

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–7

Изучение динамики равномерного движения
тела по окружности

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

7.1 Цель работы

Целью работы является экспериментальное исследование законов динамики материальной точки при ее движении по окружности.

7.2 Основные теоретические сведения

При равномерном движении материальной точки по окружности вектор ее скорости, оставаясь по модулю постоянным, изменяет свое направление, что обуславливает наличие у нее ускорения. В любой точке окружности ускорение направлено к центру (по нормали к траектории) и называется нормальным (центростремительным) ускорением. Модуль нормального ускорения a_n определяется выражением

$$a_n = \frac{v^2}{r}, \quad (7.1)$$

где v — модуль линейной скорости материальной точки; r — радиус окружности.

С учетом известных соотношений

$$v = \omega r \quad \text{и} \quad \omega = \frac{2\pi}{T} \quad (7.2)$$

численное значение нормального ускорения может быть выражено через период T :

$$a_n = \frac{4\pi^2}{T^2} r. \quad (7.3)$$

7.3 Методика выполнения работы

Изучение динамики равномерного движения материальной точки по окружности можно выполнить с помощью конического маятника, который представляет собой шарик, подвешенный на нити и равномерно движущийся по окружности (рис. 7.1).

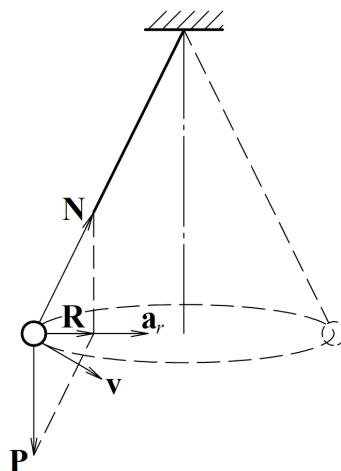


Рис. 7.1: Силы, действующие на конический маятник

На шарик массой m действуют две силы — сила тяжести $m\mathbf{g} = \mathbf{P}$ и сила \mathbf{N} натяжения нити. Для любого положения шарика равнодействующая этих сил $m\mathbf{a} = \mathbf{P} + \mathbf{N}$ направлена к центру окружности и обеспечивает движение шарика с нормальным ускорением \mathbf{a} .

В соответствии со вторым законом Ньютона,

$$m\mathbf{a} = \mathbf{P} + \mathbf{N}. \quad (7.4)$$

Модуль равнодействующей определяется выражением

$$R = \sqrt{N^2 - P^2}. \quad (7.5)$$

Учитывая выражение (7.3),

$$R = m \frac{4\pi^2}{T^2} r. \quad (7.6)$$

В работе проводится проверка второго закона Ньютона применительно к равномерному движению материальной точки по окружности. При этом используется методика сравнения значений равнодействующей \mathbf{R} , вычисленных с помощью выражений (7.5) и (7.6).

7.4 Описание экспериментальной установки

Схематическое изображение экспериментальной установки приведено на рис. 7.2.

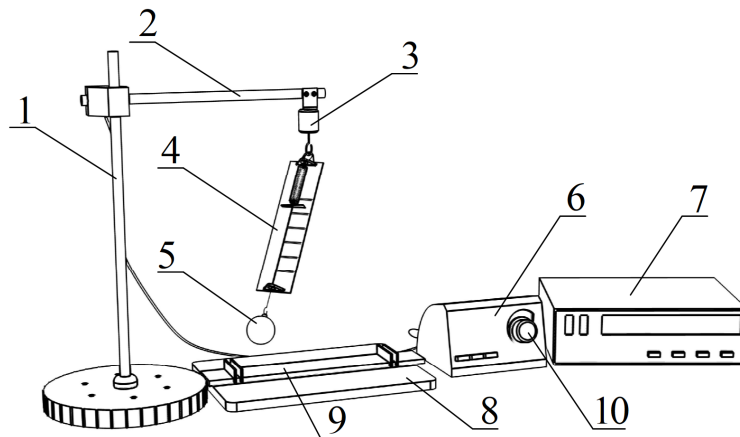


Рис. 7.2: Схема экспериментальной установки

Установка состоит из массивной стойки 1, с которой связан кронштейн 2. К кронштейну прикреплен электродвигатель 3, к валу которого прикреплен динамометр 4 с шариком 5. Электродвигатель питается от источника 6. Угловая скорость вращения вала регулируется ручкой 10 регулятора напряжения. Подаваемое на электродвигатель напряжение измеряется вольтметром 7. Для измерения радиуса окружности, по которой движется шарик, используется планшет 8 с линейкой 9, которые располагаются под динамометром с шариком. Динамометр снабжен муфтой, свободно перемещающейся вдоль шкалы и обеспечивающей снятие показания динамометра после остановки системы: указатель пружины, надавливая на муфту, смещает ее. С помощью динамометра также производится взвешивание шариков.

7.5 Порядок выполнения работы

1. Значение массы шарика и приборную погрешность запишите в таблицу 7.1.

Таблица 7.1

Измеряемые величины	m , кг	P , Н	r , м	t , с			$\langle t \rangle$, с	T , с	N , Н
				1	2	3			
Значение									
Погрешность									
Расчетные величины	a_n , м/с ²			ma_n , Н			R , Н		
Значение									
Погрешность									

- Наденьте динамометр с подвешенным шариком на крючок вала электродвигателя так, чтобы шарик немного не касался плоскости планшета. Придвиньте муфту вплотную к указателю.
- Включите источник 6, при этом должна загореться сигнальная лампа. Вращением ручки 10 подайте на электродвигатель напряжение, указанное на приборе (около 40 В), измеряя его вольтметром 7. При этом вал электродвигателя начнет вращение, вовлекая в движение подвешенный динамометр с шариком.
- Выждите 5–10 минут, пока режим вращения не установится. Установление режима можно определить, поместив визир линейки под одно из крайних положений шарика и убедившись, что центр шарика будет все время проходить над визиром. После этого под другое крайнее положение шарика поставьте второй визир, зафиксировав тем самым диаметр окружности вращения шарика.
- Измерьте три раза с помощью секундомера время t десяти ($n = 10$) оборотов маятника. Данные запишите в таблицу 7.1.
- Вращением ручки 10 регулятора напряжения остановите вращение установки. По положению муфты динамометра определите силу T , с которой была натянута пружина динамометра при равномерном вращении маятника.
- По расстоянию между визирами вычислите радиус вращения шарика.
- Пользуясь разделом В.4, определите погрешности прямых измерений, проведите расчеты по выражениям (7.4) и (7.5), заполните таблицу 7.1.
- Напишите заключение к работе.

Расчетные соотношения:

m, P, r, N, t — данные прямых измерений,
 $\Delta m, \Delta P, \Delta r, \Delta N$ — приборные погрешности,

$$\Delta(ma) = ma\sqrt{\varepsilon_r^2 + (2\varepsilon_T)^2},$$

$$\Delta T = \frac{\Delta t}{n},$$

$$T = \frac{\langle t \rangle}{n},$$

$$\Delta R \approx \Delta N \left(\frac{R}{P} \right)^2.$$

7.6 Контрольные вопросы

1. Для нормального ускорения известны два выражения: $a_n = v^2/r$ и $a_n = \omega^2 r$. Усматриваете ли Вы противоречие в том, что, согласно одному из них, ускорение обратно пропорционально, а, согласно другому, — прямо пропорционально радиусу r окружности, по которой движется материальная точка?
2. Можно ли утверждать, что равномерное движение материальной точки по окружности происходит под действием постоянной силы? С постоянным ускорением? Почему?