

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Курганский государственный университет»

Кафедра «Общая физика»

ПРОВЕРКА ЗАКОНОВ РАВНОМЕРНОГО И РАВНОПЕРЕМЕННОГО ДВИЖЕНИЙ

Методические указания
к выполнению лабораторной работы № 01к
для студентов направлений: 09.03.04; 15.03.05; 15.03.04; 27.03.04;
20.03.01; 27.03.01; 15.03.01; 13.03.02; 23.03.03; 23.03.01,
специальностей: 10.05.03; 23.05.01; 23.05.02

Курган 2017

Кафедра: «Общая физика».

Дисциплина: «Физика»
(направления 09.03.04; 15.03.05; 15.03.04; 27.03.04;
20.03.01; 27.03.01; 15.03.01; 13.03.02; 23.03.03; 23.03.01,
специальности 10.05.03; 23.05.01; 23.05.02).

Составили: канд. физ.-мат. наук, доц. В.М. Овсянов.
канд. физ.-мат. наук, доц. Т.Н. Новгородова.

Утверждены на заседании кафедры « 17 » мая 2017 г.

Рекомендованы методическим советом университета «12» декабря 2016 г.

ПРИБОРЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ:

- 1 Персональный компьютер.
- 2 Лицензированная программа «Открытая физика 1.1».

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

- 1 Ознакомиться с основными кинематическими понятиями и параметрами движения.
- 2 Проверить законы равномерного и равноускоренного движений на примере движения тела, брошенного под углом к горизонту.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Фундаментом всей физики является механика, главной задачей которой является изучение законов механического движения. Под механическим движением понимают изменение положения тела в пространстве относительно какого-либо другого тела, выбранного в качестве тела отсчета.

Кинематикой называют часть механики, изучающую законы движения без рассмотрения причин, его вызывающих. Иначе говоря, кинематика изучает движение формально, чисто с математической точки зрения. Главным «действующим лицом» кинематики является **материальная точка** – физическое тело, размерами которого по условиям данной задачи можно пренебречь. Рассмотрим поезд, движущийся из Кургана в Москву. Размеры поезда во много раз меньше расстояния от Кургана до Москвы. В данном случае поезд можно считать материальной точкой. Размерами поезда, стоящего на станции, очевидно, пренебречь нельзя. В такой задаче поезд нельзя принять за материальную точку. Таким образом, одно и то же физическое тело в одних условиях можно принимать за материальную точку, а в других нет.

Основными кинематическими характеристиками движения являются радиус-вектор, траектория, путь, перемещение, скорость и ускорение.

Радиус-вектор материальной точки – вектор, соединяющий начало координат и положение материальной точки в пространстве.

Положение материальной точки в пространстве можно задать также с помощью координат. Связь радиуса-вектора точки и ее координат выражается формулой: $\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$, где x , y и z координаты точки, а \vec{i} , \vec{j} и \vec{k} – координатные орты – векторы единичной длины, направленные соответственно вдоль осей X , Y и Z (рисунок 1).

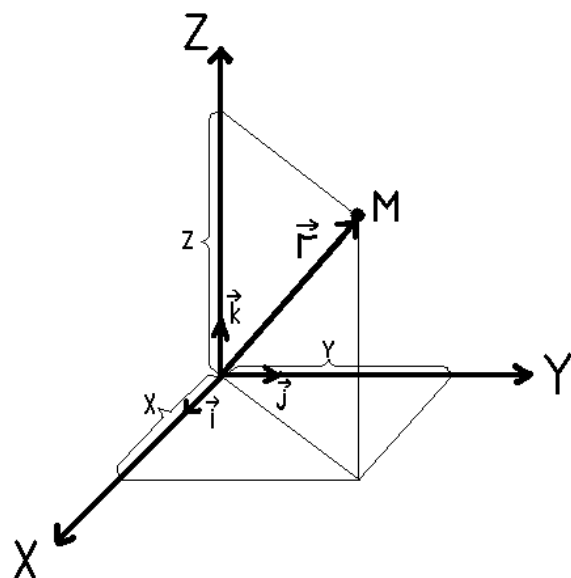


Рисунок 1

Траектория – линия, которую описывает материальная точка при своем движении.

В зависимости от вида траектории движение может быть прямолинейным, по окружности, или криволинейным. В первых двух случаях говорят, что движение простое, а в последнем – сложное. Сложное движение обычно разлагают на простые составляющие движения.

Путь – расстояние от начального положения материальной точки до конечного, измеренное вдоль траектории (длина траектории).

Перемещение – вектор, соединяющий начальное положение материальной точки с конечным.

Ниже на рисунке 2 наглядно показаны соотношения между понятиями траектории, величиной пути и перемещением.

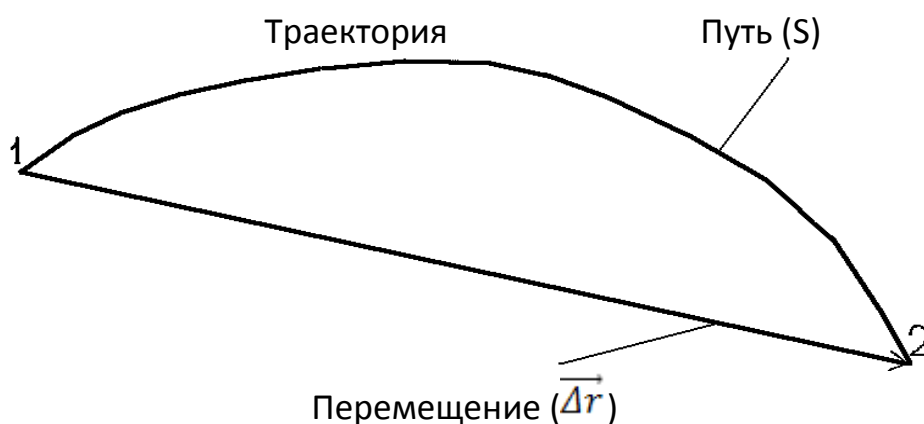


Рисунок 2

Движение бывает равномерным, равнопеременным (равноускоренным или равнозамедленным), или с переменным ускорением.

Равномерное движение – движение, при котором за любые равные промежутки времени материальная точка проходит равные пути или совершает равные перемещения.

Равнопеременное движение – движение, при котором за любые равные промежутки времени скорость тела изменяется одинаково (движение с постоянным ускорением). Равнопеременное движение может быть равноускоренным (скорость тела возрастает), или равнозамедленным (скорость тела уменьшается).

Понятие скорости является одним из сложных понятий в физике. Прежде всего, скорость может быть средней и мгновенной. Кроме того, различают путевую скорость и скорость перемещения.

Средняя путевая скорость – скалярная величина, равная пути, которое тело в среднем проходило за единицу времени

$$v_{\text{cp}} = \frac{\text{Весь путь}}{\text{Все время}} = \frac{\Delta s}{\Delta t}.$$

Будем пошагово уменьшать промежутки времени Δt и каждый раз определять среднюю путевую скорость. Найденные значения средней скорости образуют числовой ряд. Можно заметить, что если $\Delta t \rightarrow 0$, то числовой ряд стремится к определенному пределу. Данный предел называют мгновенной путевой скоростью

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t}.$$

В математике пределы подобного рода называют производной и пишут $v = \frac{ds}{dt}$, где ds – бесконечно малый путь, пройденный за бесконечно малый промежуток времени dt . (Отсюда и название мгновенная скорость, т.е. скорость в данный момент времени и в данной точке траектории).

Мгновенная путевая скорость $v = \frac{ds}{dt}$ – скалярная физическая величина, определяемая производной от пути по времени и равная пути, который материальная точка проходила бы за единицу времени при равномерности дальнейшего движения.

Как видно из определения, мгновенная путевая скорость также как и средняя путевая скорость равна пути, проходимому за единицу времени. Разница между ними в том, что средняя скорость обращена в прошлое, а мгновенная в будущее. Например, спидометр в автомобиле показывает 60 км/ч. Это мгновенная путевая скорость. Число означает, что если дальнейшее движение

будет равномерным, то за каждый час автомобиль будет проезжать 60 километров.

Аналогичным образом вводятся средняя и мгновенная скорость перемещения.

Средняя скорость перемещения $\vec{v}_{\text{cp}} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$ – векторная физическая величина, равная перемещению, которое совершалось в среднем за единицу времени.

Мгновенная скорость перемещения $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$ – векторная физическая величина, определяемая производной от радиуса-вектора по времени и равная перемещению, которое совершалось бы за единицу времени в случае равномерного изменения радиуса-вектора при дальнейшем движении.

Таким образом, мгновенная скорость перемещения численно равна изменению модуля вектора перемещения за единицу времени. Т.к. вектор $d\vec{r}$ направлен по касательной к траектории, то и вектор мгновенной скорости перемещения \vec{v} всегда направлен по касательной к траектории.

При прямолинейном однонаправленном движении пройденный путь и длина вектора перемещения совпадают, и поэтому средняя путевая скорость равна численному значению средней скорости перемещения. При других движениях эти две величины будут разными.

Т.к. бесконечно малый путь и бесконечно малое перемещение численно совпадают $ds = |d\vec{r}|$ и $\frac{ds}{dt} = \left| \frac{d\vec{r}}{dt} \right|$, то **мгновенная путевая скорость всегда**

равна численному значению мгновенной скорости перемещения.

Пусть за время Δt скорость изменяется от \vec{v}_1 до \vec{v}_2 , тогда величина $\vec{a}_{\text{cp}} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ называется средним ускорением. Если, как и раньше, устремить промежуток времени Δt к нулю, то придем к понятию мгновенного ускорения.

Мгновенное ускорение $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ – векторная физическая величина, определяемая производной от скорости по времени и равная изменению скорости за единицу времени.

Пусть, например, автомобиль перед перекрестком, двигаясь со скоростью 20 м/с, начинает тормозить с ускорением -2 м/с^2 . Это означает, что через секунду его скорость станет равна 18 м/с, еще через секунду 16 м/с, затем 14 м/с и т.д.

Зависимость пройденного пути или координаты материальной точки от времени называют **законом** движения. Законы равномерного и равнопеременного прямолинейных движений имеют вид:

Равномерное движение - $x = x_0 \pm vt,$
 $S = vt.$ (1)

Равнопеременное движение - $x = x_0 \pm v_0t \pm \frac{at^2}{2},$
 $S = v_0t \pm \frac{at^2}{2}.$ (2)

В формулах для координат знаки (+) или (-) ставятся в зависимости от того, совпадает направление вектора с осью X, или не совпадает. В формуле для пути знак (+) ставится при равноускоренном движении, а знак (-) при равнозамедленном.

Если пренебрегать сопротивлением воздуха, то движение тела, брошенного под углом к горизонту, происходит по параболе. С кинематической точки зрения это сложное движение и его надо разлагать на простые – прямолинейные движения по горизонтали и вертикали. Движение по горизонтали является равномерным, т.к. в горизонтальном направлении на тело никакие силы не действуют. Движение по вертикали происходит под действием силы тяжести с ускорением свободного падения $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ (вверх – равнозамедленно, вниз – равноускоренно).

В данной работе изучаются закон равномерного движения на примере горизонтальной составляющей движения тела, брошенного под углом к горизонту, и закон равноускоренного движения на примере вертикальной составляющей этого движения (вертикальное движение вниз от точки наибольшего подъема). В первом случае закон движения имеет вид:

$$x = v_0t \quad (3)$$

Графиком зависимости $x = f(t)$ является прямая линия.

Во втором случае закон движения имеет вид:

$$y = \frac{g\Delta t^2}{2}, \quad (4)$$

где y – координата точки наибольшего подъема, а Δt – время падения от точки наибольшего подъема. В данном случае прямолинейной является зависимость $y = f(\Delta t^2)$. Для двух произвольных точек графика этой зависимости можно записать: $y_1 = \frac{g\Delta t_1^2}{2}$ и $y_2 = \frac{g\Delta t_2^2}{2}$. Вычитая из второй формулы первую и выражая g , получим:

$$g = \frac{2(y_2 - y_1)}{\Delta t_2^2 - \Delta t_1^2}. \quad (5)$$

ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

Запустите программу «Открытая физика». В разделе «Механика» выберите тему «Свободное падение тел». Вид рабочего поля компьютерной модели показан на рисунке 3.

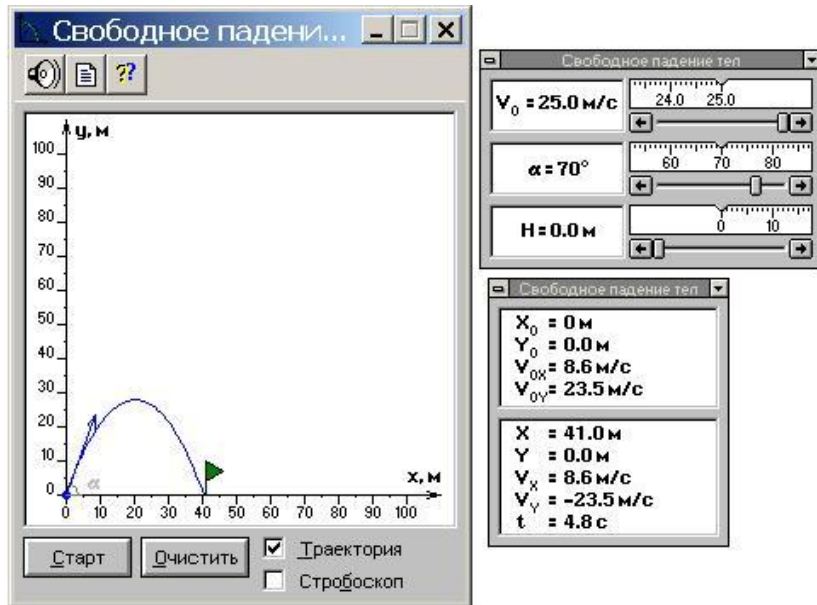


Рисунок 3

В данной модели рассматривается движение материальной точки, брошенной под углом к горизонту. С помощью регуляторов можно менять величину начальной скорости v_0 , угол бросания α и положение точки бросания по отношению к земле (высоту H). Запуск программы осуществляется клавишей «Старт». В ходе движения материальной точки на экране отображается траектория движения. По окончании движения в таблицах справа отображаются параметры движения.

Задание 1. Проверка закона равномерного движения.

Таблица 1 – Результаты измерений

| | $V_0 =$ м/с, | | | $\alpha =$ град. | | | |
|----------------|--------------|----|----|------------------|----|----|----|
| $H, \text{ м}$ | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| $X, \text{ м}$ | | | | | | | |
| $t, \text{ с}$ | | | | | | | |

Порядок выполнения задания:

- 1 Получить от преподавателя и ввести в компьютер индивидуальное значение начальной скорости $v_0 = ((20-25)\text{м/с})$ и угла с горизонтом $\alpha = (30^0 - 60^0)$, (данные значения остаются неизменными до конца работы).

- 2 Для каждого из значений H , приведенных в таблице 1, определить и занести в таблицу значения координаты X точки падения и затраченное время движения t .
- 3 Построить график зависимости $X = f(t)$.
- 4 Сделать вывод о характере движения по горизонтали (движение равномерное, если график – прямая линия).

Задание 2. Проверка закона равноускоренного движения.

Таблица 2 – Результаты измерений

| | $t_0 =$ | | с | | | | |
|---------------------------|---------|----|----|----|----|----|----|
| $H, \text{ м}$ | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| $Y, \text{ м}$ | | | | | | | |
| $t, \text{ с}$ | | | | | | | |
| $\Delta t, \text{ с}$ | | | | | | | |
| $\Delta t^2, \text{ с}^2$ | | | | | | | |

Порядок выполнения задания:

- 1 Установить $H = 0$.
- 2 В ручном режиме вывести тело в точку наивысшего подъема. Для этого:
 - а) установить курсор на две жирные параллельные черточки на линейке символов вверху экрана и щелкнуть мышкой;
 - б) кликнуть по клавише Пуск;
 - в) кликая нужное количество раз по клавише с одинарной жирной стрелкой (на линейке символов вверху экрана), вывести тело в точку наивысшего подъема (вектор скорости точки должен быть при этом направлен строго горизонтально).
- 3 Записать время подъема t_0 , указанное в этот момент в таблице.
- 4 Зафиксировать в тетради значение Y , указанное также в данный момент в таблице.
- 5 Кликнуть по клавише с двумя жирными стрелками (на линейке символов вверху экрана).
- 6 Зафиксировать в тетради значение времени t , указанное в этот момент в таблице.
- 7 Повторить указанные действия для других значений H и заполнить таблицу 2.

Замечание: время t_0 , для всех значений H одинаково, $\Delta t = t - t_0$.

- 8 Построить график зависимости $Y = f(\Delta t^2)$.
- 9 Сделать вывод о характере движения.
- 10 По формуле (5) с помощью построенного графика определить ускорение свободного падения g .
- 11 Вычислить погрешность найденного значения g по формуле:

$$\gamma = \frac{g_T - g_3}{g_T} \cdot 100\% .$$

- 12 Сделать общий вывод по работе в соответствии с ее целью.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Что называют механическим движением?
- 2 Дайте определения основных кинематических понятий: материальной точки, траектории, пути и перемещения, радиуса-вектора.
- 3 Что называют средней путевой скоростью, средней скоростью перемещения?
- 4 Что называют мгновенной путевой скоростью, мгновенной скоростью перемещения?
- 5 Какова связь между путевой скоростью и скоростью перемещения?
- 6 Какое движение называется равномерным, равнопеременным?
- 7 Что называют средним ускорением, мгновенным ускорением?
- 8 Законы равномерного и равнопеременного движений?
- 9 Задача: Тело свободно падает с высоты H . Чему равна скорость в момент падения?
- 10 Задача: Тело бросают с начальной скоростью v_0 под углом α к горизонту. Определите дальность полета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Трофимова, Т. И. Курс физики [Текст] / Т. И. Трофимова. – М. : Высшая школа, 2003.
- 2 Федосеев, В. Б. Физика [Текст] / В. Б. Федосеев. – Ростов н/Д. : Феникс, 2009.
- 3 Шкиль, Т. В. Конспект лекций по физике [Текст] / Т. В. Шкиль. – Ростов н/Д. : Феникс, 2014.
- 4 Савельев, И. В. Курс физики [Текст] / И. В. Савельев.– М. : АКТ, 2005– Т. 1-5.

Овсянов Виктор Михайлович
Новгородова Татьяна Назаровна

**ПРОВЕРКА ЗАКОНОВ РАВНОМЕРНОГО И
РАВНОПЕРЕМЕННОГО ДВИЖЕНИЙ**

Методические указания
к выполнению лабораторной работы № 01к
для студентов направлений: 09.03.04; 15.03.05; 15.03.04; 27.03.04;
20.03.01; 27.03.01; 15.03.01; 13.03.02; 23.03.03; 23.03.01,
специальностей: 10.05.03; 23.05.01; 23.05.02

Авторская редакция

| | | |
|-----------------------------|-------------------|----------------------------|
| Подписано в печать 29.11.17 | Формат 60x84 1/16 | Бумага 65 г/м ² |
| Печать цифровая | Усл. печ. л. 0,75 | Уч.-изд. л. 0,75 |
| Заказ №215 | Тираж 100 | Не для продажи |

БИЦ Курганского государственного университета.
640020, г. Курган, ул. Советская, 63/4.
Курганский государственный университет.