

МЕХАНИКА АБСОЛЮТНО ТВЁРДОГО ТЕЛА

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 151. ИЗМЕРЕНИЕ МОМЕНТОВ ИНЕРЦИИ ТЕЛ ПРАВИЛЬНОЙ ФОРМЫ.

Введение

Основное уравнение динамики вращательного движения в случае неподвижной оси вращения z удобно спроектировать на эту ось:

$$\frac{dL_z}{dt} = M_z. \quad (1)$$

Здесь L_z - проекция момента импульса, M_z - момент внешних сил относительно оси.

Проекция момента импульса L_z связана с угловой скоростью ω и моментом инерции I относительно этой оси:

$$L_z = I\omega. \quad (2)$$

Момент инерции тела определяется формулой:

$$I = \sum m_i r_i^2, \quad (3)$$

где суммирование проводится по всем материальным точкам тела с массами m_i , r_i - расстояния от материальных точек до оси вращения. В случае непрерывного распределения масс эту формулу можно записать в интегральном виде:

$$I = \int r^2 dm \quad (4)$$

Момент инерции величина аддитивная $I = \sum I_i$.

При вращении тела под действием момента упругой силы пружины уравнение (1) приводит к следующему соотношению:

$$I = T^2 \cdot D / (4 \cdot \pi^2) \quad (5)$$

где I – момент инерции колеблющегося тела, T – период колебаний, D – модуль кручения пружины. Последние две величины измеряются в данной работе экспериментально.

Приступая к работе необходимо

Знать определения

- вектора и составляющей вектора;
- координат вектора;
- проекции вектора на направление;
- вектора угла бесконечно малого поворота, угловой скорости, углового ускорения;
- системы координат и системы отсчета;
- инерциальной и неинерциальной систем отсчёта;

массы тела, момента инерции тела;
силы, момента силы;
центра масс;
кинетической энергии;
момента импульса.

Знать

формулировку и границы применения уравнения динамики вращательного движения.

Уметь

рассчитывать моменты инерции однородных тел правильной геометрической формы;
измерять расстояния с помощью линейки;
измерять время ручным секундомером;
определять массу взвешиванием;
оценивать случайные погрешности прямых и косвенных измерений.

Цель работы:

Сравнение измеренных и теоретически вычисленных значения моментов инерции тел правильной формы.

Решаемые задачи

- ✓ измерение модуля кручения пружины методом крутильных колебаний;
- ✓ измерение моментов инерции изучаемых тел методом крутильных колебаний.

Экспериментальная установка

Приборы и принадлежности:

- ✓ Торсионная пружина на штативе;
- ✓ Секундомер;
- ✓ Штанга с перемещаемыми грузами;
- ✓ Деревянный шар;
- ✓ Деревянный диск;
- ✓ Держатель для тел цилиндрической формы;
- ✓ Деревянный цилиндр;
- ✓ Полый металлический цилиндр;
- ✓ Весы.



Рис.1 Вид экспериментальной установки

Порядок выполнения работы:

1. Снимите со штанги грузы, установите штангу на пружину и измерьте период колебаний T_0 ;
2. Определите взвешиванием массы m грузов, закрепляемых на штанге;
3. Установите грузы на штангу, для каждого из шести положений грузов измерьте период T_i и вычислите $D_i = 4 \cdot \pi^2 \cdot (2 \cdot m \cdot R_i^2) / (T_i^2 - T_0^2)$; **Начальная амплитуда колебаний не более 180°!!!**
4. Найдите D как среднее измеренных D_i ;
5. Взвесьте шар, диск, держатель цилиндрических тел, деревянный цилиндр, полый цилиндр.
6. Измерьте диаметры шара, диска, цилиндра и полого цилиндра;
7. Установите на пружину шар, измерьте период колебаний и найдите момент инерции по формуле (5);
8. Установите на пружину диск, измерьте период колебаний и найдите момент инерции по формуле (5);
9. Установите на пружину держатель цилиндрических тел, измерьте период колебаний и найдите момент инерции по формуле (5);
10. Установите на держатель деревянный цилиндр, измерьте период колебаний и найдите суммарный момент держателя и цилиндра. Найдите момент инерции цилиндра как разность суммарного момента инерции и момента инерции держателя;
11. Установите на держатель полый цилиндр, измерьте период колебаний и найдите суммарный момент держателя и цилиндра. Найдите момент инерции цилиндра как разность суммарного момента инерции и момента инерции держателя;

Обработка и представление результатов

12. Вычислите по формулам моменты инерции шара, диска, цилиндра и полого цилиндра и сравните с измеренными.
13. Моменты инерции однородных тел правильной геометрической формы относительно осей, проходящих через центры масс, приведены в таблице:

Тело	Ось	Момент инерции
Полый однородный тонкостенный цилиндр или кольцо радиуса r и массы m	ось цилиндра	mr^2
Однородный шар радиуса r	любая ось	$\frac{2}{5}mr^2$
Однородный диск радиуса r	ось перпендикулярная плоскости диска	$\frac{1}{2}mr^2$
Однородный цилиндр радиуса r и высотой l	ось перпендикулярная оси симметрии	$\frac{1}{4}mr^2 + \frac{1}{12}ml^2$

Однородный цилиндр радиуса r и высотой l	ось симметрии	$\frac{1}{2}mr^2$
Тонкий однородный стержень длиной l	ось перпендикулярная стержню	$\frac{1}{12}ml^2$
Однородный куб с длиной ребра l	любая ось	$\frac{1}{6}ml^2$

14. Данные измерений представьте в виде таблиц:

№	R , см	T , с	D
1	-		-
2	5.0		
3	10.0		
...	...		
7	30.0		

Тело	m	$I_{\text{эксп}}$	$I_{\text{теор}}$
Шар			
Диск			
Цилиндр			
Полый цилиндр			

15. Сделайте вывод о возможности вычисления моментов инерции однородных тел правильной геометрической формы.

Казанский (Поволжский) федеральный университет

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
ПО МЕХАНИКЕ**

КАЗАНЬ 2014

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО МЕХАНИКЕ

(Учебно-методическое пособие
для студентов естественнонаучных направлений обучения)

авторы пособия:

доцент кафедры общей физики *Скворцов А.И.*
доцент кафедры общей физики *Налётов В.В.*
доцент кафедры общей физики *Мухамедшин И.Р.*
доцент кафедры общей физики *Недопекин О.В.*
ассистент кафедры общей физики *Лысогогорский Ю.В.*
ассистент кафедры общей физики *Ирисова И.А.*
инженер кафедры общей физики *Староверов А.Е.*

Рецензент:

профессор кафедры общей физики КФУ *Фишман А.И.*,

В пособии описана методика постановки работ общего физического практикума по разделу механика курса общей физики. Пособие предназначено для студентов всех естественнонаучных направлений обучения.

© Институт физики Казанского университета.