

Лабораторная работа № 1.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСКОРЕНИЯ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ

1.1.1. Цель работы

Целью работы является исследование движения материальной точки с постоянным ускорением и экспериментальное определение ускорения свободного падения на поверхности Земли.

1.1.2. Краткая теория

Механика для описания движения тел использует разные физические модели, в зависимости от условий конкретных задач.

Простейшей моделью является *материальная точка* – тело, размерами и формой которого можно пренебречь по сравнению с масштабами движения.

Положение материальной точки определяется по отношению к другому произвольно выбранному телу – телу отсчета.

Система отсчета – совокупность системы координат и часов, связанных с телом отсчета.

Положение материальной точки в пространстве можно задать ее координатами x, y, z или радиус-вектором \vec{r} , проведенным из начала координат в данную точку.

Механическое движение – процесс изменения расположения тел или частей тела относительно друг друга.

При движении материальной точки в пространстве ее координаты и радиус-вектор изменяются.

Закон движения материальной точки – это функция

$$\vec{r} = \vec{r}(t) \quad (1.1.1)$$

или

$$\begin{cases} x = x(t), \\ y = y(t), \\ z = z(t). \end{cases} \quad (1.1.2)$$

Для характеристики направления и быстроты движения материальной точки вводится векторная величина – скорость.

Скорость – векторная кинематическая характеристика, показывающая быстроту и направление движения и равная первой производной от радиуса-вектора по времени.

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}. \quad (1.1.3)$$

Физической величиной, характеризующей быстроту изменения скорости по модулю и направлению, является ускорение.

Ускорение – векторная кинематическая характеристика движения, показывающая быстроту изменения скорости по величине и направлению и равная первой производной от скорости по времени.

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}. \quad (1.1.4)$$

Линия, описываемая в пространстве движущейся точкой, называется *траекторией* этой точки.

В каждой точке траектории вектор скорости направлен по касательной к ней.

Движение с постоянным ускорением описывается уравнением

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}, \quad (1.1.5)$$

где \vec{r}_0 – радиус-вектор, характеризующий начальное положение материальной точки; \vec{v}_0 – начальная скорость.

Закон изменения скорости

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a} t. \quad (1.1.6)$$

Тангенциальное ускорение a_τ показывает, как быстро меняется модуль вектора скорости; оно направлено по касательной к траектории.

$$a_{\tau} = \frac{dv}{dt}. \quad (1.1.7)$$

Нормальное ускорение a_n показывает, как быстро меняется направление вектора скорости.

$$a_n = \frac{v^2}{R}, \quad (1.1.8)$$

где R – радиус кривизны траектории.

Нормальное ускорение направлено по радиусу к центру кривизны траектории.

Полное ускорение тела – геометрическая сумма тангенциальной и нормальной составляющих, определяется по теореме Пифагора

$$a = \sqrt{a_{\tau}^2 + a_n^2}. \quad (1.1.9)$$

При свободном движении тела к поверхности Земли $\vec{a} = \vec{g}$ – ускорению свободного падения ($g = 9,8 \text{ м/с}^2$).

В данной работе изучается движение тела (материальной точки), брошенного под углом α к горизонту. Для верхней точки траектории вертикальная проекция скорости равна нулю. Спроектировав уравнение (1.1.6) на ось y , можно записать

$$v_y = v_{0y} - gt_n = 0, \quad (1.1.10)$$

где t_n – время подъема тела.

Отсюда

$$t_n = \frac{v_{0y}}{g}. \quad (1.1.11)$$

Из уравнения движения

$$y = y_0 + v_{0y}t - \frac{gt^2}{2} \quad (1.1.12)$$

выводим формулу для максимальной высоты y_{\max} подъема тела.

Если $t = t_n$, то $y = y_{\max}$.

Подставив (1.1.11) в (1.1.12), получим

$$y_{\max} = y_0 + \frac{v_{0y}^2}{2g} = y_0 + \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}. \quad (1.1.13)$$

1.1.3. Порядок выполнения работы

Запустите программу «Открытая физика 1.1». Выберите «Механика» и «Свободное падение тел». Нажмите сверху внутреннего окна кнопку с изображением страницы. Прочитайте краткие теоретические сведения. Закройте окно теории, нажав кнопку с крестом в правом верхнем углу внутреннего окна.

Внимательно рассмотрите рисунок 1.1.1, найдите регуляторы с движками, задающие высоту h , начальную скорость v_0 и угол бросания α , и запишите их в соответствующую таблицу в отчете (см. с. 6).

Если «Стробоскоп» включен, выключите его, установив маркер мыши на квадрат с меткой и нажав на левую кнопку мыши.

Нажмите кнопку «Старт» и наблюдайте на экране движение тела. Нарисуйте оси координат и траекторию движения тела.

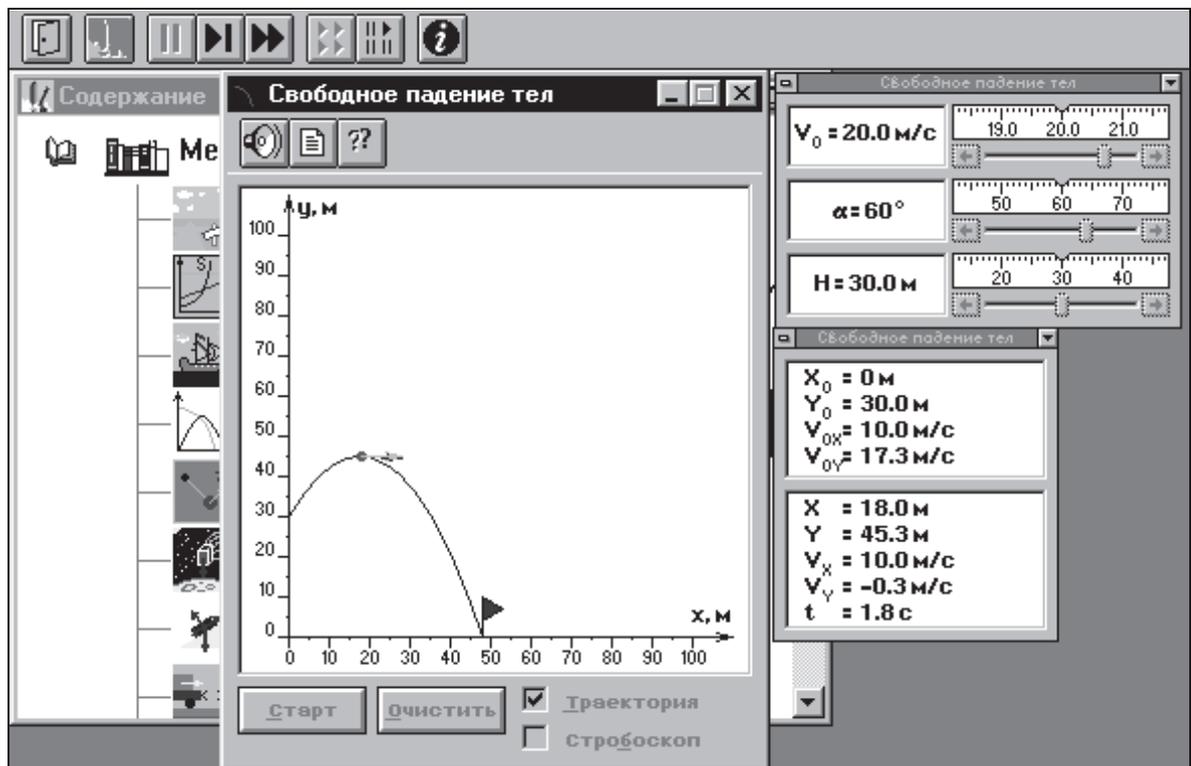


Рис. 1.1.1. Свободное падение тел

Подведите маркер мыши к движку регулятора высоты, нажмите и, удерживая левую кнопку мыши, двигайте мышь вправо. Движок регулятора будет двигаться за маркером мыши. Доведите его до положения, соответствующего высоте h , указанной в табл. 1.1.1 для вашей бригады. Тем же методом «зацепив мышью и перемещая движок регулятора» или щелкая мышью по стрелке на движке, установите первое значения угла бросания, указанного в табл. 1.1.2.

Нажмите кнопку «Очистить».

Приступайте к измерениям на первой траектории.

1. Установите начальную скорость для первой траектории, аналогично тому, как выставляли высоту и угол бросания.

2. На мониторе щелкните мышью кнопку «||» в верхнем ряду кнопок. Нажмите кнопку «Старт».

3. Нажимайте мышью несколько раз кнопку «▶|» вверху окна и, когда тело будет в верхней точке траектории (вертикальная компонента скорости v_y должна быть близка к нулю), запишите результаты измерений координаты $y = y_{\max}$ в табл. 1.1.2. Нажмите кнопки «▶▶» и «Очистить».

4. Установите начальную скорость движения для следующей траектории, которая указана в табл. 1.1.2.

5. Проведите измерения y_{\max} по пунктам 2 и 3.

6. Повторите действия по пунктам 4 и 5 для всех траекторий, указанных в табл. 1.1.2.

Таблица 1.1.1

Начальные параметры траекторий

Номер бригады	Начальная высота, h , м	Номер бригады	Начальная высота, h , м
1	10	5	20
2	30	6	40
3	50	7	45
4	60	8	55

Результаты измерений

Угол бросания, α	Траектория 1 $v_0 = 15$ м/с	Траектория 2 $v_0 = 17$ м/с	Траектория 3 $v_0 = 19$ м/с	Траектория 4 $v_0 = 22$ м/с	Траектория 5 $v_0 = 25$ м/с
	y_{\max}	y_{\max}	y_{\max}	y_{\max}	y_{\max}
30°					
45°					
60°					
$v_0^2, (\text{м/с})^2$					

1.1.4. Обработка результатов измерений

1. Для каждой траектории рассчитайте квадрат начальной скорости и запишите значения в табл. 1.1.2.

2. Для каждого значения угла бросания α постройте график зависимости значений вертикальной координаты точки максимального подъема y_{\max} от квадрата начальной скорости.

3. Определите по наклону графиков (см. с. 7) три значения ускорения свободного падения g по формуле

$$g = \frac{1}{2} \sin^2(\alpha) \frac{\Delta(v_0^2)}{\Delta(y_{\max})}. \quad (1.1.14)$$

4. Вычислите среднее значения ускорения свободного падения g .

5. Найдите среднюю абсолютную и относительную погрешности определения ускорения свободного падения (см. с. 7 – 8).

6. Запишите ответ и сделайте вывод.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется материальной точкой, как определяется ее положение в пространстве?
2. Дайте определение системы отсчета.
3. Что называется механическим движением?
4. Что такое скорость материальной точки?
5. Дайте определение ускорения материальной точки.
6. Что называется траекторией движения материальной точки?
7. Запишите уравнение движения материальной точки.
8. Что характеризует тангенциальное ускорение? Как оно направлено?
9. Что характеризует нормальное ускорение? Как оно направлено?
10. Как рассчитывается полное ускорение?
11. Как движется материальная точка, если ускорение остается все время направленным вдоль скорости? Перпендикулярно скорости?