

Московский государственный технический университет
имени Н. Э. Баумана

Специализированный учебно-научный центр
Лицей №1580 при МГТУ им. Н. Э. Баумана

Кафедра «Основы физики»

Лабораторный практикум по физике
Электронное издание
10 класс

МЕХАНИКА

Лабораторная работа М–6

Условия равновесия твердого тела
с закрепленной осью вращения

Москва, 2014

Лабораторный практикум по физике. Механика. — Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

Лабораторный практикум по физике для 10 класса состоит из лабораторных работ для занятий учащихся 10 классов в Специализированном учебно-научном центре МГТУ имени Н. Э. Баумана.

Лабораторные работы, приведенные в сборнике, позволят учащимся глубже изучить законы физики и получить навыки проведения экспериментальных физических исследований.

Составители лабораторных работ:

И. Н. Грачева, В. И. Гребенкин, А. Е. Иванов,
И. А. Коротова, Е. И. Красавина, А. В. Кравцов,
Н. С. Кулеба, Б. В. Падалкин, Г. Ю. Шевцова,
Т. С. Цвечинская.

Под редакцией И. Н. Грачевой, А. Е. Иванова, А. В. Кравцова.

Об ошибках и неточностях просьба сообщать на электронную почту
metod1580@gmail.com

- © Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана, 2014
- © Лицей №1580 при МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014

6.1 Цель работы

Целью работы является экспериментальная проверка условий равновесия тела с закрепленной осью вращения.

6.2 Основные теоретические сведения

Твердое тело с закрепленной неподвижной осью вращения остается в покое, если сумма моментов сил, действующих на тело, относительно оси вращения равна нулю:

$$\sum_{i=1}^n M_i = 0. \quad (6.1)$$

При этом сумма сил, действующих на тело, также равна нулю из-за возникновения сил реакций со стороны крепления оси вращения.

6.3 Описание экспериментальной установки

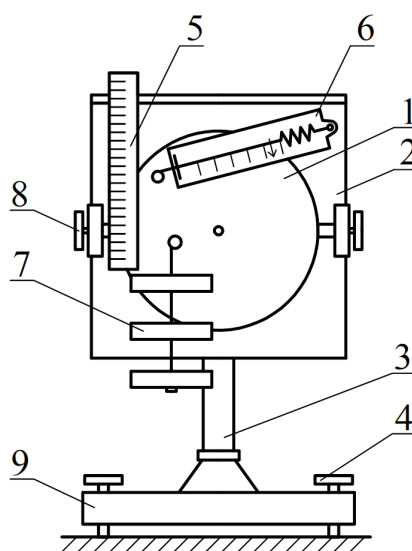


Рис. 6.1: Схема установки

Установка изображена на рис. 6.1. В установке неоднородный диск 1 может поворачиваться вокруг горизонтальной оси, проходящей через его геометрический центр. Положение диска с помощью указателя определяется по круговой шкале, деления которой нанесены на раме 2, укрепленной на стойке 3. Боковыми винтами 8 фиксируют положение диска. Установка всего прибора по отвесу производится регулировочными винтами 4 в плите 9. Изменение высоты центра масс фиксируется по шкале вертикальной линейки 5. Динамометр 6 шарнирно прикрепляется одним концом к раме, другим — к диску. При повороте диска пружина растягивается. Сила натяжения пружины измеряется по шкале динамометра. К диску на тонкой нити подвешиваются грузы 7. Вес диска измеряется спаренным динамометром, не входящим в состав установки и расположенном на столе рядом с описанной установкой.

6.4 Порядок выполнения работы

1. Во время домашней подготовки к работе выполните в лабораторном журнале таблицы 6.1–6.3.
2. Ознакомьтесь с установкой и получите у преподавателя допуск к выполнению работы.

Таблица 6.1

$P_i, \text{Н}$			$T, \text{Н}$	$F_i, \text{Н}$			$N, \text{Н}$
1	2	3		1	2	3	
$\langle P \rangle \pm \Delta P, \text{Н}$			$T \pm \Delta T, \text{Н}$	$\langle F \rangle \pm \Delta F, \text{Н}$			$N \pm \Delta N, \text{Н}$

Таблица 6.2

$d_P \pm \Delta d_P, \text{мм}$		$d_T \pm \Delta d_T, \text{мм}$		$d_F \pm \Delta d_F, \text{мм}$	
$P \pm \Delta P, \text{Н}$		$T \pm \Delta T, \text{Н}$		$F \pm \Delta F, \text{Н}$	
$M_P \pm \Delta M_P, \text{Н} \cdot \text{м}$		$M_T \pm \Delta M_T, \text{Н} \cdot \text{м}$		$M_F \pm \Delta M_F, \text{Н} \cdot \text{м}$	

Таблица 6.3

$d'_P \pm \Delta d'_P, \text{мм}$		$d'_N \pm \Delta d'_N, \text{мм}$		$M' \pm \Delta M', \text{Н} \cdot \text{м}$
$P \pm \Delta P, \text{Н}$		$N \pm \Delta N, \text{Н}$		
$M'_P \pm \Delta M'_P, \text{Н} \cdot \text{м}$		$M'_N \pm \Delta M'_N, \text{Н} \cdot \text{м}$		

Расчетные соотношения к таблицам 6.2 и 6.3:

Δd — приборная погрешность измерительной линейки;
 значения $P, T, F, \Delta P, \Delta T, \Delta F$ берутся из таблицы 6.1;

$$\Delta M_P = \sqrt{(d_P \Delta P)^2 + (P \Delta d_P)^2};$$

для ΔM_T и ΔM_F — аналогично;

$$\Delta M = \langle M \rangle \sqrt{\left(\frac{\Delta M_P}{M_P}\right)^2 + \left(\frac{\Delta M_T}{M_T}\right)^2 + \left(\frac{\Delta M_F}{M_F}\right)^2}. \quad (6.2)$$

Задание 1. *Определение массы и положения центра тяжести неоднородного диска.*

1. С помощью спаренного динамометра, укрепленного на штативе, взвесьте три раза диск. Измеренные значения силы тяжести P_i запишите в таблицу 6.1. Пользуясь разделом В.4 вводной лабораторной работы, определите погрешность измерения P .
2. Найдите положение центра тяжести диска следующим образом. Прикрепив к диску лист миллиметровой бумаги с вырезом посередине (вырез должен быть сделан так, чтобы пересечение двух взаимно перпендикулярных утолщенных линий «миллиметровки» проходило через центр диска), подвесьте диск вместе с отвесом последовательно в трех точках диска. На пересечении трех прямых, проведенных по отвесу, отметьте точкой положение центра тяжести. Если на пересечении прямых образуется маленький треугольник, то точку центра тяжести ставят в точке пересечения медиан этого треугольника.

Задание 2. *Определение силы реакции \mathbf{N} , действующей на диск со стороны оси вращения.*

1. Надев диск на ось, прикрепите к нему динамометр и подвесьте на нити грузы такой массы, чтобы пружинка растянулась примерно вдвое. Диск, остановившийся в положении равновесия, закрепите стопорными винтами. Запишите показания F динамометра в таблицу 6.1. Проведите на миллиметровке линии действия силы упругости \mathbf{F} пружины динамометра, силы натяжения \mathbf{T} нити крепления грузов и силы тяжести \mathbf{P} . Сила тяжести приложена к центру тяжести.
2. Освободив стопорные винты, повторите измерения по п. 1 еще два раза. Результаты запишите в таблицу 6.1.
3. По массам грузов определите силу натяжения \mathbf{T} нити. Относительную погрешность определения силы \mathbf{T} считать равной 1%.
4. Определите силу реакции \mathbf{N} графическим способом. На листе миллиметровой бумаги в определенном масштабе отложите векторы $\mathbf{P} + \mathbf{T}$, \mathbf{F} так, как показано на рис. 6.2. Используя условие равновесия системы

$$\mathbf{F} + \mathbf{P} + \mathbf{T} + \mathbf{N} = 0, \quad (6.3)$$

получаем

$$-\mathbf{N} = \mathbf{F} + \mathbf{P} + \mathbf{T}. \quad (6.4)$$

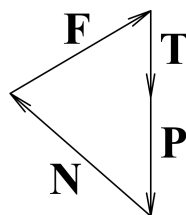


Рис. 6.2: Расчет силы реакции опор

Следовательно, для нахождения вектора \mathbf{N} необходимо соединить конец вектора \mathbf{P} и начало вектора \mathbf{F} . Значение модуля N запишите в таблицу 6.1. Рассчитайте погрешность измерения N по выражению

$$\Delta N = \langle N \rangle \sqrt{\left(\frac{\Delta P}{P}\right)^2 + \left(\frac{\Delta T}{T}\right)^2 + \left(\frac{\Delta F}{F}\right)^2}. \quad (6.5)$$

Задание 3. *Изучение правила моментов.*

1. Снимите миллиметровую бумагу с диска, с обратной стороны заклейте отверстие бумагой. Обозначьте точкой ось вращения диска. Измерьте плечи d_P , d_F , d_T сил \mathbf{P} , \mathbf{T} , \mathbf{F} относительно оси вращения диска.
2. Выполнив необходимые расчеты, заполните таблицу 6.2.
3. Убедитесь, что правило моментов справедливо для любой оси, параллельной той, вокруг которой тело вращается в действительности. Рассмотрите ось, перпендикулярную плоскости диска и проходящую через точку пересечения линий действия сил \mathbf{T} и \mathbf{F} . Измерьте плечи d'_P и d'_N сил \mathbf{P} и \mathbf{N} относительно этой оси, запишите результаты в таблицу 6.3. Сопоставив результаты измерений по таблицам 6.2 и 6.3, сделайте выводы и напишите заключение к работе.

6.5 Контрольные вопросы

1. Сформулируйте условия равновесия твердого тела с закрепленной осью вращения.
2. Тело находится на закрепленной оси вращения. Как должна проходить линия действия силы, приложенной к телу, чтобы оно находилось в состоянии равновесия?
3. Может ли тело, находящееся в равновесии, двигаться поступательно или вращаться?