

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 152. ПРОВЕРКА ТЕОРЕМЫ ШТАЙНЕРА

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 $I = \sum I_i$.

Момент инерции I тела относительно любой оси AA' можно найти, зная момент инерции I_0 относительно оси BB' , проходящей через центр масс тела параллельно оси AA' при помощи теоремы Гюйгенса-Штейнера:

$$I = I_0 + md^2, \quad (5)$$

где m - масса тела, d - расстояние между осями.

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

$$I = T^2 \cdot D / (4 \cdot \pi^2) \quad (6)$$

где I – момент инерции колеблющегося тела, T – период колебаний, D – модуль кручения пружины.

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

Знать

формулировку и границы применения уравнения динамики вращательного движения;
формулировку и границы применения теоремы Гюйгенса-Штайнера.

Уметь

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

Цель работы:

Сравнение экспериментально определенной и теоретически предсказанной зависимости момента инерции диска от расстояния между осью симметрии диска и осью его вращения.

Решаемые задачи:

- ✓ измерение моментов инерции диска для различных его положений методом крутильных колебаний.

Экспериментальная установка

Приборы и принадлежности:

- ✓ Торсионная пружина на штативе;
- ✓ Секундомер;
- ✓ Исследуемый диск.



Рис.1 Вид экспериментальной установки

Порядок выполнения работы:

1. Установите диск на торсионную пружину так, чтобы ось колебаний проходила через отверстие «0». Измерьте период колебаний T_0 . Внима-

- ние! Необходимо провести не менее пяти измерений, не менее десяти колебаний в каждом! Начальная амплитуда колебаний не более 180° !
- Последовательно устанавливая диск так, чтобы ось колебаний проходила через отверстия «2», «4», «6», «8», «10», «12», «14», «16», измерьте периоды колебаний T_1, T_2, \dots, T_8 . **Внимание! Так как период колебаний диска может зависеть от положения диска на оси, диск следует ориентировать длинной стороной диска против П-образного кронштейна крутильной пружины!**
 - Измерьте радиус диска R .

Обработка и представление результатов

- Вычислите относительные теоретические моменты инерции диска по формуле

$$I_{\text{т.отн}} = (M \cdot R^2 / 2 + M \cdot d_i^2) / (M \cdot R^2 / 2) = 1 + 2 \cdot d_i^2 / R^2$$

для всех осей и сравните с экспериментальными результатами, вычисленными с использованием данных измерения по формуле:

$$I_{\text{э.отн}} = T^2 / T_0^2$$

- Данные измерений представьте в виде таблицы:

№	R , см	$T_i(1)$	$T_i(2)$	$T_i(3)$	$T_i(4)$	$T_i(5)$	\bar{T}_i	$I_{\text{т.отн}}$
1	0							1.00
2	2							
3	4							
...	...							
9	16							

- Постройте график зависимости T_i^2 от $I_{\text{т.отн}}$. Сделайте вывод о соответствии теоретических предположений и экспериментального результата.

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.