

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–2

Изучение законов поступательного движения
твёрдого тела

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. Цвечинская.

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

2.1 Цель работы

Целью работы является экспериментальная проверка законов поступательного равноускоренного движения твердого тела.

2.2 Основные теоретические сведения

Твердым телом в механике называется такое тело, у которого во время движения не изменяются расстояния между частицами, составляющими тело.

Движение твердого тела называется поступательным, если прямая, проведенная через две любые точки тела, остается при движении параллельной самой себе.

При поступательном движении все частицы тела имеют одинаковые по величине и направлению скорости и ускорения. Поэтому движение тела можно рассматривать как движение одной материальной точки, имеющей массу всего тела. В качестве такой материальной точки обычно выбирают центр масс тела.

В случае равноускоренного поступательного движения твердого тела (материальной точки) уравнение движения и уравнение для скорости имеют вид:

$$\begin{aligned}\mathbf{r} &= \mathbf{r}_0 + \mathbf{v}_0 t + \frac{\mathbf{a} t^2}{2} \\ \mathbf{v} &= \mathbf{v}_0 + \mathbf{a} t,\end{aligned}\tag{2.1}$$

где \mathbf{r} — радиус-вектор конечного положения тела;

\mathbf{r}_0 — радиус-вектор начального положения тела;

\mathbf{v}_0 — начальная скорость тела;

\mathbf{v} — скорость тела в момент времени t ;

\mathbf{a} — ускорение.

Для прямолинейного равноускоренного движения с нулевой начальной скоростью пройденный путь и скорость зависят от времени движения как

$$\begin{aligned}s &= \frac{at^2}{2} \\ v &= at\end{aligned}\tag{2.2}$$

2.3 Описание экспериментальной установки

Рис. 2.1. Схема экспериментальной установки

Работа выполняется на машине Атвуда (рис. 2.1).

Установка состоит из вертикальной стойки 1 с сантиметровыми делениями и блока 2, укрепленного в подшипнике. Через блок переброшена нить с грузами 6 одинаковой массы. Нить зажимается электромагнитом 3, электропитание которого включается и выключается с пульта электронного секундомера 7. Один из грузов 6 может проходить через кольцо 5, на котором установлен контакт «Старт» секундомера. На приемной площадке 4 установлены контакты «Стоп» секундомера.

Таблица 2.1.

s , м	t , с			$\langle t \rangle$, с	v_k , м/с	Δv_k , м/с	s' , м	t , с			$\langle t' \rangle$, с	v' , м/с	$\Delta v'$, м/с
	1	2	3					1	2	3			
0,6													
0,4													
0,2													

2.4 Методика выполнения работы

Правый груз 6 с дополнительным грузом устанавливается на некоторой высоте s над приемной площадкой. При размыкании электромагнита начинается равноускоренное движение этого груза вниз, и происходит пуск электронного секундомера. При касании груза приемной площадки 4 происходит остановка секундомера, таким образом происходит измерение времени прохождения грузом пути s . Пользуясь уравнениями (2.2) для случая $v_0 = 0$, можно рассчитать конечную скорость v_k груза в момент удара о приемную площадку 4:

$$v_k = \frac{2s}{t}. \quad (2.3)$$

Затем правый груз 6 с дополнительным грузом устанавливают на том же расстоянии s над кольцом 5. Кольцо 5 задерживает, дополнительный груз, который, касаясь кольца, замыкает цепь пуска секундомера. После снятия дополнительного груза грузы продолжают двигаться равномерно со скоростью, равной v_k . При ударе груза о приемную площадку, расположенную на расстоянии s' от кольца, секундомер останавливается. Скорость равномерного движения определяется выражением

$$v' = \frac{2s'}{t'}. \quad (2.4)$$

где t' — время прохождения грузом расстояния между кольцом 5 и приемной площадкой 4.

Если предположение о постоянстве ускорения при движении груза с дополнительным грузом справедливо, то $v_k = v'$. Правильная работа машины Атвуда зависит от точности уравнивания грузов 6 и тщательности выставления стойки 1 в вертикальное положение уравнивательными винтами 7. Груз должен проходить через кольцо 5, не задевая его, и ударяться о приемную площадку 4 в центре ее, а дополнительный груз — легко сниматься кольцом.

2.5 Порядок выполнения работы

1. Во время домашней подготовки к работе начертите в лабораторном журнале таблицу 2.1.
2. Ознакомьтесь с установкой и запишите технические характеристики электронного секундомера.
3. Убрав кольцо 5, отрегулируйте положение машины Атвуда, чтобы правый груз опускался на середину приемной площадки 4.
4. Надев на правый груз дополнительный груз, по три раза измерьте время движения груза с высот $s_1 = 0,6$ м, $s_2 = 0,4$ м и $s_3 = 0,2$ м. Результаты измерений запишите в таблицу 2.1.

5. Рассчитайте конечные скорости движения груза для трех значений пути по формуле (2.4). Определите погрешности значений конечных скоростей по выражению

$$\Delta v_k = \langle v_k \rangle \sqrt{E_s^2 + E_t^2}, \quad (2.5)$$

где $E_s = \frac{\Delta s}{s}$; $E_t = \frac{\Delta t}{t}$;

Δs — приборная погрешность, равная половине цены деления стойки;

Δt — погрешность измерения времени, рассчитываемая по методике, изложенной в разделе В.4 настоящего сборника.

6. Постройте график зависимости $v(t)$. По наклону этого графика определите ускорение a , учитывая, что

$$a = \frac{dv}{dt}, \quad (2.6)$$

т.е. необходимо определить тангенс угла наклона графика $v(t)$ к оси t . Пользуясь формулами раздела В.5 настоящего сборника, определите погрешность измерения ускорения Δa .

7. Поставьте кольцо 5 на таком расстоянии от приемной площадки 4, чтобы при самом высоком положении груза 6 последний находился на расстоянии $s_1 = 0,6$ от кольца 5. Измерьте расстояние s' , результат запишите в таблицу 2.1.
8. Измерьте по три раза время прохождения грузом 6 расстояния s' при $s_1 = 0,6$, $s_2 = 0,4$, $s_3 = 0,2$. Результаты запишите в таблицу 2.1.
9. По формуле (2.3) рассчитайте скорость v' для всех s . Определите погрешность измерения v' по выражениям, аналогичным приведенным в п. 5.
10. Постройте график зависимости $v'(t)$ (не от t'), где t — время движения груза с высоты s , взятое из предыдущего эксперимента. По наклону этого графика определите ускорение a . Пользуясь формулами раздела В.5 настоящего сборника, определите погрешность измерения ускорения Δa .
11. Сравните полученные в пп. 6 и 10 результаты и сделайте вывод о характере движения груза.
12. По данным работы постройте график зависимости $s(t)$.
13. Напишите заключение к работе.

2.6 Контрольные вопросы

1. Как относятся между собой пути, проходимые грузом при равнопеременном движении за последовательные равные промежутки времени?
2. Как связаны конечная скорость (формула (2.3)) со средней скоростью при равнопеременном движении?
3. Покажите с помощью графика $s(t)$ чему равна мгновенная скорость груза в точке (t_3, s_3)