

# Решение задач на тему «Движение под углом к горизонту»

Авторы работы:  
Ершова А.  
Талдыкина А.



# Условия задачи

Тело брошено со скоростью  $V$  под углом  $\alpha$  к горизонту. Определить:

- 1) Траекторию движения тела
- 2) Время полёта
- 3) Дальность полёта
- 4) Максимальную высоту подъёма  $H$
- 5) Скорость тела на высоте  $h < H$
- 6) Нормальное и тангенсальное ускорения в начальной точке траектории и в наивысшей точке подъёма
- 7) Радиусы кривизны в этих точках

Дано:

$V, @$

Найти:

1) Уравнения  
движения

2)  $t$

3)  $l$

4)  $H_{max}$

5)  $V$

6)  $a, a_t$

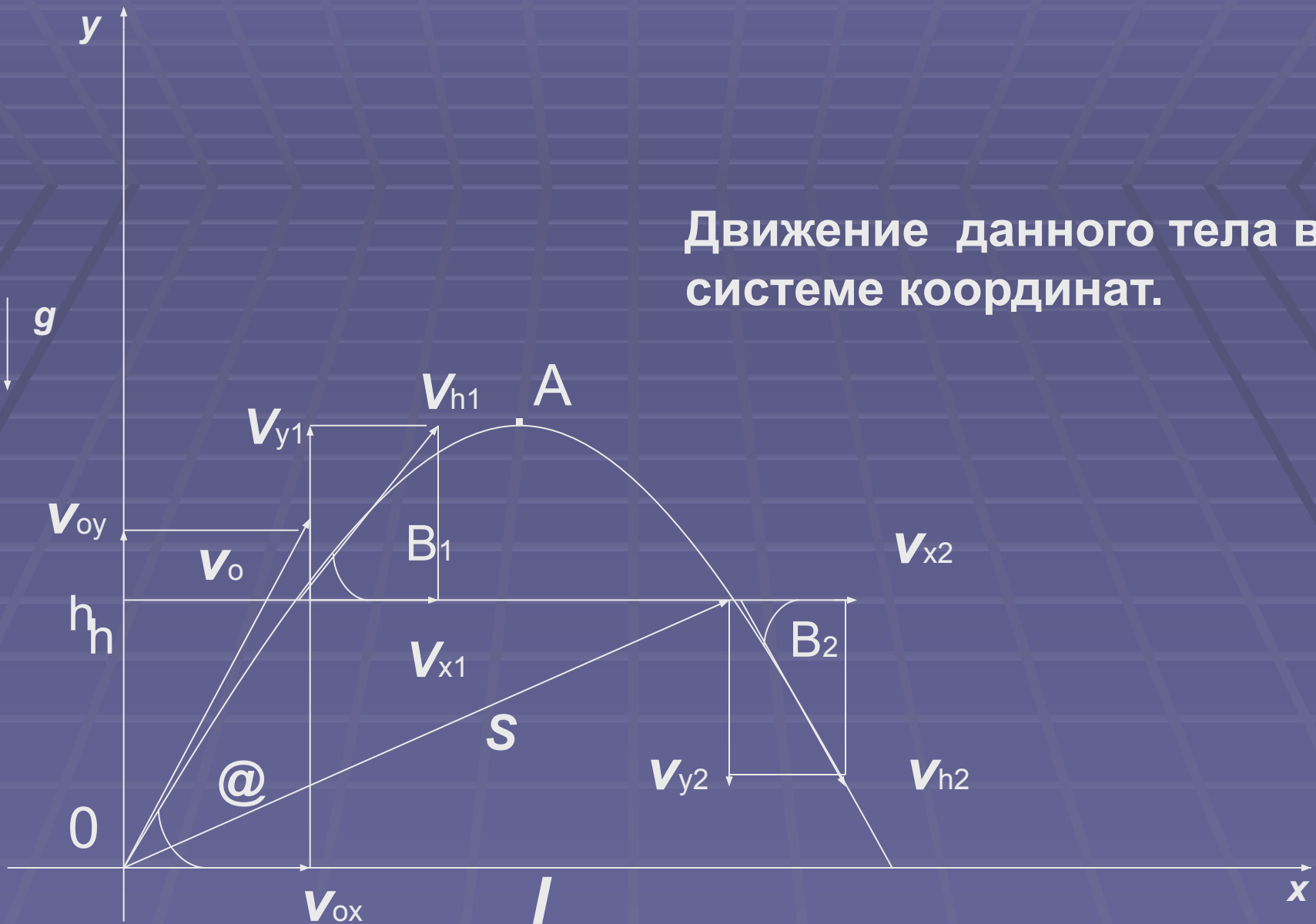
7)  $R$

Решение:

1. Рассмотрим движение в плоскости  $xOy$ . В начальный момент движения тело находится в начале координат, т.е. в точке  $O$ .

# График

Движение данного тела в системе координат.



# Решение

Движение тела вдоль оси  $x$  равномерное ( $a_x=0$ );  $V_{0x} = V_0 \cos \alpha$ , причем  $V_x = V_{0x} = \text{const}$ .

Уравнение движения вдоль оси  $x$  имеет вид:

$$x = x_{0x}t = v_{0x}t \cos \alpha$$

Движение по оси  $y$  равнопеременное с ускорением  $a_y = -g = \text{const}$  и начальной скоростью  $V_{0y} = V_0 \sin \alpha$ ;  $V_y = V_{0y} - gt$ .

Уравнение движения вдоль оси  $y$  имеет вид:

$$y = V_{0y}t - gt^2/2 = V_0 t \sin \alpha - gt^2/2$$

Найти траекторию движения – это значит найти аналитическое уравнение кривой, по которой движется тело в пространстве. Т. к.  $t = x/V_0 \cos \alpha$ , то

$$y = xtg\alpha - gx^2/2V_0^2 \cos^2 \alpha .$$

2. Найдём  $t$ , приравняв  $y = V_0 t \sin \alpha - gt^2/2$  к 0:

$$t(V_0 \sin \alpha - gt/2) = 0$$

$$t_1 = 0$$

$$t_2 = (2V_0/g) \sin \alpha$$

Действительно, тело на земле оказывается дважды - в начале и в конце полёта.

3) Т. к. вдоль оси x движение равномерное и известно время движения, то

$$x_{\max} = l = V_{0x}t = (V_0 \cos \alpha) \cdot (2V_0 \sin \alpha) / g = \\ = V_0^2 \sin 2\alpha / g$$

4)  $H_{\max}$  можно найти через время подъёма  $t_{\text{под}}$ . Т. к. в точке  $H_{\max}$   $V_y = 0$ , то

$$0 = V_{0y} - gt_{\text{под}}$$

$$t_{\text{под}} = (V_0 / g) \sin \alpha$$

Таким образом,

$$Y_{\max} = H_{\max} = V_{0y}t_{\text{под}} - V_{0y}t_{\text{под}}^2 / 2 = V_{0y}^2 / 2g$$

$$H_{\max} = (V_0^2 \sin^2 \alpha) / 2g.$$

5) Для определения скорости на высоте  $h$  необходимо знать время, когда тело находится на этой высоте,  $t_h$

$$V_x = V_{0x}, V_y = V_{0y} - gt_h$$

$$y = h = V_{0y}t_h - gt_h^2/2$$

$$(t_h)_{1,2} = \frac{V_{0y} \pm \sqrt{V_{0y}^2 - 2gh}}{g}$$

Скорость в первой точке при  $t_{h1}$

$$V_{x1} = V_0 \cos \alpha$$

$$V_{y1} = \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha - 2gh}$$



Модуль скорости равен  $|V_{h1}| = \sqrt{V_0^2 - 2gh}$ ,  
тангенс угла наклона скорости к оси x:

$$\operatorname{tg} \beta_1 = V_{y1} / V_{x1} = \frac{\sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha - 2gh}}{V_0 \cos \alpha}$$

Скорость во второй точке при  $t_{h2}$

$$V_{x2} = V_0 \cos \alpha$$

$$V_{y2} = -\sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha - 2gh}$$

Модуль скорости равен  $|V_{h2}| = \sqrt{V_0^2 - 2gh}$ ,  
тангенс угла наклона скорости к оси x:

$$\operatorname{tg} \beta_2 = V_{y2} / V_{x2} = \frac{-\sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha - 2gh}}{V_0 \cos \alpha}$$

6) В точке O

$$a_0 = -g \cos \alpha$$

$$a_{0t} = -g \sin \alpha$$

В точке A

$$a_A = -g$$

$$a_{tA} = 0$$

7) Нормальное ускорение определяется по формуле

$$a = V^2/R$$

$$R = V^2/a,$$

где R – радиус кривизны в данной точке, т. е. радиус окружности, часть дуги которой совпадает с траекторией в данной точке.

В точке O

$$V = V_0, |a| = g \cos \alpha$$

$$R_0 = V_0^2 / g \cos \alpha$$

В точке A

$$V_y = 0, a = g, V_A = V_{0x} = V_0 \cos \alpha$$

$$R_A = (V_0^2 \cos \alpha) / g$$

# Приложение

Ознакомившись с основными действиями при решении задач по теме «Движение под углом к горизонту», Вы можете проверить приобретенные знания. С этой целью Вам предлагается следующая задача:

# Условия задачи

Тело брошено горизонтально со скоростью  $20\text{ м/с}$ . Определить смещение тела от точки бросания,  $S$ , при котором скорость будет направлена под углом  $45^\circ$  к горизонту.

Если у Вас возникли трудности при решении задачи, Вы можете воспользоваться следующими подсказками:

- 1) Кратко изложенные этапы решения;
- 2) Необходимые формулы;
- 3) Ответ.

# Этапы решения

1. Выбрать оси координат.
2. Записать уравнения движения тела.
3. Определить момент времени  $t$ , когда скорость будет направлена под углом  $45'$  к горизонту.
4. Подставить  $t$  в уравнение движения и найти координаты тела.
5. Найти искомое перемещение.

# Формулы

$$1. x = V_0 t$$

$$2. y = gt^2/2$$

$$3. V_y/V_x = \operatorname{tg} \alpha$$

$$4. gt = V_0$$

$$5. S = \sqrt{x^2 + y^2}$$

ОТВЕТ

$$\underline{S} = 45 \text{ м.}$$



2007

*Спасибо за  
внимание!!!*

