

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–3
Изучение второго закона Ньютона

Москва, 2013

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. Цвезинская.

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

- © Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана, 2013
- © Лицей №1580 при МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013

3.1 Цель работы

Целью работы является экспериментальная проверка основного уравнения динамики материальной точки.

3.2 Основные теоретические сведения

Понятие материальной точки — одно из важнейших понятий механики. Материальной точкой называют тело, формой и размерами которого в заданных условиях движения можно пренебречь.

Всякое реальное тело можно разбить на большое число частей, сколь угодно малых по сравнению с размерами самого тела.

Каждую такую часть можно рассматривать как материальную точку, а само тело — как систему материальных точек.

Второй закон Ньютона — основной закон динамики материальной точки. В соответствии с ним ускорение \mathbf{a} , сообщаемое материальной точке, прямо пропорционально вызывающей его силе \mathbf{F} и обратно пропорционально массе тела m :

$$\mathbf{a} = \frac{\mathbf{F}}{m}. \quad (3.1)$$

Силой, действующей на тело (или приложенной к телу), называют физическую величину, являющуюся мерой механического воздействия на это тело со стороны другого тела. Мы можем рассматривать движение тела под действием других тел как движение тела под действием приложенных к нему сил.

Если на материальную точку одновременно действуют несколько сил, то каждая из них сообщает материальной точке ускорение, определяемое выражением (3.1) для данной силы, а суммарное ускорение является геометрической суммой сообщаемых силами ускорений. При этом говорят, что на материальную точку действует результирующая сила (равнодействующая), равная геометрической сумме отдельных действующих сил. Приведенные выше рассуждения выражают принцип независимости действия сил.

Соотношение (3.1) показывает, что тела обладают свойством инертности. Именно благодаря своей инертности тело приобретает при действии силы конечное ускорение, изменяя свою скорость не мгновенно, а постепенно. Мерой инертности тела является масса.

Классическая механика исходит из того подтвержденного повседневным опытом положения, что масса тела — величина постоянная. В специальной теории относительности показано, что в общем случае масса тела зависит от его скорости, но при скоростях тел, намного меньших скорости света, эта зависимость незначительна. Классическая механика как раз и рассматривает движение тел при малых по сравнению со скоростью света скоростях.

Масса системы материальных точек равна сумме масс всех материальных точек, входящих в систему. Это утверждение выражает свойство аддитивности массы.

3.3 Описание экспериментальной установки

Схема экспериментальной установки приведена на рис. ?? . Установка состоит из рельса 1, тележки 2 с подвесными грузами 3, датчиков «Старт» 4 и «Стоп» 5, ограничителя 6, троса 7, тарелки 8 с грузами 9 и электронного секундомера 10.

Сила тяжести, действующая на тарелку 8 с грузами 9, создает ускорение системы «тележка — трос — тарелка». Если тележка с этим ускорением движется с нулевой начальной

Таблица 3.1.

| | |
|--|-------|
| Масса тарелки M_1 , кг | 0,003 |
| Масса тележки M_2 , кг | 0,242 |
| Общая масса системы M , кг (задание 1) | |
| Перемещение тележки s , м | |
| Сила, действующая на систему, F , мН (задание 2) | |

Таблица 3.2.

| № измерения | Масса грузов на тарелке m_1 , кг | Масса грузов на тележке m_2 , кг | Время движения t , с | Ускорение a , м/с ² | Сила F , мН |
|-------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------|----------------------------------|---------------|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |

скоростью от датчика «Старт» 4 до датчика «Стоп» 5, то значение этого ускорения можно рассчитать из выражения

$$a = \frac{2s}{t^2}. \quad (3.2)$$

Перемещение тележки с грузами измеряют линейкой, время движения — электронным секундомером 10, запускаемого и останавливаемого автоматически с помощью датчиков 4 и 5.

В работе исследуются зависимости:

- ускорения от силы, действующей на систему, при постоянной массе системы
- ускорения от массы системы при постоянной силе, действующей на систему

Для компенсации силы трения, действующей со стороны рельса на тележку с грузами, рельс наклоняют под небольшим углом к горизонтальной плоскости. Значение угла наклона подбирается экспериментально.

3.4 Порядок выполнения работы и обработки результатов измерений

Задание 1. *Исследование зависимости ускорения от силы, действующей на систему, при постоянной массе системы.*

1. Подготовьте в протоколе эксперимента таблицы 3.1, 3.2 и 3.3 для записи результатов измерений и вычислений.

Примечание. Пункт 1 выполняется во время домашней подготовки к работе.

1. Ознакомьтесь с устройством экспериментальной установки и получите у преподавателя допуск к работе.

Таблица 3.3.

| № измерения | Масса грузов на тележке m_2 , кг | Время движения t , с | Ускорение a , м/с ² | Масса системы M , кг | $F/M(a)$, м/с ² |
|-------------|------------------------------------|------------------------|----------------------------------|------------------------|-----------------------------|
| 1 | 0 | | | | |
| 2 | 0,120 | | | | |
| 3 | 0,240 | | | | |

- Для компенсации силы трения положите на тележку грузы общей массой 0,126 кг и наклоните рельс настолько, чтобы тележка двигалась равномерно.
- Измерьте линейкой расстояние между датчиками «Старт» и «Стоп», результат запишите в таблицу 3.1.
- Прикрепите к тележке нить с тарелкой и одним грузом массой 3 г. Перебросьте нить через блок. Рассчитайте общую массу системы и запишите результат в таблицу 3.1.
- Рассчитайте по приведенному ниже выражению (3.3) силу F , действующую на систему, результат расчета запишите в таблицу 3.2.

$$F = (M_1 + m_1)g. \quad (3.3)$$

- Резким, но не сильным ударом по крючку датчика «Старт» пустите тележку. При этом происходит пуск секундомера. В момент прохождения тележки мимо датчика «Стоп» происходит остановка секундомера. Запишите показание секундомера в таблицу 3.2.
- Пользуясь выражением (3.2), рассчитайте ускорение и запишите результат в таблицу 3.2.
- Переложите с тележки на тарелку один груз массой 3 г.
- Повторите операции пп. 6–9 несколько раз, пока все малые грузы не будут переложены с тележки на тарелку.
- На миллиметровой бумаге постройте график зависимости ускорения a от силы F при постоянной массе M .

Задание 2. Исследование зависимости ускорения от массы движущегося тела при постоянной силе, действующей на систему.

- Снимите с тележки все грузы, на тарелку положите два груза массой по 3 г каждый. По выражению (3.3) рассчитайте силу, действующую на систему, результат занесите в таблицу 3.1.
- Определите ускорение тележки, повторив операции п. 7 задания 1 и пользуясь выражением (3.2). Результат запишите в таблицу 3.3.
- Положите на тележку груз массой 120 г и повторите п. 2.
- Повторите п. 3 еще один раз.
- Рассчитайте по полученным данным отношения силы к массе движущихся тел $\frac{F}{M}$, результаты запишите в таблицу 3.3. Постройте график зависимости ускорения от массы системы при постоянной силе, действующей на систему.

6. По результатам выполнения заданий 1 и 2 сформулируйте выводы и напишите заключение к работе.

3.5 Контрольные вопросы

1. Что является причиной ускорения? Как направлено ускорение?
2. Что можно сказать об ускорениях двух взаимодействующих тел?
3. Почему нагруженный автомобиль на булыжной мостовой движется более плавно, чем этот же автомобиль без груза?
4. В чем состоит свойство, называемое инертностью тела?
5. Как сравнить массы двух тел в условиях невесомости?
6. Дайте определение понятию «сила».
7. Может ли тело, на которое действуют силы, двигаться без ускорения?
8. Сформулируйте второй закон Ньютона.
9. Верны ли следующие утверждения:
 - «Скорость тела определяется действующей на него силой»
 - «Тело движется туда, куда направлена действующая на него сила»?
10. Два шара, соединенные невесомой нерастяжимой нитью, лежат на гладкой горизонтальной плоскости. У правого шара масса больше. Одинаковая по модулю сила действует сначала на правый шар вправо, затем на левый шар влево. Одинаково ли натяжение нити в этих случаях?
11. Какую силу называют силой тяжести; весом?
12. Масса каких тел, используемых в данной работе, не учитывается при проведении расчетов? Как это влияет на результаты работы?
13. Каким образом в работе компенсируется влияние трения?
14. Какая внешняя сила действует на систему тел в работе? Почему в ходе каждого опыта ее можно считать постоянной?
15. Второй закон Ньютона выполняется для материальных точек. Тела, используемые в работе, таковыми не являются. Какие допущения позволяют нам считать результаты работы подтверждением второго закона Ньютона?