется поступательно, а сам маятник вращается.

Достигнув нижнего положения маятник по инерции будет продолжать вращаться, наматывая нити на ось в обратном направлении. Маятник начнет подниматься вверх, изменив направление поступательного движения. Возникает поступательное движение маятника в вертикальном направлении.

**Метрологическая карта средств измерений**

**Таблица 1**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование прибора | Предел измерения | Диапазон показаний | Цена деления | Длина шкалы | Класс точности | Погреш-ность |
| Штангенциркуль | 0; 160 мм | 0-160 мм | 0,05 мм/дел | 200 мм | 2 | ± 0,05 мм, абс. |
| Линейка на установке | 50 см | 0-50 см | 0,001 мм |  |  | 0,0005 мм |
| Секундомер электронный | 0; 10000 с | 0-10000 с |  |  |  | ± 0,01 с, абс. |

**Таблицы экспериментальных и расчётных данных**

**Таблица 2**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | m (кг) | t (с) | h (мм) | mр (кг) | mк (кг) | m0 (кг) | Dр (мм) | Dк (мм) | D0 (мм) |
| 1.  2.  3.  4.  5. | 0,2944  0,2944  0,2944  0,2944  0,2944 | 2,301  2,382  2,651  2,476  2,376 | 250  250  250  250  250 | 0,1  0,1  0,1  0,1  0,1 | 0,1754  0,1754  0,1754  0,1754  0,1754 | 0,019  0,019  0,019  0,019  0,019 | 90,2  90,2  90,2  90,2  90,2 | 104,5  104,5  104,5  104,5  104,5 | 8  8  8  8  8 |
| 1.  2.  3.  4.  5. | 0,3801  0,3801  0,3801  0,3801  0,3801 | 2,506  2,351  2,406  2,383  2,377 | 250  250  250  250  250 | 0,1  0,1  0,1  0,1  0,1 | 0,2611  0,2611  0,2611  0,2611  0,2611 | 0,019  0,019  0,019  0,019  0,019 | 90,2  90,2  90,2  90,2  90,2 | 104,5  104,5  104,5  104,5  104,5 | 8  8  8  8  8 |

**Таблица 3**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | m (кг) | t (с) | h (м) | mр (кг) | mк (кг) | m0 (кг) | Dр (м) | Dк (м) | D0 (м) |
| 1.  2.  3.  4.  5. | 0,2944  0,2944  0,2944  0,2944  0,2944 | 2,301  2,382  2,651  2,476  2,376 | 0,25  0,25  0,25  0,25  0,25 | 0,1  0,1  0,1  0,1  0,1 | 0,1754  0,1754  0,1754  0,1754  0,1754 | 0,019  0,019  0,019  0,019  0,019 | 0,0902  0,0902  0,0902  0,0902  0,0902 | 0,1045  0,1045  0,1045  0,1045  0,1045 | 0,008  0,008  0,008  0,008  0,008 |
| 1.  2.  3.  4.  5. | 0,3801  0,3801  0,3801  0,3801  0,3801 | 2,506  2,351  2,406  2,383  2,377 | 0,25  0,25  0,25  0,25  0,25 | 0,1  0,1  0,1  0,1  0,1 | 0,2611  0,2611  0,2611  0,2611  0,2611 | 0,019  0,019  0,019  0,019  0,019 | 0,0902  0,0902  0,0902  0,0902  0,0902 | 0,1045  0,1045  0,1045  0,1045  0,1045 | 0,008  0,008  0,008  0,008  0,008 |

**Обработка результатов измерений**

**Таблица 4**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № опыта | I (кг\*м2) | Iт (кг\*м2) | ΔI (кг\*м2) |
| 1.  2.  3.  4.  5. | 0,000484108  0,000519128  0,000644123  0,000561288  0,000516492 | 0,000519662 | 4,42819\*10-6  3,82052\*10-6  5,81294\*10-6  5,09723\*10-6  4,7092\*10-6 |
| 1.  2.  3.  4.  5. | 0,000742495  0,000652757  0,000683944  0,000670815  0,00066741 | 0,000723802 | 6,76982\*10-6  5,95788\*10-6  6,22829\*10-6  6,11449\*10-6  6,08497\*10-6 |

**Обсуждение результатов**

Провёл по пять опытов для двух различных колец. Вычислил по два значения момента инерции маятника Максвелла для каждого опыта (разными способами). Рассмотрел сложное движение тела, сочетающего вращательное движение с поступательным.

**Таблица 5**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № опыта | I (кг\*м2) | Iт (кг\*м2) |
| 1.  2.  3.  4.  5. | 0,000484108±4,42819\*10-6  0,000519128±3,82052\*10-6  0,000644123±5,81294\*10-6  0,000561288±5,09723\*10-6  0,000516492±4,7092\*10-6 | 0,000519662 |
| 1.  2.  3.  4.  5. | 0,000742495±6,76982\*10-6  0,000652757±5,95788\*10-6  0,000683944±6,22829\*10-6  0,000670815±6,11449\*10-6  0,00066741±6,08497\*10-6 | 0,000723802 |

**Выводы и результаты**

Полученные значения момента инерции маятника Максвелла двумя различными способами практически равны (с учётом погрешности).

**Таблица 6**

|  |  |
| --- | --- |
| Опыт | Iср (кг\*м2) ≈ Iт |
| 1-ый диск | (0,0005\*0,0005\*0,0006\*0,0006\*0,0005)/5≈0,0005 |
| 2-ой диск | (0,0007\*0,0007\*0,0007\*0,0007\*0,0007)/5≈0,0007 |