

## РАЗДЕЛ 1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1.1

#### Изучение равноускоренного движения

Ознакомьтесь с конспектом лекций и учебником (Савельев, т.1, §3, 4). Запустите программу. Выберите «Механика» и «Свободное падение тел». Нажмите вверху внутреннего окна кнопку с изображением страницы. Прочитайте краткие теоретические сведения. Необходимое запишите в свой конспект. (Если Вы забыли, как работать с системой компьютерного моделирования, прочитайте стр.5 еще раз)

#### Цель работы

- Знакомство с применением физической модели материальной точки (МТ).
- Исследование движения МТ с постоянным ускорением.
- Экспериментальное определение ускорения свободного падения на поверхности Земли.

#### Краткая теория

Материальная точка - это абстрактный объект (модель), не имеющий размеров, но обладающий другими характеристиками реального тела.

Положение МТ это координата, которую имеет МТ в данный момент времени. Положение МТ математически описывается при помощи ее радиус-вектора  $\vec{r}$ .

Механическое движение есть изменение положения тела в пространстве со временем. Закон движения - это функция

$$\vec{r}(t) = \{x(t), y(t), z(t)\}.$$

Скорость - есть векторная кинематическая характеристика движения, показывающая быстроту и направление движения. Математически скорость представляет собой производную от радиус-вектора по времени

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

Ускорение есть векторная кинематическая характеристика движения, показывающая быстроту и направление изменения скорости. Математически ускорение представляется производной от скорости по времени

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

Траектория есть геометрическое место точек, которые проходит МТ при ее движении. В каждой точке траектории вектор скорости направлен по касательной к ней.

Для движения с постоянным ускорением закон движения имеет вид

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

где  $\vec{r}_o$  - начальное положение и  $\vec{v}_o$  - начальная скорость МТ. Закон изменения скорости:

$$\vec{v}(t) = \vec{v}_o + \vec{a}t.$$

При свободном движении тела вблизи поверхности Земли ускорение  $\vec{a} = \vec{g}_o$ , то есть равно ускорению свободного падения.

Тангенциальное ускорение (касательная составляющая полного ускорения) показывает, как быстро меняется модуль скорости

$$a_t = \frac{d\vec{v}}{dt}.$$

Эта составляющая ускорения направлена по касательной к траектории движения.

Нормальное ускорение (нормальная составляющая полного ускорения) показывает, как быстро меняется направление вектора скорости

$$a_n = \frac{v^2}{R}$$

(где  $R$  – радиус кривизны траектории). Эта составляющая ускорения перпендикулярна касательной к траектории движения.

Полное ускорение определяется по теореме Пифагора:

$$|\vec{a}| = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}.$$

**Задание.** Выведите формулу для максимальной высоты подъема  $y_{max}$  тела (в черновике).

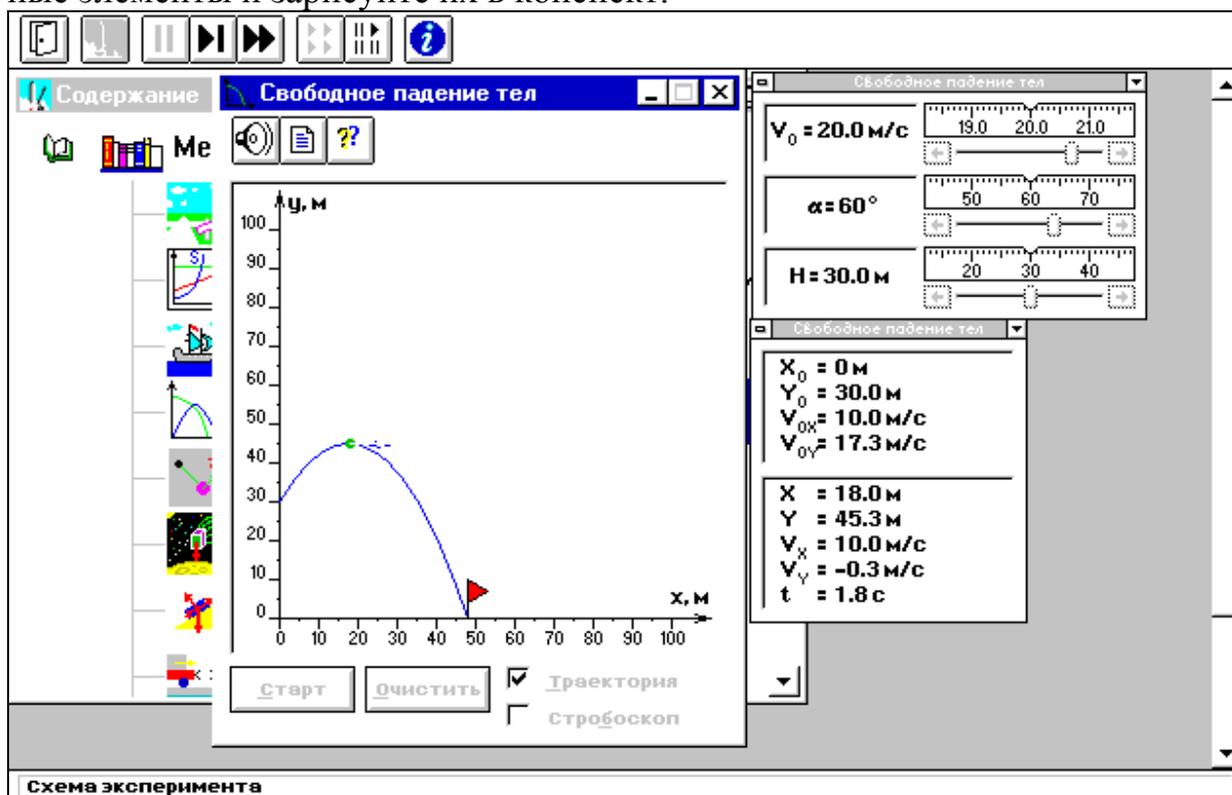
**Указания:** Для верхней точки траектории вертикальная проекция скорости равна нулю. Из уравнения

$$v_y(t_{\text{ДВ}}) = 0$$

выразите время движения  $t_{\text{ДВ}}$  и подставьте в формулу для  $y(t)$ .

### Методика и порядок измерений

Внимательно рассмотрите рисунок, найдите все регуляторы и другие основные элементы и зарисуйте их в конспект.



Если "Стробоскоп" включен, выключите его, установив маркер мыши на квадрат с меткой и нажав (коротко) на левую кнопку мыши.

Нажмите мышью кнопку «СТАРТ». Внимательно рассмотрите картинку в средней части монитора. Найдите регуляторы с движками, задающие высоту  $h$ , начальную скорость  $v_0$  и угол бросания  $\alpha$ . 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 таблице 1 для вашей бригады. Тем же методом «зацепив» мышью и двигая движок регулятора или щелкая мышью по стрелке на движке, установите значения угла бросания, указанные в таблице 1 (см. ниже) для вашей бригады.

На мониторе щелкните мышью кнопку «||» в верхнем ряду кнопок. Нажмите клавишу пробела на клавиатуре компьютера. Нажимайте мышью несколько раз кнопку «▶|» вверху окна и, когда МТ будет в верхней точке траектории (вертикальная компонента скорости  $V_y$  должна быть очень мала), запишите в черновик значение высоты, показанное в табличке на экране.

**Получите у преподавателя допуск для выполнения измерений.**

Приступайте к измерениям на первой траектории.

1. На мониторе щелкните мышью кнопку «||» в верхнем ряду кнопок. Нажмите клавишу пробела на клавиатуре компьютера.
2. Нажимайте мышью несколько раз кнопку «▶|» вверху окна и, когда МТ будет в верхней точке траектории (вертикальная компонента скорости  $v_y$  должна быть очень мала), запишите результаты измерений координаты  $y_{MAX}$  в таблицу по форме 1, образец которой приведен ниже. Нажмите кнопку «▶▶».
3. Установите начальную скорость движения для следующей траектории, которая указана в таблицах 1 и 2.
4. Проведите измерения  $y_{MAX}$  по пунктам 1 и 2.
5. Повторите действия по пунктам 3 и 4.

Таблица 1. Начальные параметры траекторий (не перерисовывать)

Номер бригады	Начальная высота $h$ , (м)	Начальный угол $\alpha$ , (град)	Номер бригады	Начальная высота $h$ , (м)	Начальный угол $\alpha$ , (град)
1	10	60	5	10	45
2	30	60	6	30	45
3	50	60	7	50	45
4	60	60	8	60	45

Форма 1. Результаты измерений

Номер измерения	Траектор. 1 $v_o = 15$ (м/с)		Траектор. 2 $v_o = 17$ (м/с)		Траектор. 3 $v_o = 19$ (м/с)		Траектор. 4 $v_o = 22$ (м/с)		Траектор. 5 $v_o = 25$ (м/с)	
	$y_{MAX}$	$\Delta y_{MAX}$								
1										
2										
3										
4										
5										
$\langle y_{MAX} \rangle$										
Абс.ош.										

### Обработка результатов и оформления отчета

1. Вычислите и запишите в таблицу средние значения вертикальной координаты точки максимального подъема  $\langle y_{MAX} \rangle$  и отклонения  $\Delta y_{MAX}$  измеренного значения от среднего.
2. Постройте график зависимости средних значений вертикальной координаты точки максимального подъема  $\langle y_{MAX} \rangle$  от квадрата начальной скорости.
3. Определите по графику значение ускорения свободного падения  $g$ , используя формулу

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

4. Вычислите ошибку среднего значения  $g$ .
5. Запишите ответ и проанализируйте ответ и график.

### Вопросы и задания для самоконтроля

1. Дайте определение материальной точки.
2. Как определяется положение материальной точки?
3. Дайте определение системы отсчета.
4. Что такое декартова система координат?
5. Дайте определение механического движения.
6. Что такое скорость материальной точки?
7. Как математически записывается быстрота изменения какой либо переменной величины?
8. Дайте определение ускорения МТ?
9. Что такое траектория движения МТ?
10. Что такое закон движения?
11. Запишите закон движения для движения МТ с постоянным ускорением.
12. Запишите закон изменения скорости для движения МТ с постоянным ускорением.
13. Дайте определение пути при произвольном движении МТ.
14. Напишите формулу для вычисления пути при произвольном движении МТ.
15. Дайте определение средней скорости. Напишите формулу для ее вычисления.
16. Дайте определение тангенциального ускорения.
17. Дайте определение нормального ускорения.
18. Напишите формулу для вычисления величины полного ускорения по известным тангенциальному и нормальному ускорениям.
19. Как движется МТ, если ускорение остается все время направленным вдоль скорости?
20. Как движется МТ, если ускорение все время направлено против скорости?

21. Как движется МТ, если ускорение все время остается направленным перпендикулярно скорости?
22. Как движется МТ, если скорость все время направлена вдоль радиус-вектора?
23. Как движется МТ, если скорость все время направлена против радиус-вектора?
24. Как движется МТ, если скорость все время направлена перпендикулярно радиус-вектору?