

# Лекция 5.

## Баллистическое движение

д/з: §1.23-1.24, задача №1 из §1.25  
(разобрать)

# БАЛЛИСТИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ

ΒΑΛΛΟ (греч.) – бросаю

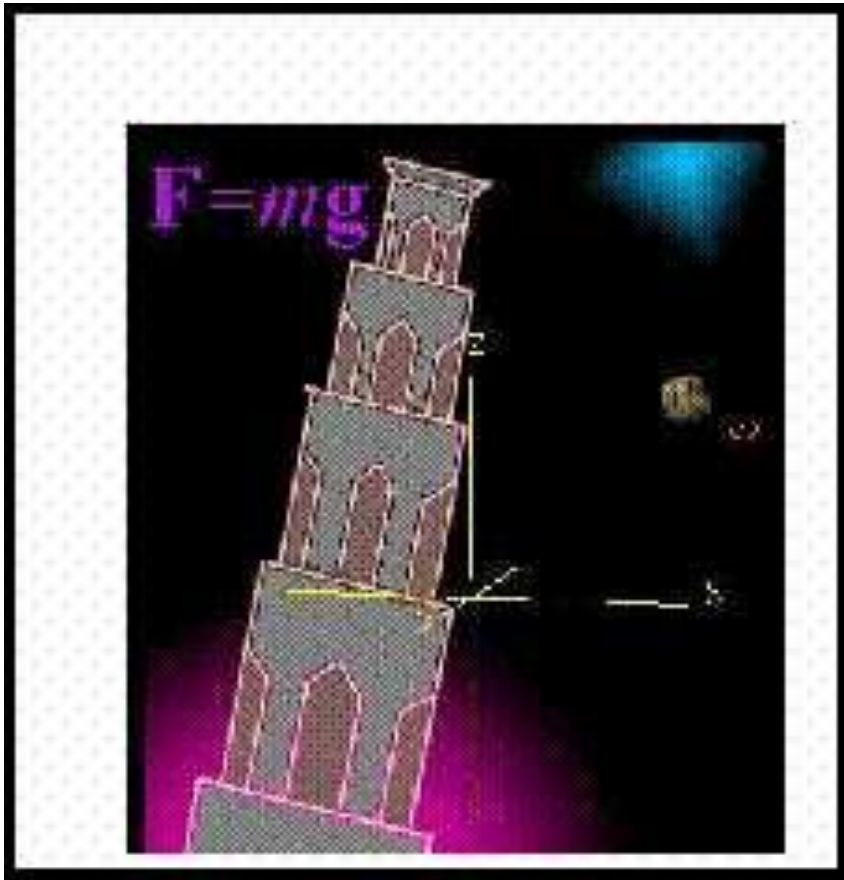
Словарь Ожегова:

БАЛЛИСТИКА -

наука о законах полёта тел  
(снарядов, мин, бомб, пуль),  
проходящих часть пути как  
свободно брошенное тело.

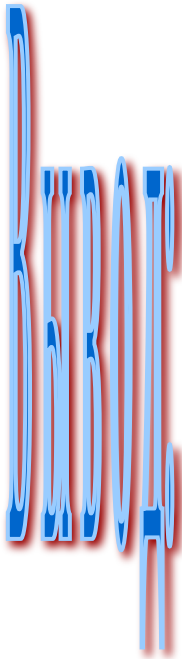


Свободным падением называется движение тел под действием силы тяжести без учёта сопротивления воздуха.



- Галилей в конце XVIв. изучал опытным путем падение тел, роняя тяжелые тела с башни.
- Тела, независимо от их массы достигают земли почти в одно и то же время.

- Но на тела ещё действует сила сопротивления воздуха!  
Наблюдать идеальное свободное падение можно в трубке Ньютона, если с помощью насоса выкачать из неё воздух.



**Дробинка упала  
раньше**

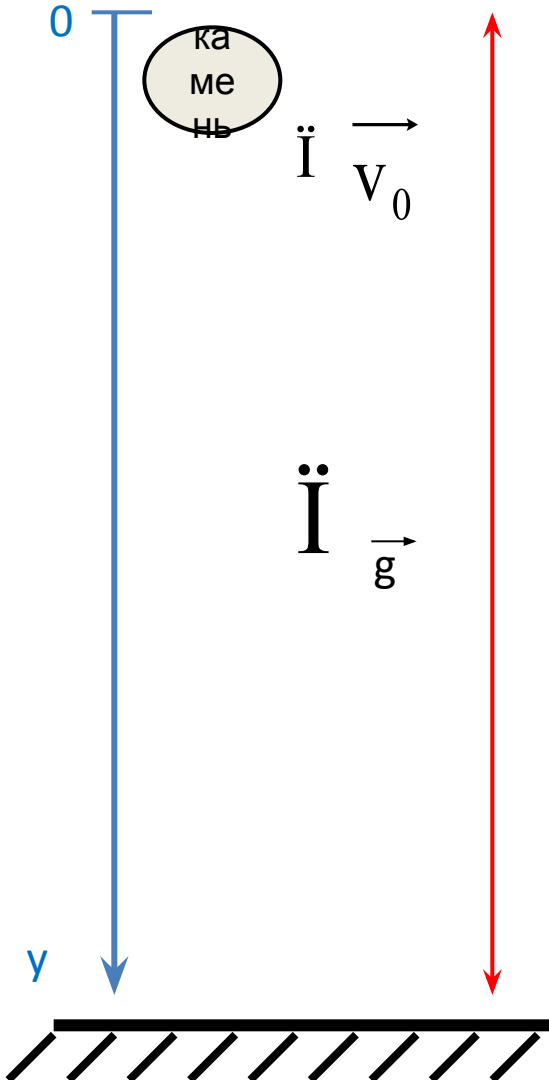


**Упали одновременно**

Пробка,  
пёрышко,  
дробинка  
падают в  
воздухе (рис.1)  
и в вакууме  
(рис.2).

**Все тела, независимо от их массы, падают в вакууме с одинаковым ускорением !**

**Разница!** Падает!  $V_0 = 0$   
Брошено!  $V_0 \neq 0$



$h$  – путь при свободном падении тела

$g$  – ускорение свободного падения тела ( $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ )

$v$  – скорость тела в момент времени  $t$

## Равноускоренное движение

$$\vec{u} = \vec{u}_0 + \vec{\alpha} t$$

$$u_x = u_{0x} + \alpha_x t$$

$$\vec{S} = \vec{u}_0 t + \vec{\alpha} t^2/2$$

$$S_x = u_{0x} t + \alpha_x t^2/2$$

$$x = x_0 + u_{0x} t + \alpha_x t^2/2$$

## Свободное падение тел

$$\vec{u} = \vec{u}_0 + \vec{g} t$$

$$u_y = u_{0y} + g_y t$$

$$\vec{S} = \vec{u}_0 t + \vec{g} t^2/2$$

$$h = u_{0y} t + g_y t^2/2$$

$$y = y_0 + u_{0y} t + g_y t^2/2$$

# Формулы, которым подчиняется свободное падение тел.

$$v_0 = 0$$

$$v_0 \neq 0$$

Скорость в любой момент времени.

$$v = g$$

$$v = v_0 + g$$

Путь, пройденный при свободном падении

$$h = \frac{g t^2}{2}$$

$$h = v_0 t + \frac{g t^2}{2}$$

Модуль скорости в конце падения

$$v = \sqrt{2gh}$$

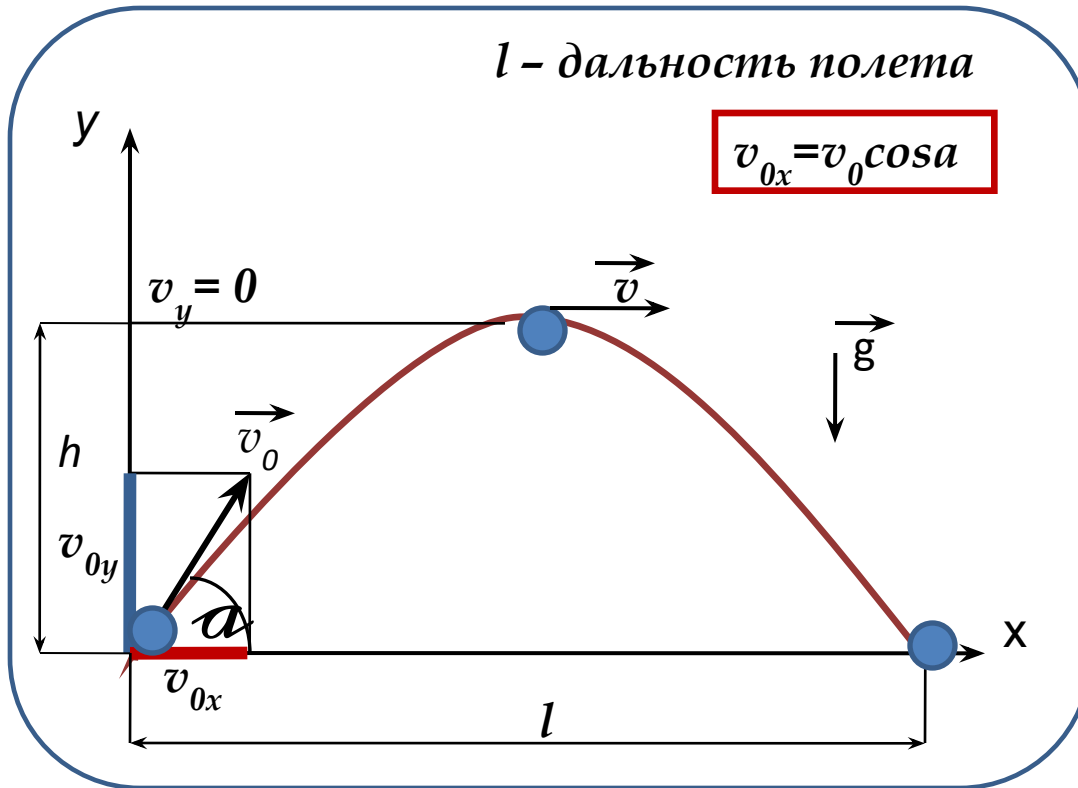
$$v = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$$

Время свободного падения

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$



## Движение тела, брошенного под углом к горизонту



### По горизонтали:

т.е. вдоль оси ОХ тело движется равномерно (т.к. нет ускорения) с постоянной скоростью, равной проекции начальной скорости на ось ОХ

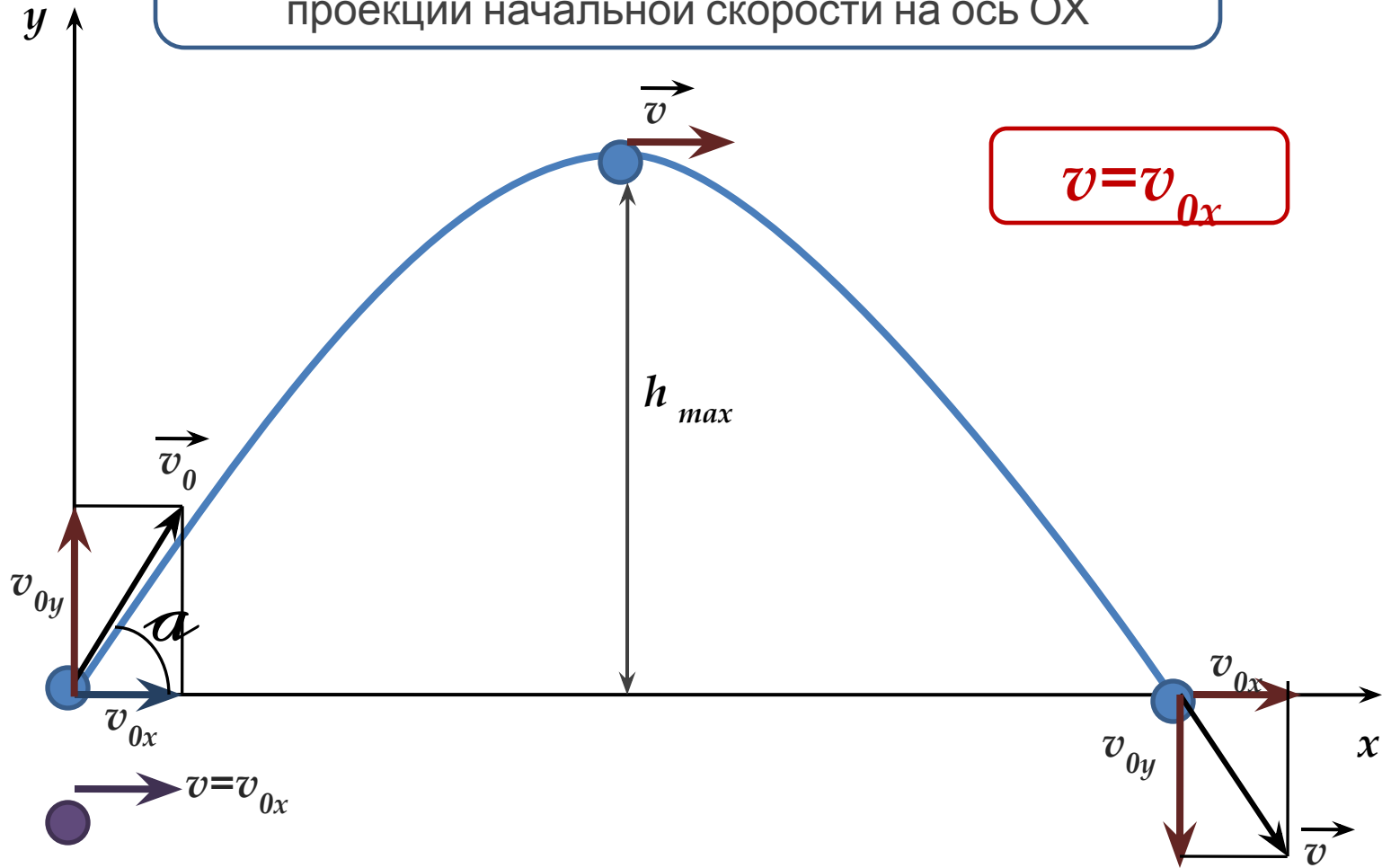
Т.о. при рассмотрении движения вдоль оси ОХ нужно пользоваться формулами, полученными для равномерного движения

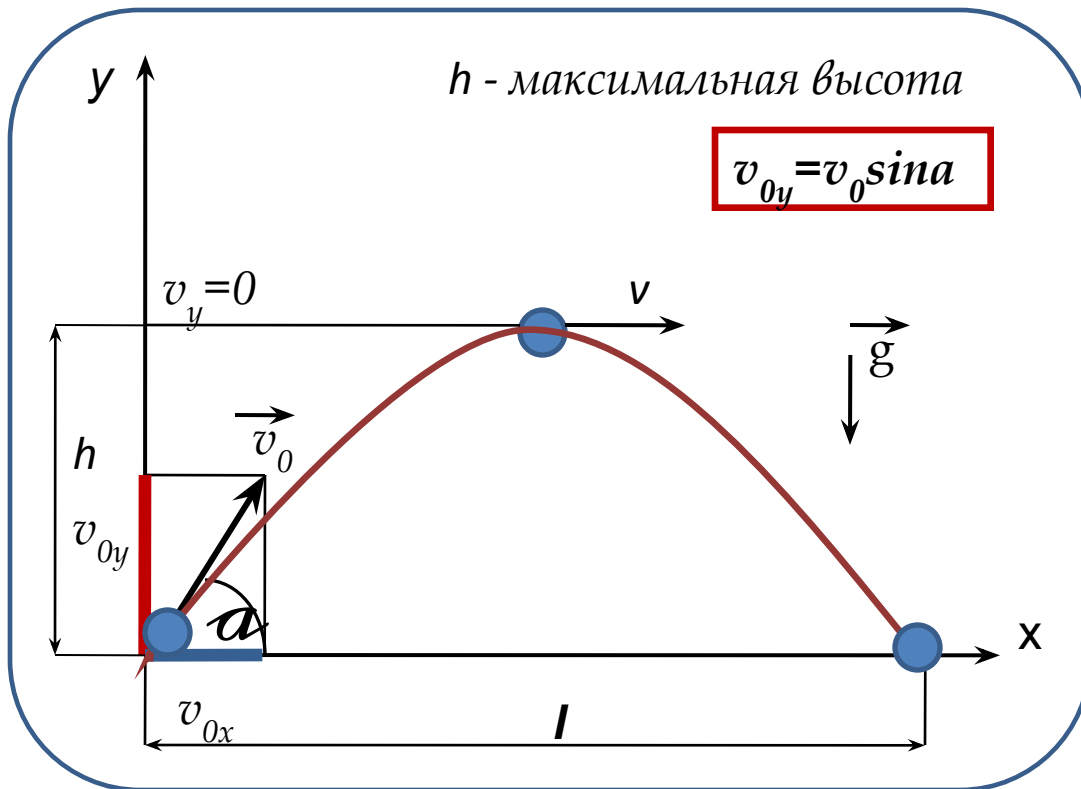
$$v_{0x} = v_0 \cos \alpha = \text{const}$$

$$l = v_x t = v_0 \cos \alpha t$$

$$x = x_0 + v_0 \cos \alpha t$$

Вдоль оси OX тело движется равномерно  
с постоянной скоростью, равной  
проекции начальной скорости на ось OX





По вертикали:

Вдоль оси ОУ тело движется **равнозамедленно**, подобно телу, брошенному вертикально вверх со скоростью, равной проекции начальной скорости на ось ОУ

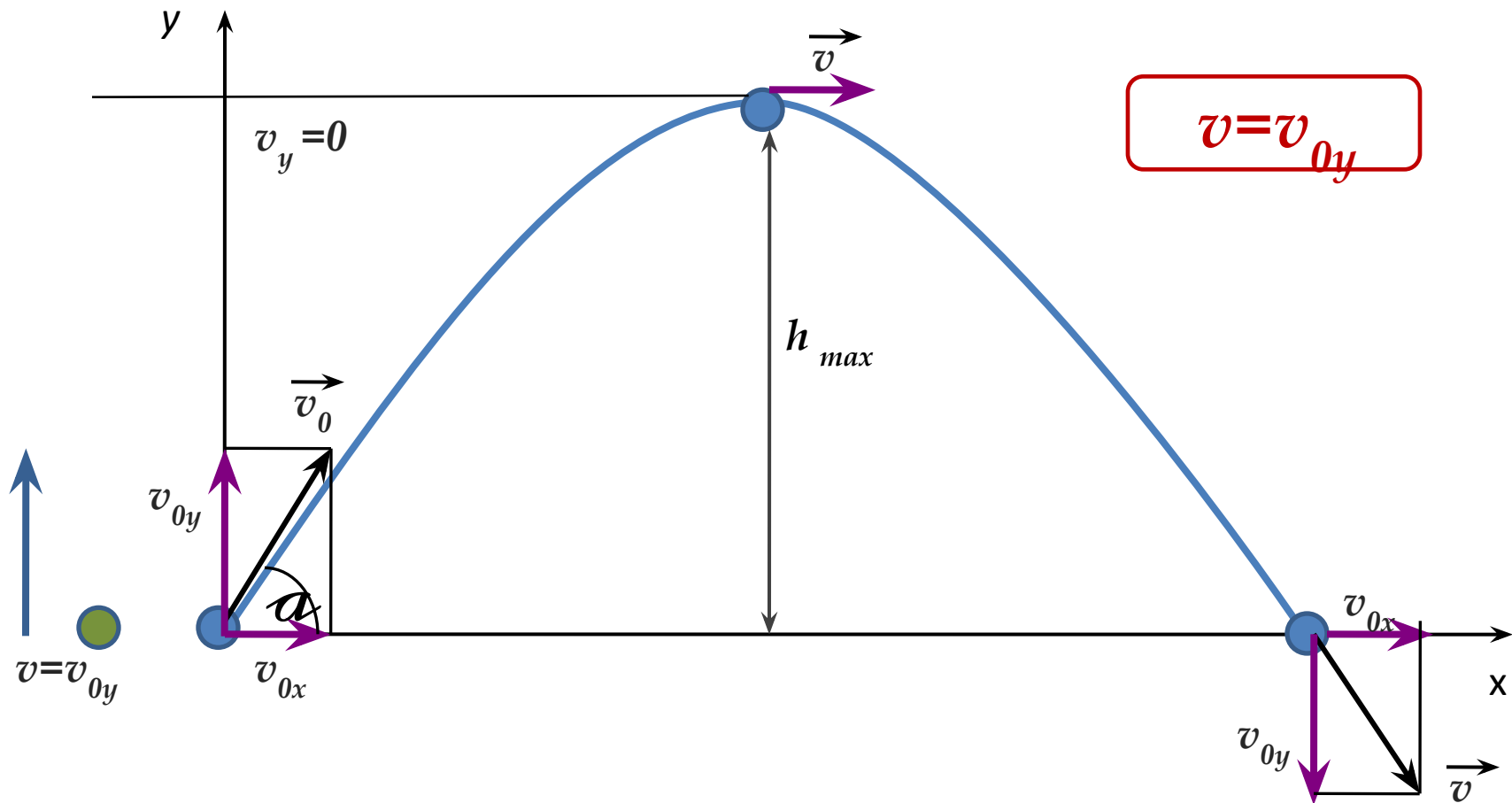
Таким образом, применимы формулы, которые мы использовали ранее для равноускоренного движения по вертикали

$$v_y = v_{0y} + g_y t = v_0 \sin \alpha - gt$$

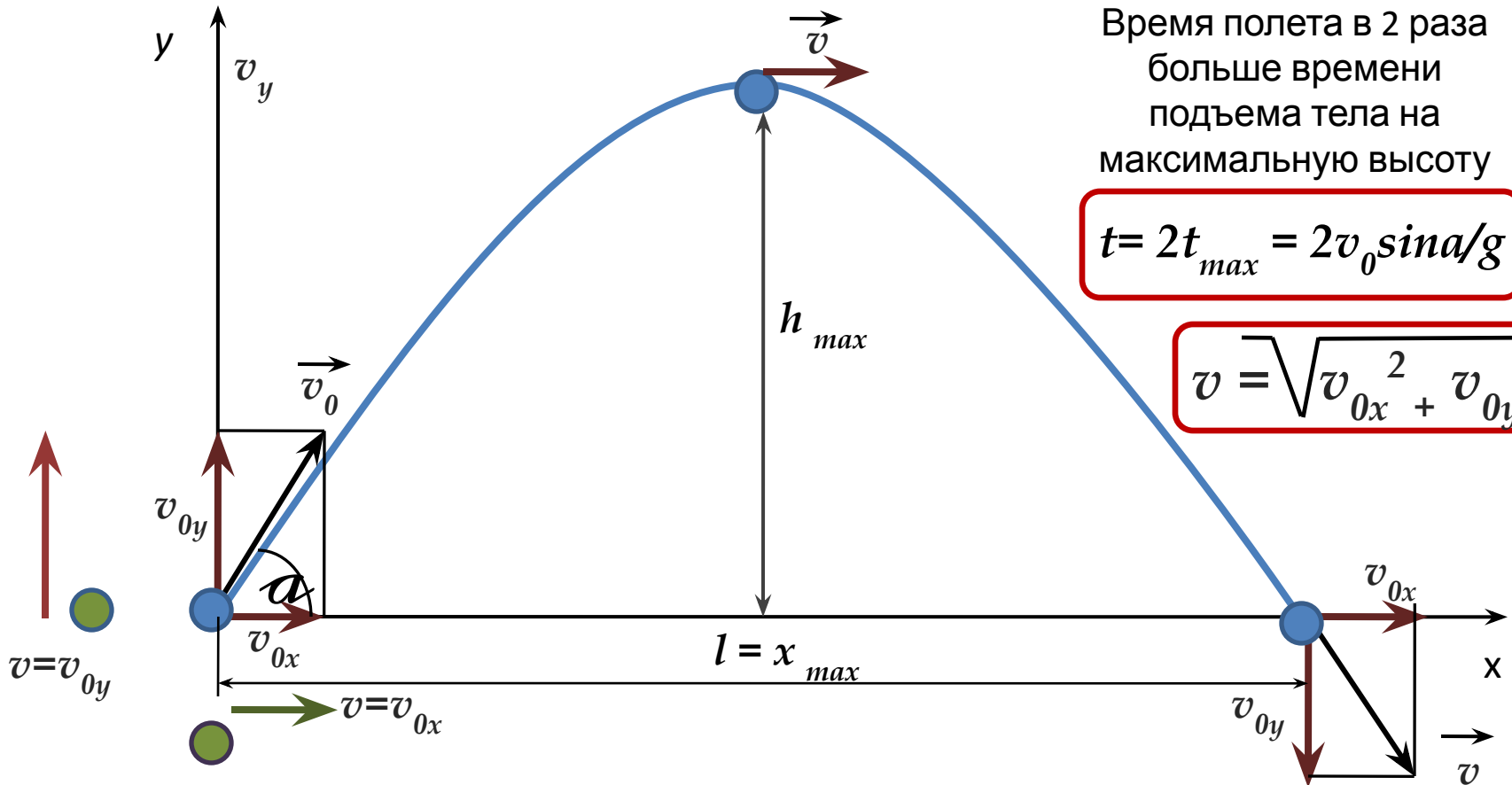
$$y = y_0 + v_{0y} t + g_y t^2 / 2 = v_0 \sin \alpha t - gt^2 / 2$$

$$g_y = -g, \quad v_{0y} = v_0 \sin \alpha$$

Вдоль оси  $OY$  тело движется равнозамедленно, подобно телу, брошенному вертикально вверх со скоростью, равной проекции начальной скорости на ось  $OY$



**Некоторые зависимости между величинами  
при движении под углом к горизонту  
(баллистическом движении)**



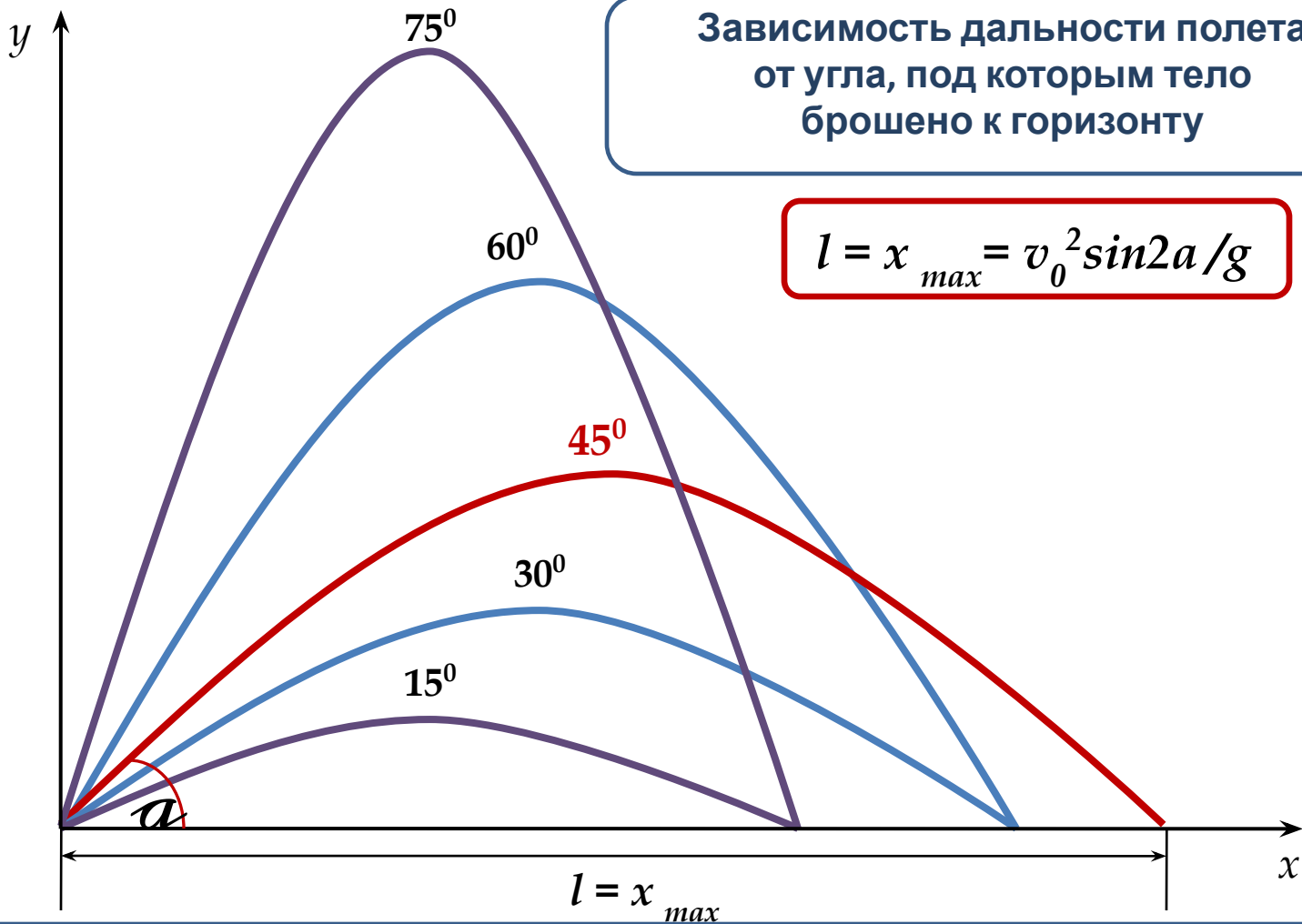
Время полета в 2 раза  
больше времени  
подъема тела на  
максимальную высоту

$$t = 2t_{max} = 2v_0 \sin \alpha / g$$

$$v = \sqrt{v_{0x}^2 + v_{0y}^2}$$

Дальность полета при одной и той же начальной скорости зависит от угла

$$l = x_{max} = v_0^2 \sin 2\alpha / g$$



Зависимость дальности полета от угла, под которым тело брошено к горизонту

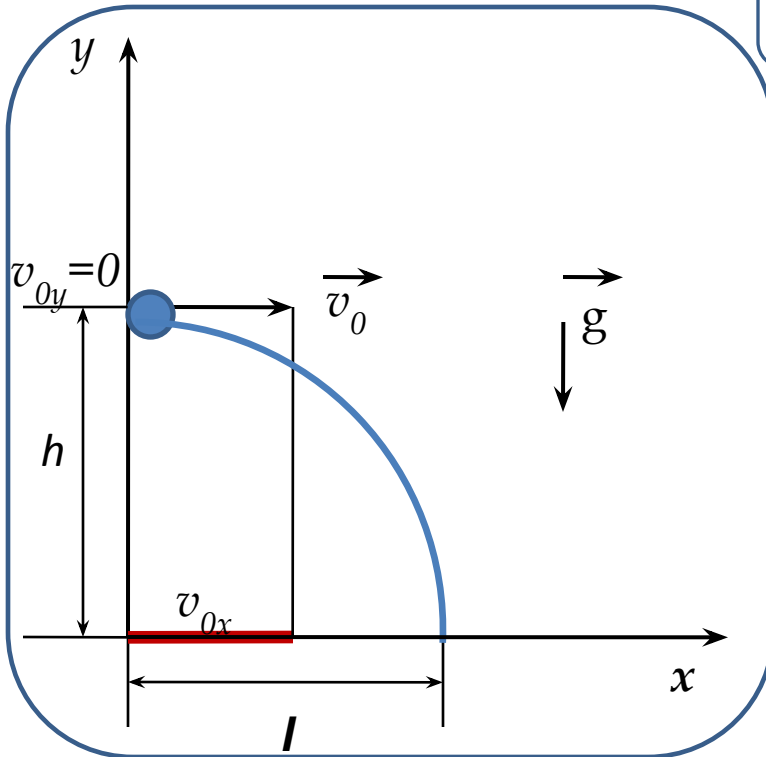
$$l = x_{max} = v_0^2 \sin 2a / g$$

Дальность полета максимальна, когда максимален  $\sin 2a$ .  
 Максимальное значение синуса равно единице при угле  $2a=90^\circ$ ,

откуда  $a = 45^\circ$

Для углов, дополняющих друг друга до  $90^\circ$  дальность полета одинакова

## Движение тела, брошенного горизонтально



Анализируем рисунок:

$$\mathbf{a} = \mathbf{g}, \quad s = h,$$
$$v_{0y} = 0, \quad g_y = -g, \quad y_0 = h$$

### По горизонтали:

тело **движется равномерно** с постоянной скоростью, равной проекции начальной скорости на ось OX

$$v_{0x} = v_0$$

$$l = v_{0x} t = v_0 t$$

### По вертикали:

Тело свободно падает с высоты  $h$ .

Именно поэтому, применимы формулы для свободного падения:

$$v = gt$$

$$h = gt^2/2$$

$$y = y_0 - gt^2/2$$

Вдоль оси ОУ тело движется равнозамедленно,  
 подобно телу, брошенному вертикально вверх со скоростью,  
 равной проекции начальной скорости  
 на ось ОУ

