**Санкт**

**-**

**Петербургский**

**национальный**

**исследовательский**

**университет**

**информационных**

**технологий**

**,**

**механики**

**и**

**оптики**

**УЧЕБНЫЙ**

**ЦЕНТР**

**ОБЩЕЙ**

**ФИЗИКИ**

**ФТФ**



Группа: Z3145

Студент: Бородулин Семен Сергеевич

Преподаватель: Коробков Максим Петрович

К работе допущен: \_\_\_\_\_\_\_

Работа выполнена: \_\_\_\_\_\_\_

Отчет принят: \_\_\_\_\_\_\_

**Рабочий протокол и отчет по**

**лабораторной работе № 1.09**

**Определение момента инерции методом**

**крутильных колебаний**

1. Цель работы.

Определение момента инерции различных твердых тел методом крутильных колебаний.

Проверка справедливости теоремы Гюйгенса-Штейнера.

1. Задачи, решаемые при выполнении работы.

Измерение коэффициента угловой жесткости спиральной пружины.

Прямые измерения периодов крутильных колебаний тел различной формы.

Расчет моментов инерции объектов измерения и сравнение их с теоретическими значениями.

1. Объект исследования.

* Штанга с двумя подвижными грузами;
* Сплошной диск;
* Диск с отверстиями;
* Шар;
* Полый цилиндр;
* Сплошной цилиндр.

1. Метод экспериментального исследования.

Многократные прямые измерения силы, воздействующей на динамометр, периода колебаний системы, плеча силы.

Расчёт косвенных значений коэффициента угловой жесткости, моментов инерции.

1. Рабочие формулы и исходные данные.

Возвращающий момент силы (М):

,

где к – коэффициент угловой жесткости пружины, а – угол закручивания пружины.

Моменты инерции ( I ):

,

1. Измерительные приборы.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *№ п/п* | *Наименование* | *Тип прибора* | *Используемый диапазон* | *Погрешность прибора* |
| *1* | *Секундомер* | *цифровой* | 0,5 – 5 с | *0,01 с* |
| *2* | *Динамометр* | *цифровой* | 0,1 – 5 Н | *0,012 Н* |
| *3* | *Рулетка* | *аналоговый* | 0,02 – 0,5 м | *0,001 м* |

1. Схема установки (перечень схем, которые составляют Приложение 1).
2. Результаты прямых измерений и их обработки (*таблицы, примеры расчетов*).

Таблица №1: Определение коэффициента угловой жесткости пружины

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | |  | |  | |  | |  | |  | |
| F, H | r, mm | F, H | r, mm | F, H | r, mm | F, H | r, mm | F, H | r, mm | F, H | r, mm |
| 0,301 | 278 | 0,23 | 280 | 0,132 | 280 | 0,15 | 285 | 0,24 | 280 | 0,33 | 284 |
| 0,435 | 198 | 0,327 | 200 | 0,195 | 193 | 0,211 | 198 | 0,348 | 200 | 0,5 | 188 |
| 0,83 | 106 | 0,643 | 105 | 0,36 | 99 | 0,4 | 102 | 0,66 | 106 | 1,038 | 93 |
| <M> () | | <M> (π) | | <M> () | | <M> () | | <M> (-π) | | <M> (- ) | |
| 0,085929 | | 0,065772 | | 0,036745 | | -0,041776 | | -0,068920 | | -0,094751 | |
| k=<k> ± Δk = 0,0218 ± 0,001 | | | | | | | | | | | |

Таблица №1.1 (Величина периода колебаний штанги без грузов)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | , c | , c |
| 2,40 | 2,47 | 2,53 |
| = 2,47 c | | |

Таблица №2: Теорема Гюйгенса-Штейнера для штанги с грузами

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| , мм |  |  |  |  |  |
| 60 | 3,00 | 3,02 | 3,12 | 0,0036 | 9,282 |
| 80 | 3,39 | 3,32 | 3,46 | 0,0064 | 11,492 |
| 100 | 3,76 | 3,87 | 3,74 | 0,0100 | 14,364 |
| 120 | 4,24 | 4,18 | 4,20 | 0,0144 | 17,696 |
| 140 | 4,72 | 4,70 | 4,64 | 0,0196 | 21,965 |

Таблица №3: Теорема Гюйгенса-Штейнера для диска с отверстиями

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| , мм |  |  |  |  |  |
| 0 | 2,69 | 2,67 | 2,7 | 0 | 7,2182 |
| 30 | 2,78 | 2,81 | 2,85 | 0,0009 | 7,9148 |
| 60 | 2,94 | 3,16 | 3,19 | 0,0036 | 9,5893 |
| 90 | 3,54 | 3,54 | 3,58 | 0,0081 | 12,6262 |
| 120 | 3,93 | 4,11 | 4,08 | 0,0144 | 16,3216 |

Таблица №4: Центральные моменты инерции объектов измерения

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Объект |  |  |  |  |  |  |
| Сплошной диск | 1,58 | 1,64 | 1,61 | 1,61 | 0,0015 | 0,0026 |
| Полый цилиндр | 1,24 | 1,13 | 1,13 | 1,17 | 0,00076 | 0,00091 |
| Сплошной цилиндр | 0,92 | 0,9 | 0,92 | 0,91 | 0,00046 | 0,00033 |
| Шар | 1,49 | 1,51 | 1,62 | 1,54 | 0,0014 | 0,0021 |

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

Момент инерции для стержня без грузов:

Масса грузов для системы «стержень + грузы»:

Центральный момент инерции грузов:

Масса диска с отверстиями:

Центральный момент инерции для диска с отверстиями:

Центральный момент инерции для сплошного диска:

Центральный момент инерции для диска полого цилиндра:

Центральный момент инерции для сплошного цилиндра:

Центральный момент инерции для шара:

1. Расчет погрешностей измерений (*для прямых и косвенных измерений*).
2. Графики (*перечень графиков, которые составляют Приложение 1*).

* График №1.0 (Линейная зависимость момента силы от угла закручивания пружины);
* График №1.1(Нелинейная зависимость момента силы от угла закручивания пружины);
* График №2 (Зависимость квадрата периода колебаний системы «штанга + грузы» от квадрата расстояния);
* График №3 (Зависимость квадрата периода колебаний диска от квадрата расстояния между осью вращения и центром масс).

1. Окончательные результаты.

k=<k> ± Δk = 0,0218 ± 0,001

1. Выводы и анализ результатов работы.

В результате лабораторной работы были получены значения коэффициента угловой жесткости пружины и моментов инерции различных тел (пункт 12). Часть экспериментальных значений моментов инерции и масс тел отличаются от теоретических, проанализировав порядок выполнения лабораторной работы и сверив все результаты, можно сделать вывод, что упругие свойства исследуемой пружины могут изменяться нелинейно на исследуемом интервале (Приложение 1 – График №1.1). Однако же экспериментальные значения моментов инерции различных тел в сравнении с теоретическими позволяют убедиться в справедливости теоремы Гюйгенса-Штейнера.

Замечания преподавателя (*исправления, вызванные замечаниями преподавателя, также помещают в этот пункт*).

***Примечание:*** 1. *Пункты 1–13 Протокола-отчета обязательны для заполнения.*

* 1. *Необходимые исправления выполняют непосредственно в протоколе-отчете.*
  2. *Для построения графиков используют только миллиметровую бумагу.*
  3. *Приложения 1 и 2 вкладывают в бланк протокола-отчета*

Приложение 1:

График №1.0







