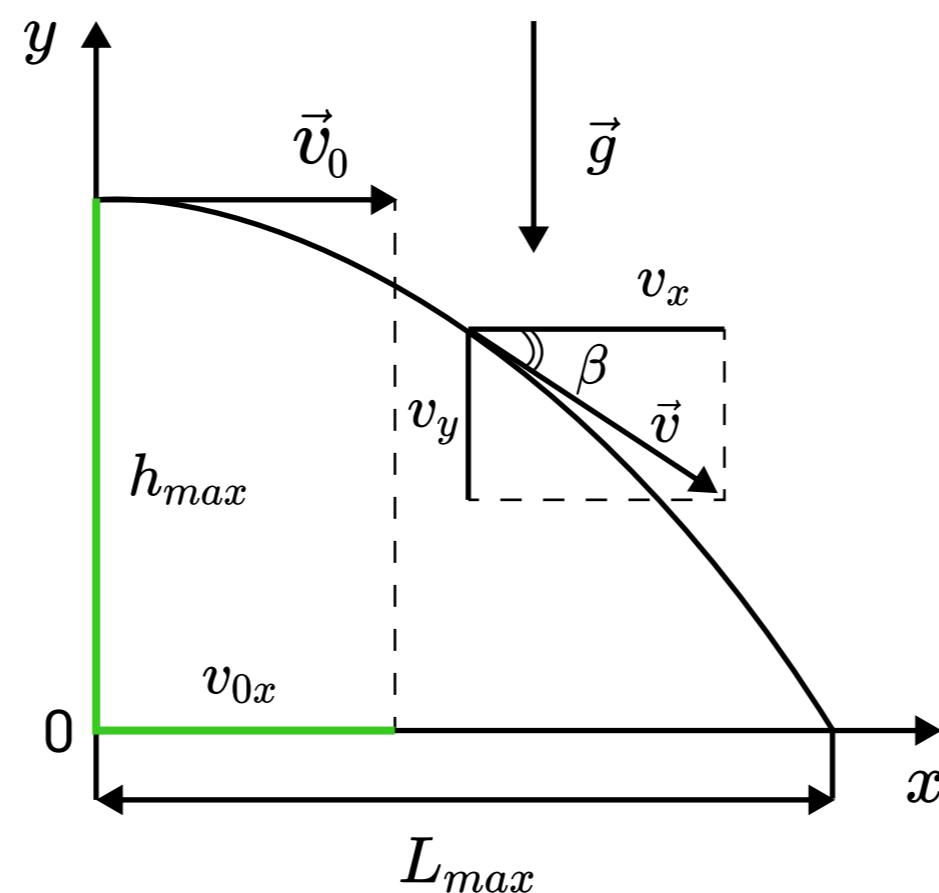


## ДВИЖЕНИЕ ТЕЛА, БРОШЕННОГО ГОРИЗОНТАЛЬНО

Движение тела, брошенного горизонтально, можно представить, как суперпозицию двух движений:

- 1) равномерного движения по горизонтали со скоростью  $v_0 = v_{0x}$ ;
- 2) равноускоренного движения по вертикали с ускорением свободного падения  $g$  и без начальной скорости  $v_{0y} = 0$ .



Движение по оси  $Ox$  - равномерное:

$$v_x = v_{0x} = \text{const}$$

$$L_{max} = v_{0x} \tau$$

$\tau$  - общее время полета

$$x = x_0 + v_x t$$

Движение по оси  $Oy$  - равноускоренное:

$$v_y = g_y t = -gt$$

$$h_{max} = \frac{gt^2}{2}$$

$\tau$  - общее время полета

$$y = y_0 - \frac{gt^2}{2}$$

Полная скорость тела в любой момент времени направлена по касательной:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

Время падения тела не зависит от начальной горизонтальной скорости, массы тела, а определяется только высотой.

$$\tau = \sqrt{\frac{2h_{max}}{g}}$$

Угол между скоростью тела и горизонтом в любой момент времени

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{v_y}{v_x}$$

# ТЕОРИЯ № 6. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛА, БРОШЕННОГО ГОРИЗОНТАЛЬНО

Изучим движение тел, брошенных в горизонтальном направлении. Сложность в описании такого движения заключается в том, что тело одновременно перемещается и по горизонтали, и по вертикали. Это значит, что нам недостаточно ввести одномерную систему координат, теперь необходимо рассматривать движение на плоскости.

## Опыт

Рассмотрим опыт. Два одинаковых шарика начинают одновременно падать с одной и той же высоты. Один — по вертикали вниз, другой, которому упругая пластина ( $\Pi$ ) сообщила скорость в горизонтальном направлении, — по кривой (см. рис. 1). Шарики ударяются о пол одновременно. Следовательно, время падения обоих одинаково.

## Движение по вертикали

Если сделать серию мгновенных фотографий во время падения, то получится картинка, приведённая на рисунке 2. По рисунку видно, что за равные промежутки времени шарики находятся на одинаковой высоте.

Наличие горизонтальной скорости у одного из шариков не влияет на движение по вертикали. А по вертикали как вы уже знаете движение происходит под действием силы тяжести — свободное падение. Это равноускоренное движение с постоянным ускорением  $g=10 \text{ м/с}^2$

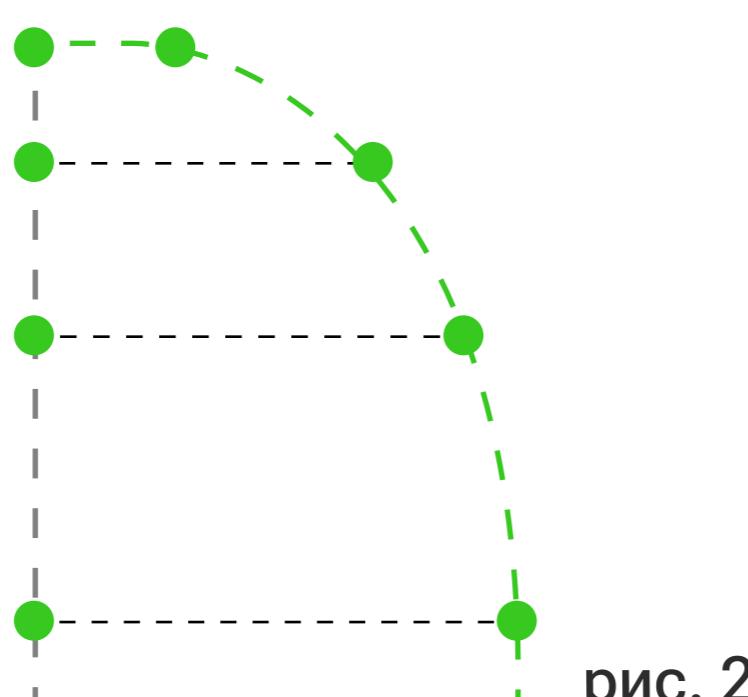


рис. 2

**Движение тела, брошенного горизонтально, можно представить, как суперпозицию двух движений:**

- 1) равномерного движения по горизонтали со скоростью  $v_0=v_{0x}$ ;
- 2) равноускоренного движения по вертикали с ускорением свободного падения  $g$  и без начальной скорости  $v_{0y}=0$ .

При решении задач на горизонтальный бросок отдельно будем рассматривать движение по оси  $OX$  как равномерное и движение по оси  $OY$  как равноускоренное.

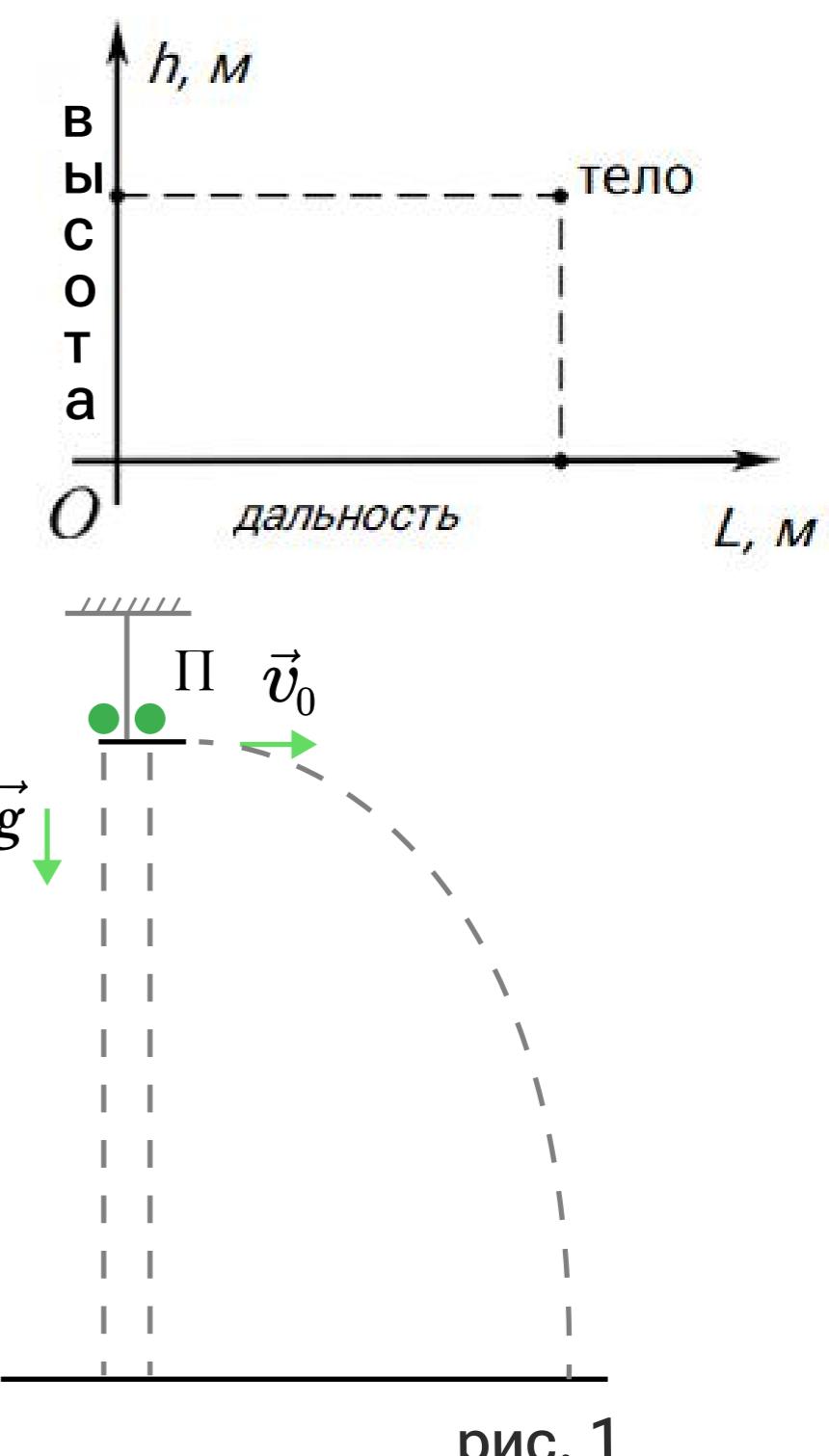


рис. 1

## Движение по горизонтали

При этом если внимательно рассмотреть перемещение шарика по горизонтали, то можно заметить, что за равные промежутки времени он проходит равные расстояния (см. рис. 3).

Это говорит о том, что движение мяча по горизонтали является равномерным.

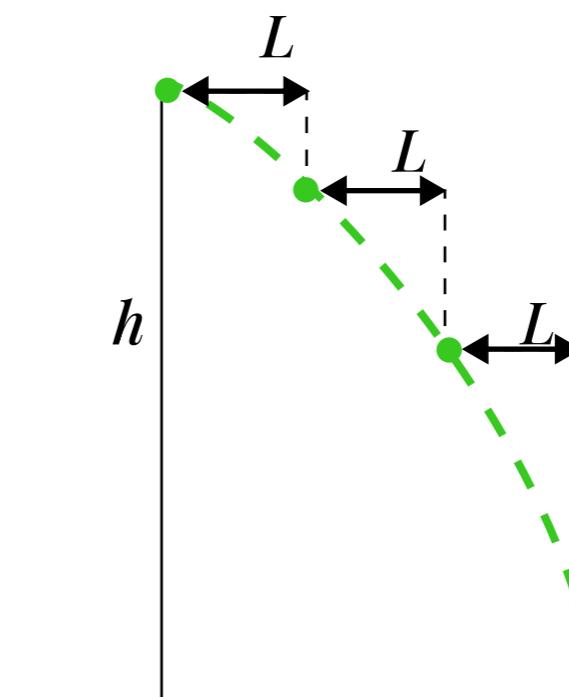
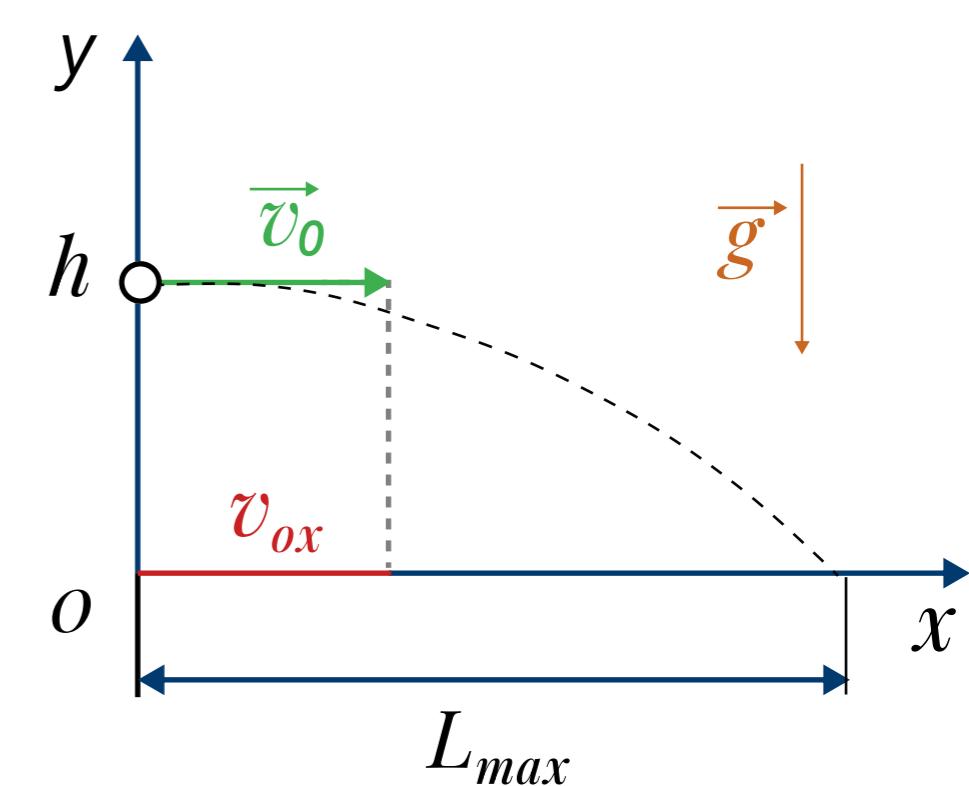


рис. 3



**ДВИЖЕНИЕ ПО ОСИ ОХ – РАВНОМЕРНОЕ:**

Скорость тела

При равномерном движении скорость тела остается постоянной величиной:

$$v_x = v_{0x} = v_0 = \text{const}$$

Дальность полета

Дальность полета определяется формулой перемещения при равномерном движении:

$$L_{max} = v_{0x} \tau$$

$\tau$  - общее время полета

Координата тела

В любой момент времени положение тела определяется как уравнение координаты равномерного движения

$$x = x_0 + v_x t$$

**ДВИЖЕНИЕ ПО ОСИ ОУ – РАВНОУСКОРЕННОЕ:**

Скорость тела

При равноускоренном движении скорость тела при движении вертикально вниз увеличивается. Воспользуемся формулой мгновенной скорости (ось направлена вверх):

$$v_y = g_y t = -gt$$

Высота падения

Перемещение тела по вертикали определяется формулой перемещения при равноускоренном движении. Проекция начальной скорости на ось ОУ равна нулю (ось направлена вверх):

$$h_{max} = \frac{g\tau^2}{2}$$

$\tau$  - общее время полета

Координата тела

В любой момент времени положение тела определяется как уравнение координаты равноускоренного движения (ось направлена вверх):

$$y = y_0 - \frac{gt^2}{2}$$

где  $y_0 = h_{max}$

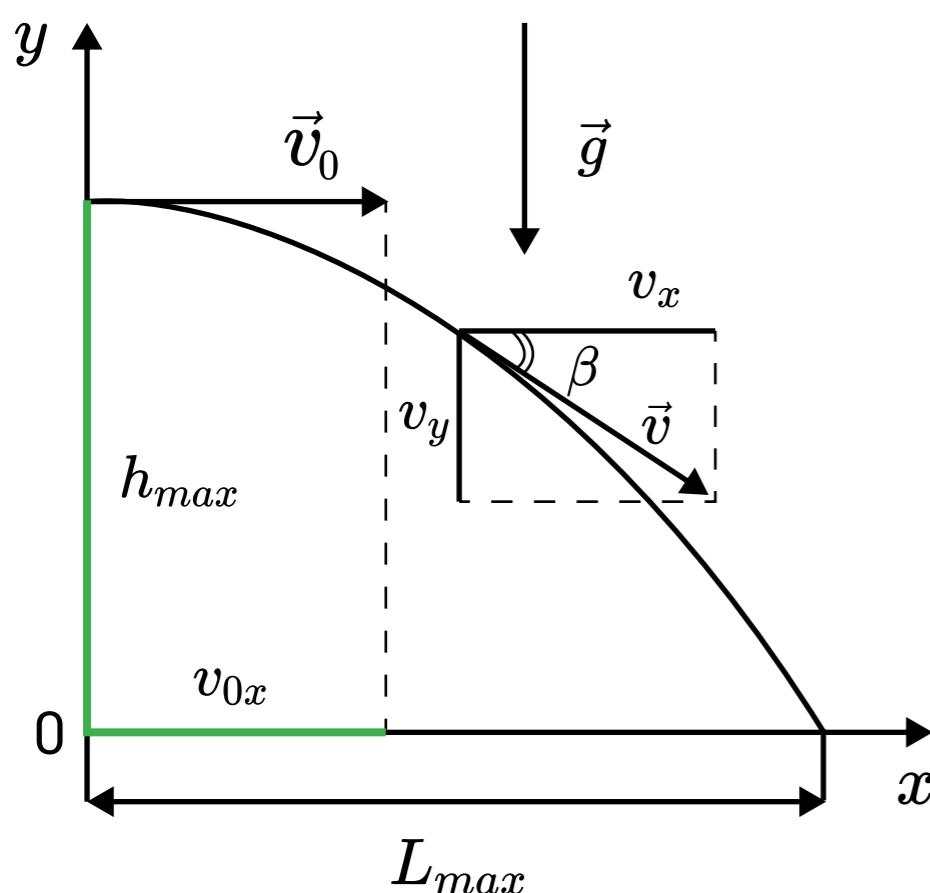
$y$  - конечная координата тела

Время падения тела не зависит от начальной горизонтальной скорости, массы тела, а определяется только высотой. Из высоты падения можно выразить время падения:

$$\tau = \sqrt{\frac{2h_{max}}{g_y}}$$

### Направление и модуль мгновенной скорости

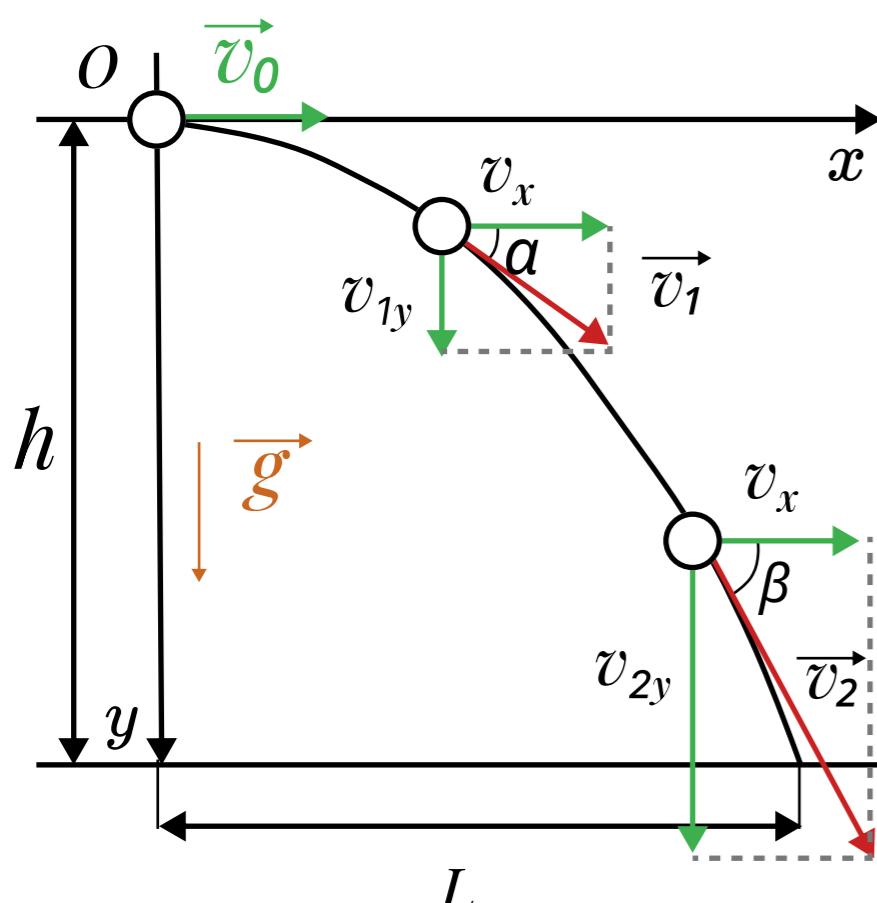
Так как траектория движения тела является криволинейной, то как будет направлена полная скорость тела в каждый момент времени? При криволинейном движении скорость тела направлена по касательной к траектории.



В каждый момент времени скорость меняет своё числовое значение и направление. Как же найти значение полной скорости? По рисунку видно, что полная скорость состоит из двух компонент — горизонтальной скорости  $v_x$  и вертикальной скорости  $v_y$ . Сумма этих компонент даёт нам полную скорость. Из прямоугольного треугольника видно, что скорость  $v$  — диагональ. Диагональ в прямоугольном треугольнике находят по теореме Пифагора:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

Рассмотрим два разных момента времени. Скорость тела, как мы уже выяснили, будет направлена по касательной к траектории. Однако, легко заметить, что угол между вектором скорости и горизонтом в различные моменты времени будет разный.



По рисунку видно, что в момент времени  $t_1$ , скорость тела  $v_1$  направлена под углом  $\alpha$  к оси  $Ox$ , в момент времени  $t_2$  скорость тела  $v_2$  направлена под углом  $\beta$ . При этом  $\alpha < \beta$ .

Определить угол между скоростью тела и горизонтом можно используя понятие из тригонометрии. Тангенсом угла называется отношение противолежащего катета к прилежащему. В прямоугольном треугольнике образованном компонентами скорости  $v_x$  - прилежащий катет,  $v_y$  -противолежащий катет.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_y}{v_x}$$