МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВПО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»

Кафедра «Программное обеспечение»

Отчет

по лабораторной работе №13

на тему: «Определение момента инерции с помощью унифилярного подвеса»

|  |  |
| --- | --- |
| Выполнил:  студенты группы Б02-191-1 | Мусин Р. И.  Чапаева А. С. |
| Принял: | Бусыгина Е. Л. |

Ижевск 2016

Лабораторная работа №13

Определение момента инерции с помощью унифилярного подвеса

Цель работы: а) определить моменты инерции различных тел методом крутильных колебаний; б) пронаблюдать зависимость момента инерции от массы тела и ее распределения относительно оси вращения.

Приборы: унифилярный подвес, набор грузов (куб, два параллелепипеда), миллисекундомер.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Вращательным называют движение, при котором все точки тела движутся по окружностям, центры которых лежат на одной прямой, называемой осью вращения. Окружности, по которым движутся точки, лежат в плоскостях, перпендикулярных этой оси.

Роль массы во вращательном движении выполняет физическая величина, называемая моментом инерции тела- I.

Любое твердое тело можно представить как совокупность материальных точек с массой , т.е. масса тела есть величина аддитивная.

Моментом инерции материальной точки относительно оси вращения называется скалярная физическая величина, равная произведению массы этой точки на квадрат её расстояния от данной оси:

(1)

Единица измерения момента инерции - кг\*.

Если ось вращения проходит через центр масс тела, то моментом инерции тела относительно этой оси называется величина I, равная сумме произведений масс материальных точек, на которые мы мысленно разбиваем тело, на квадраты расстояний этих точек от данной оси:

(2)

Анализ формулы (2) показывает, что момент инерции является аддитивной величиной и зависит от материала, формы и размеров тела, а также от распределения массы тела относительно оси вращения.

Распределение массы тела в пределах тела можно охарактеризовать с помощью плотности:

, (3)

откуда , (4)

момент инерции:

(5)

В выражениях (3) -(5) -масса, заключенная в объёме , который при предельном переходе стягивает к той точке, в которой определяется плотность.

Если тело однородно, т.е. свойства его во всех точках одинаковы, то плотность и её можно вынести за знак суммы:

(6)

При устремлении при непрерывном распределении массы относительно оси задача нахождения моментов инерции сводится к интегрированию:

(7)

Интегралы в (7) берутся по всему объему тела. Величинами и в этих интегралах являются функциями точки, то есть, например, декартовых координат X, Y, Z. Нахождение моментов инерции в общем случае является сложной задачей. Задача упрощается, если тело имеет правильную геометрическую форму и равномерное распределение массы. В этом случае интегрирование приводит к простым формулам:

для стержня длиной ,

для шара радиуса R: ,

для диска и цилиндра : ,

для куба с ребром : ,

Если ось, относительно которой определяется момент инерции, не проходит через центр инерции тела, то вычисления по формуле (7) оказались бы более сложными.

В подобных случаях нахождение моментов инерции значительно облегчается, если воспользоваться теоремой Штейнера, которая формулируется так: момент инерции относительно произвольной оси равен сумме момента инерции относительно оси, параллельной данной и проходящей через центр инерции тела, и произведения массы тела на квадрат расстояния между осями:

(8)

В соответствии с теоремой Штейнера момент инерции диска относительно оси O’ O’ равен:

,

где

Момент инерции является мерой инертности тела. Каждое тело, независимо от того вращается оно или покоится, обладает определенным моментом инерции относительно любой оси, подобно тому, как тело обладает массой независимо от того, движется оно или покоится.

Экспериментально момент инерции тела можно определить методом крутильных колебаний. Гармоническими крутильными колебаниями тела называется периодическое движение относительно оси, проходящей через центр масс этого тела, когда угол отклонения от положения равновесия изменяется по закону синуса или косинуса:

(9)

ХОД РАБОТЫ

1. Прямые измерения:

1.1.Определяем размеры и массу данных тел, результаты заносим в таблицу №1:

Таблица №1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| тело | m, кг | a, м | b, м. | с, м. |
| куб | 0,940 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| параллелепипед прямоугольный | 1,880 | 0,06 | 0,1 | 0,04 |
| параллелепипед квадратный | 1,940 | 0,05 | 0,1 | 0,05 |

1.2.Заносим измерения времени для тел для n=10 колебаний в таблицу №2:

Таблица №2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Куб | | Параллелепипед квадратный | | | | Параллелепипед прямоугольный | | | |
| № опыта | х | АС | х | y | z | АС | x | y | z | AC |
| 1 | 3,971 | 3,974 | 6,194 | 6,851 | 8,134 | 7,054 | 6,277 | 7,021 | 8,744 | 7,348 |
| 2 | 3,972 | 3,970 | 6,190 | 6,851 | 8,135 | 7,052 | 6,274 | 7,023 | 8,745 | 7,346 |
| 3 | 3.973 | 3.973 | 6,193 | 6,851 | 8,134 | 7,052 | 6,271 | 7,024 | 8,744 | 7,355 |
| 4 | 3,975 | 3,971 | 6,191 | 6,853 | 8,136 | 7,052 | 6,283 | 7,023 | 8,745 | 7,355 |
| 5 | 3,969 | 3,973 | 6,191 | 6,850 | 8,131 | 7,051 | 6,285 | 7,023 | 8,744 | 7,351 |
| <t> | 3,972 | 3,974 | 6,192 | 6,851 | 8,134 | 7,052 | 6,278 | 7,023 | 8,744 | 7,351 |

<t> вычисляем по формуле <t>=.

Таблица №3

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| n | тело | , c. | , c. | , c. | , c. |
| 10 | куб | 3,972 | 3,972 | 3,972 | 3,974 |
| 10 | параллелепипед прямоугольный | 6,192 | 6,851 | 8,134 | 7,052 |
| 10 | параллелепипед квадратный | 6,278 | 7,023 | 8,744 | 7,351 |

2. косвенные измерения:

2.1.Рассчитываем периоды колебаний тел относительно осей x, y и z , по ниже приведенной формуле, результаты заносим в таблицу №4:

,

где -время колебаний относительно осей координат, n-число колебаний.

Таблица №4

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тело | , c | , | , c | , | , c | , | , с | , |
| Куб | 0,397 | 0,392 | 0,397 | 0,392 | 0,397 | 0,392 | 0,397 | 0,392 |
| Параллелепипед прямоугольный | 0,619 | 0,953 | 0,685 | 1,167 | 0,813 | 1,644 | 0,705 | 1,255 |
| Параллелепипед квадратный | 0,628 | 0,962 | 0,702 | 1,264 | 0,874 | 1,899 | 0,735 | 1,375 |

2.2. Рассчитываем момент инерции куба относительно оси, проходящей через центр противоположных граней, по формуле:

=,

где m-масса куба, a-ребро куба.

=

2.3. Рассчитываем моменты инерции относительно различных осей вращения, зная момент инерции куба, для параллелепипедов по ниже приведенной формуле:

Результаты заносим в таблицу №4.

2.4. Проверим ниже приведенную формулу, подставив в нее полученные значения:

для куба:

()\*=0,001(м2с2);

\*+\*+\*=0,001(м2с2);

0,001м2с2 0,001м2с2;

для параллелепипеда прямоугольного:

()\*=0,007(м2с2);

\*+\*+\*=0,007(м2с2);

0,007м2с2 0,007м2с2;

для параллелепипеда квадратного:

()\*=0,008(м2с2);

\*+\*+\*=0,008(м2с2);

0,008м2с2 0,008м2с2;

3. Вывод:

Мы определили моменты инерции тел методом крутильных колебаний (периодическое движение относительно оси, проходящей через центр масс этого тела, когда угол отклонения от положения равновесия изменяется по закону синуса или косинуса). Пронаблюдали зависимость момента инерции от массы тела и ее распределения относительно оси вращения. Мы проверили формулу, приведенную в пункте 2.4. и получили, что левая и правая части примерно совпадают (0,001м2с2 0,001м2с2;0,007м2с2 0,007м2с2;0,008м2с2 0,008м2с2;). Это подтверждает правильность наших вычислений.