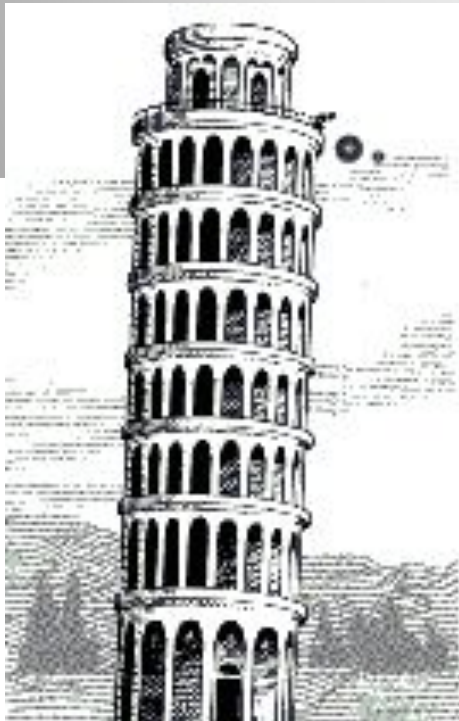


**СВОБОДНОЕ ПАДЕНИЕ ТЕЛ.**

**ДВИЖЕНИЕ  
С УСКОРЕНИЕМ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ**



## ВСПОМНИМ ИЗУЧЕННОЕ

Какое движение называется равноускоренным ?

Определение ускорения.  
Физический смысл ускорения.

Формула проекции скорости при равноускоренном движении

Формула проекции перемещения при равноускоренном движении

Формула координаты при равноускоренном движении



$$v_x = v_{0x} + a_x t$$

$$v_y = v_{0y} + a_y t$$

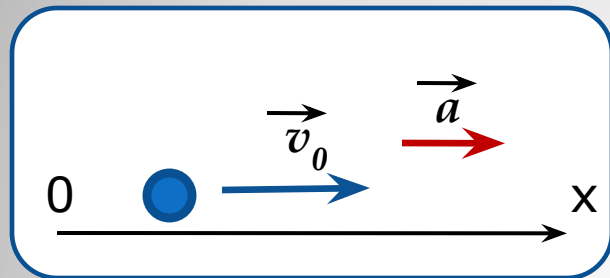
$$s_x = v_{0x} t + a_x t^2 / 2$$

$$s_y = v_{0y} t + a_y t^2 / 2$$

$$x = x_0 + v_{0x} t + a_x t^2 / 2$$

$$y = y_0 + v_{0y} t + a_y t^2 / 2$$

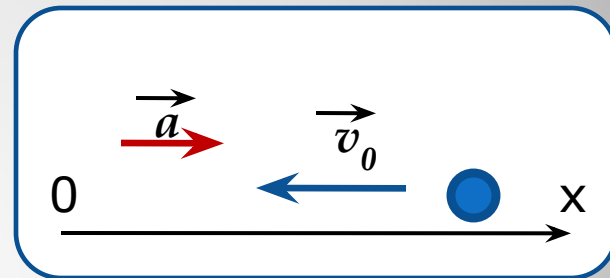
Определите характер движения, пользуясь рисунком и запишите формулы для расчета  $v$  и  $s$



равноускоренное

$$v = v_0 + at$$

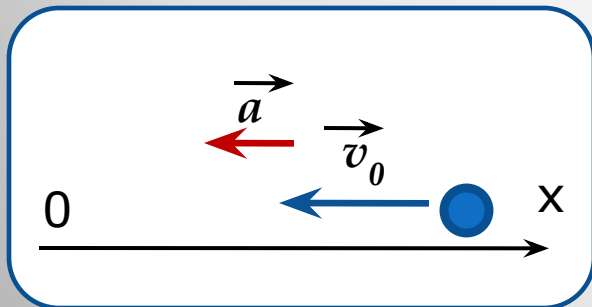
$$s = v_0 t + at^2/2$$



равнозамедленное

$$-v = -v_0 + at$$

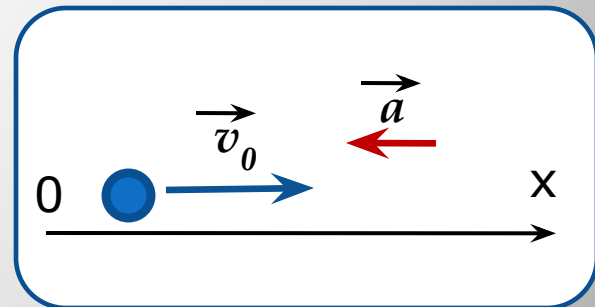
$$-s = -v_0 t + at^2/2$$



равноускоренное

$$-v = -v_0 - at$$

$$-s = -v_0 t - at^2/2$$

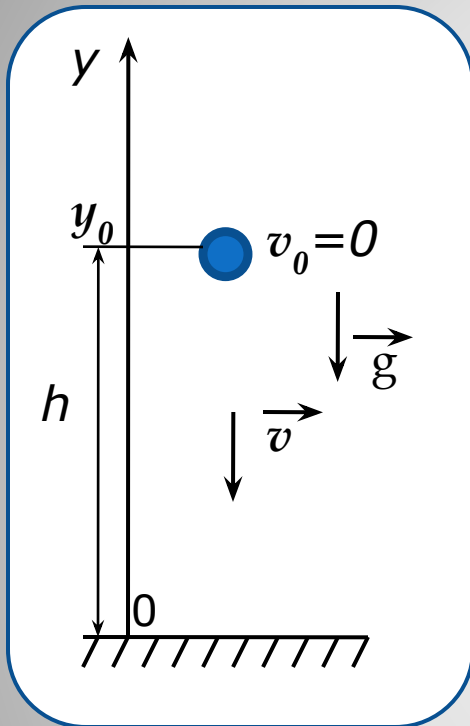


равнозамедленное

$$v = v_0 - at$$

$$s = v_0 t - at^2/2$$

# 1. Свободное падение тел



Свободное падение

Анализируем рисунок

$$\mathbf{a=g, \quad s=h, \quad v_y=-v}$$
$$v_0=0, \quad g_y=-g, \quad y_0=h$$

Работаем с формулами

$$v_y = v_{0y} + g_y t$$
$$-v = 0 - gt \quad \boxed{v = gt}$$

$$\boxed{h = gt^2/2}$$

$$\boxed{y = h - gt^2/2}$$

$$s_y = v_{0y} t + g_y t^2/2 \quad -h = -g_y t^2/2$$

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

Равноускоренное движение

$$v_x = v_{0x} + a_x t$$

$$\boxed{v_y = v_{0y} + a_y t}$$

$$s_x = v_{0x} t + a_x t^2/2$$

$$\boxed{s_y = v_{0y} t + a_y t^2/2}$$

$$x = x_0 + v_{0x} t + a_x t^2/2$$

$$\boxed{y = y_0 + v_{0y} t + a_y t^2/2}$$

## Графическое представление свободного падения

График  $a_y(t)$   
(ось ОУ направлена)

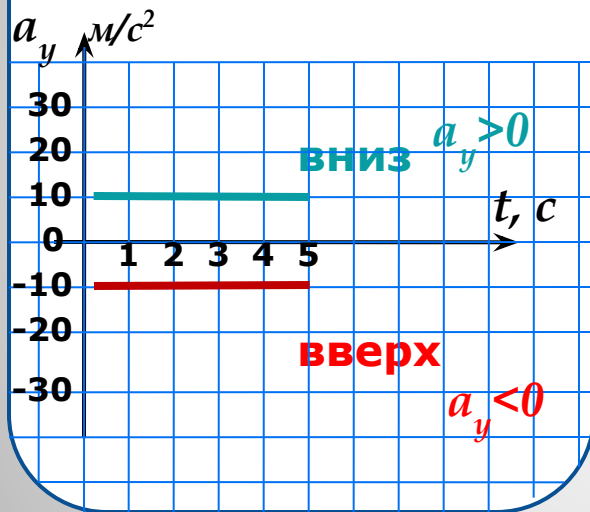
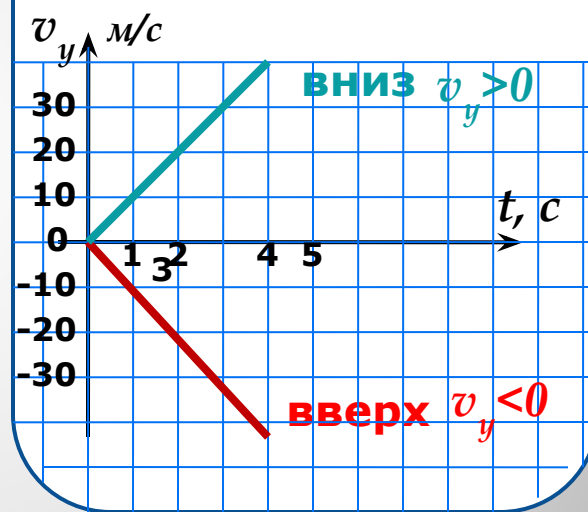
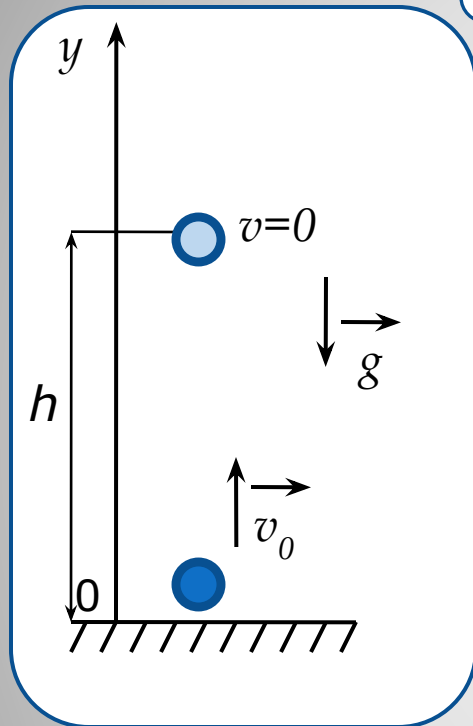


График  $v_y(t)$   
(ось ОУ направлена)



## 2. Движение тела, брошенного вертикально



Тело брошено вертикально вверх

Анализируем рисунок  
 $a=g$ ,  $s=h$ ,  $y_0=0$ ,  
 $v_{0y}=v_0$ ,  $g_y=-g$ ,  $y=h$

Работаем с формулами

$$v_y = v_{0y} + g_y t \quad \boxed{v = v_0 - gt}$$

Равноускоренное движение

$$v_x = v_{0x} + a_x t$$

$$\boxed{v_y = v_{0y} + a_y t}$$

$$s_x = v_{0x} t + a_x t^2 / 2$$

$$s_y = v_{0y} t + a_y t^2 / 2$$

$$x = x_0 + v_{0x} t + a_x t^2 / 2$$

$$\boxed{y = y_0 + v_{0y} t + a_y t^2 / 2}$$

Важно помнить: в верхней точке  $v=0$ , и

$$0 = v_0 - gt$$

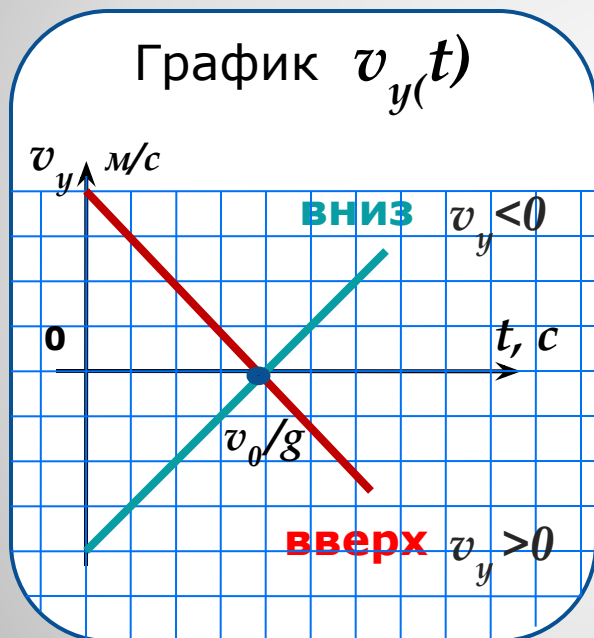
$$\boxed{v_0 = gt}$$

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

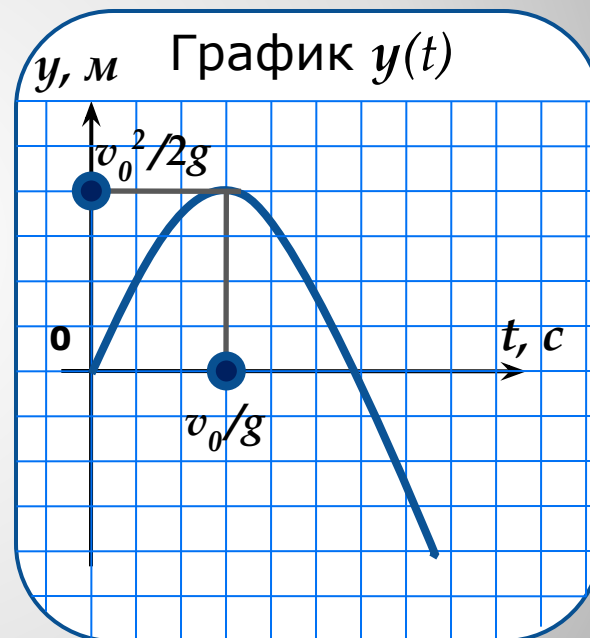
$$\boxed{y}$$

$$\boxed{h = v_0 t - gt^2 / 2}$$

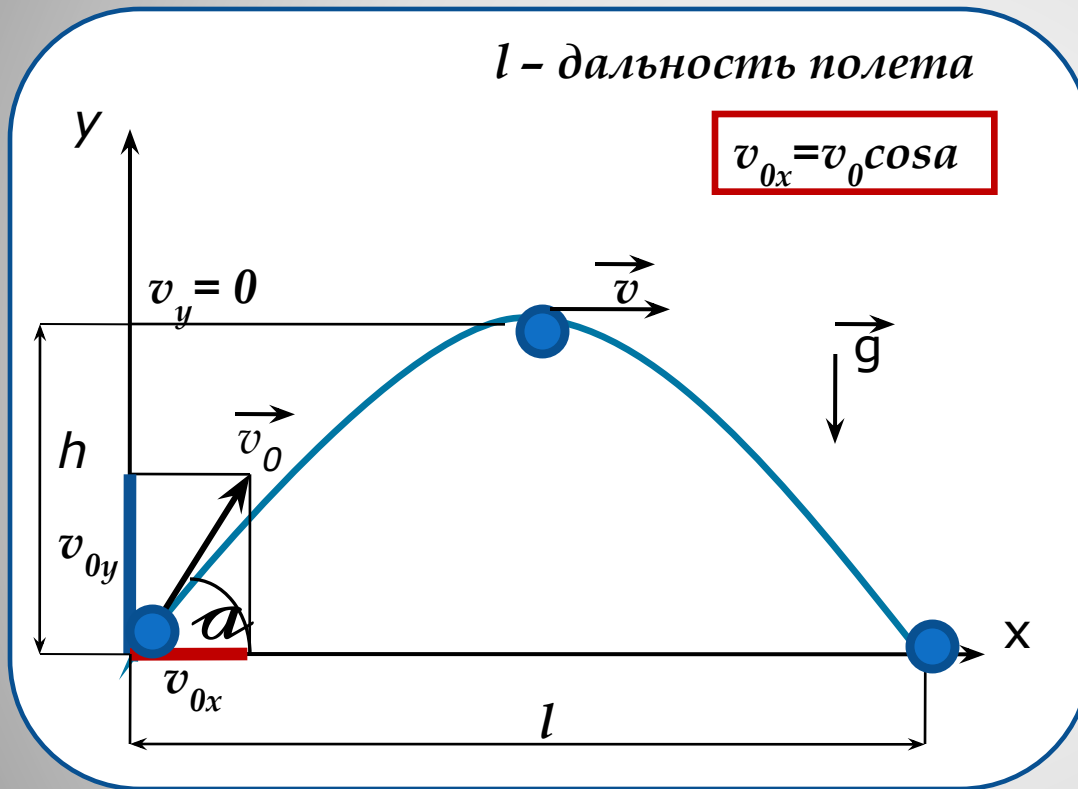
## Графическое представление движения тела, брошенного вертикально вверх



(ось ОУ направлена)



### 3. 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

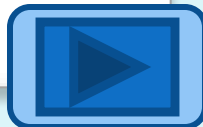


Т.о. при рассмотрении движения вдоль оси ОХ нужно пользоваться формулами, полученными для равномерного движения

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

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

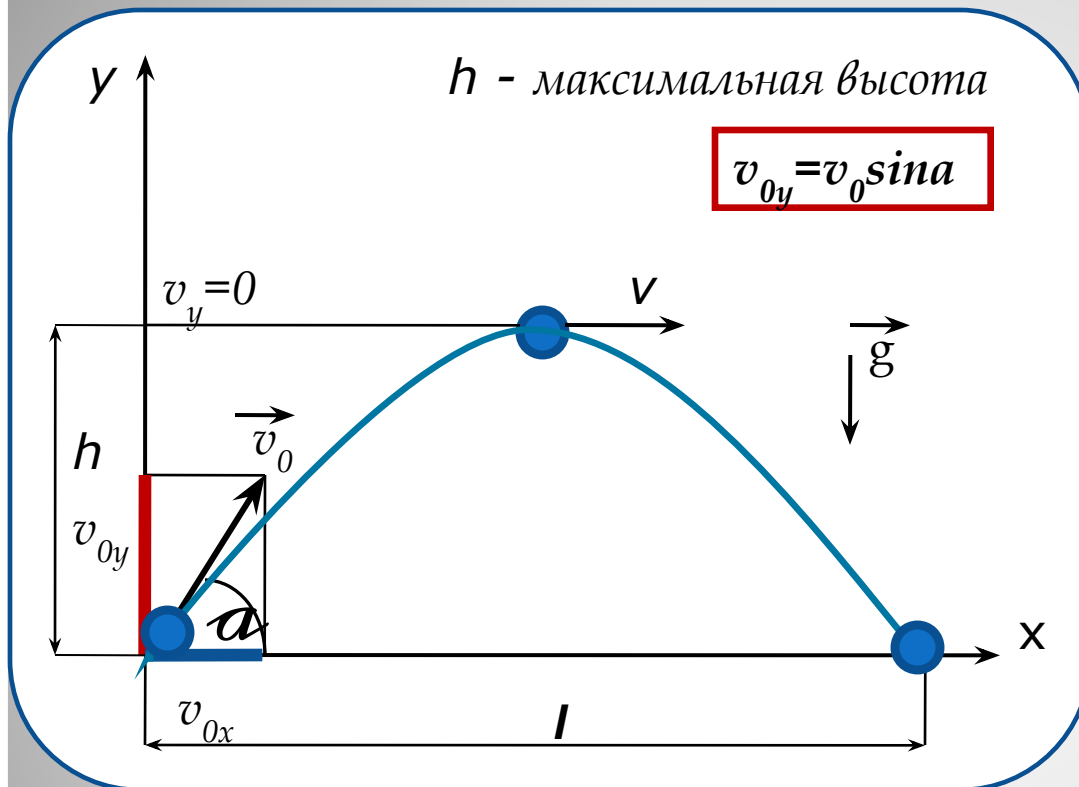
$$x = x_0 + v_0 \cos \alpha t$$





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

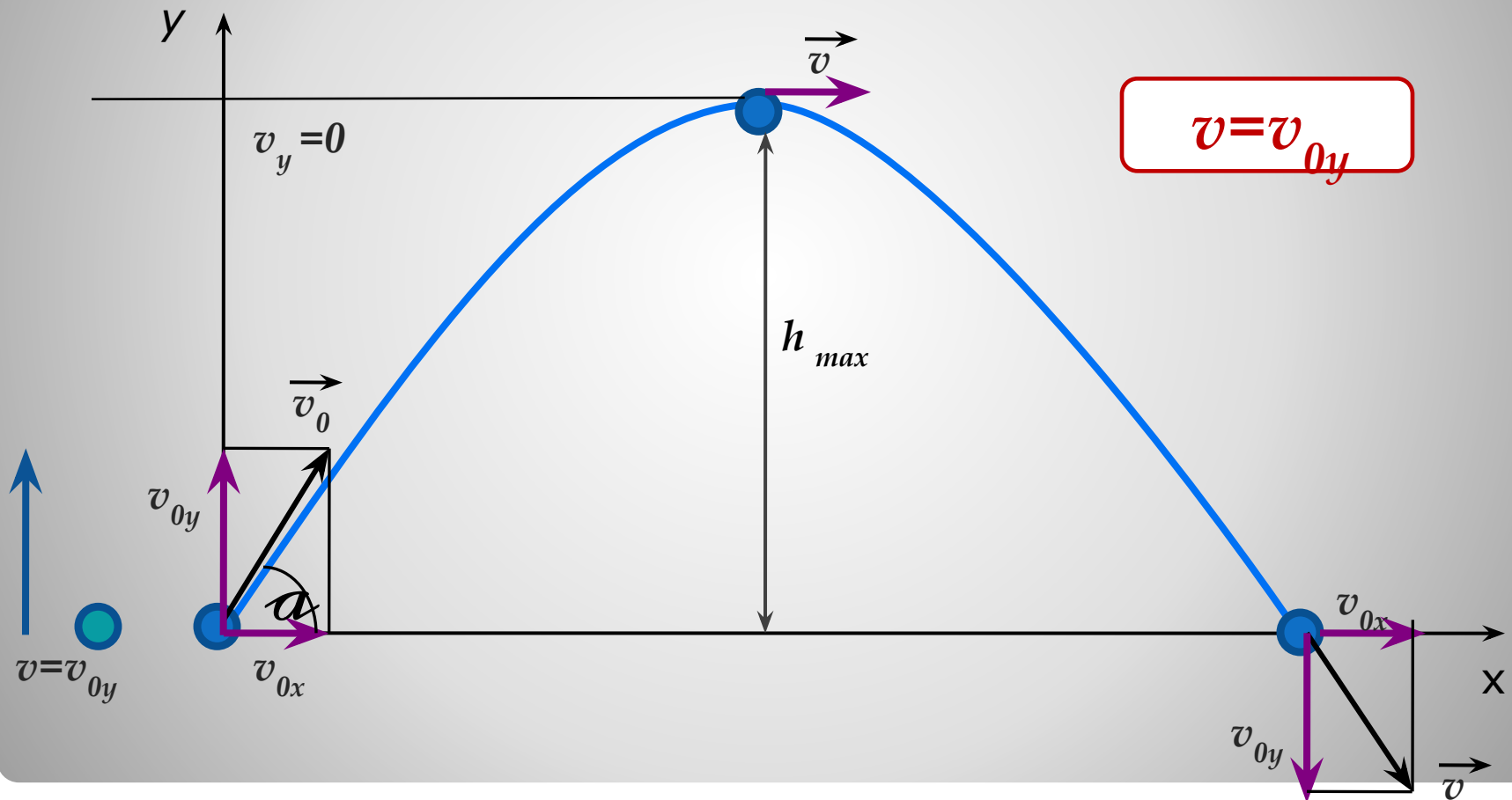
$$v_y = v_{0y} + g_y t = v_0 \sin \alpha - gt$$

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

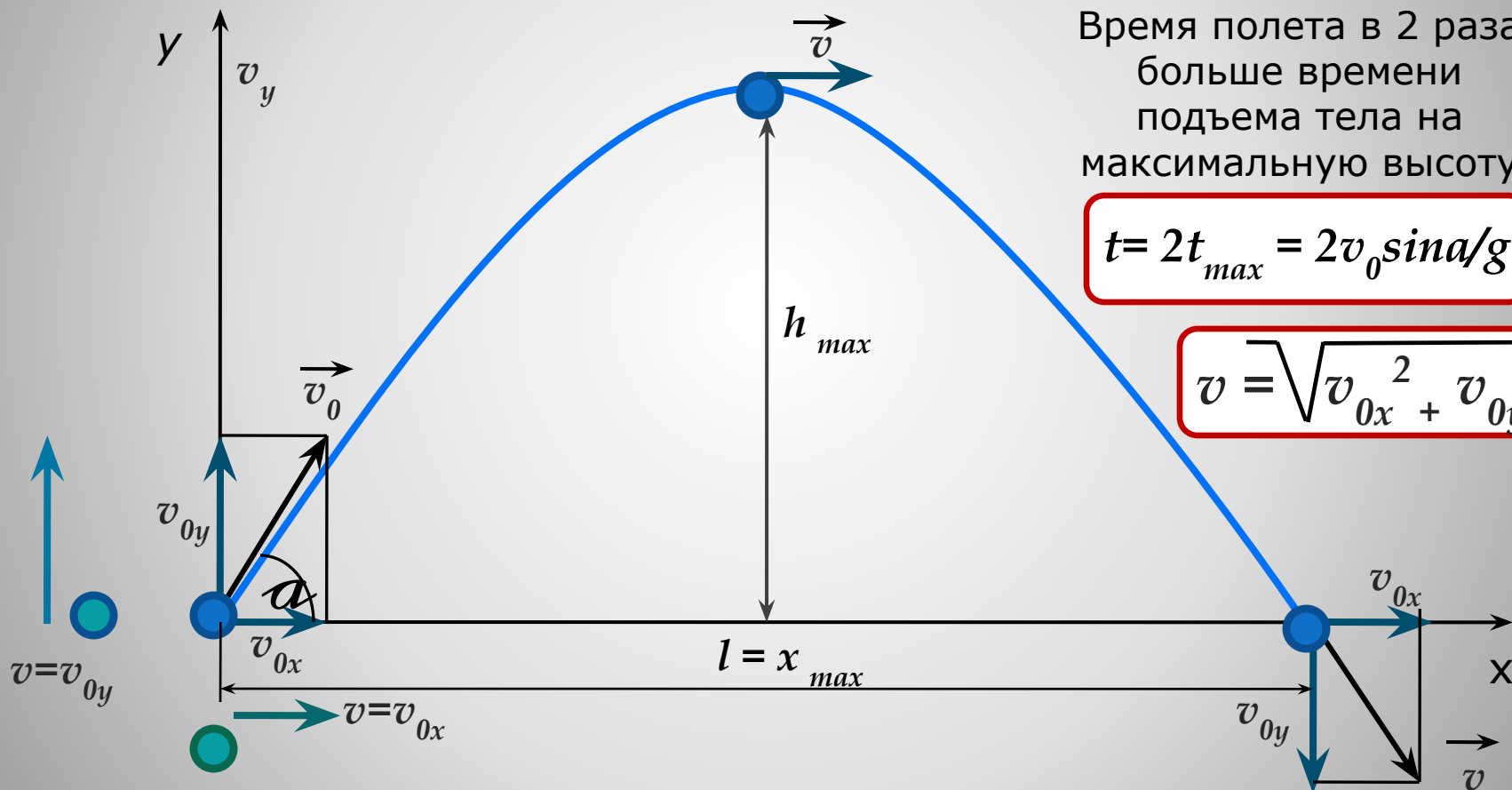
$$g_y = -g, \quad v_{0y} = v_0 \sin \alpha$$



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)



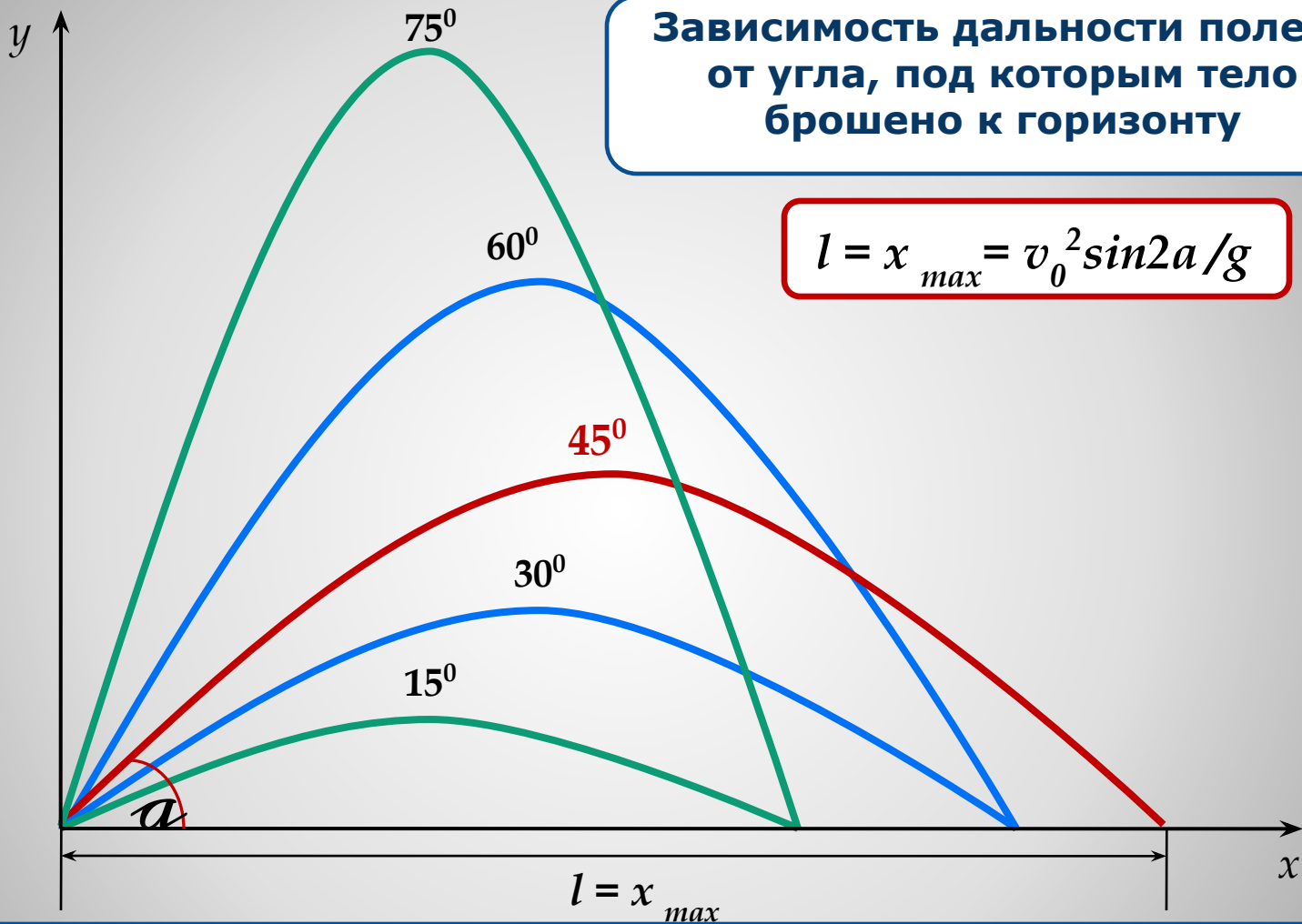
Время полета в 2 раза больше времени подъема тела на максимальную высоту

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

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

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**

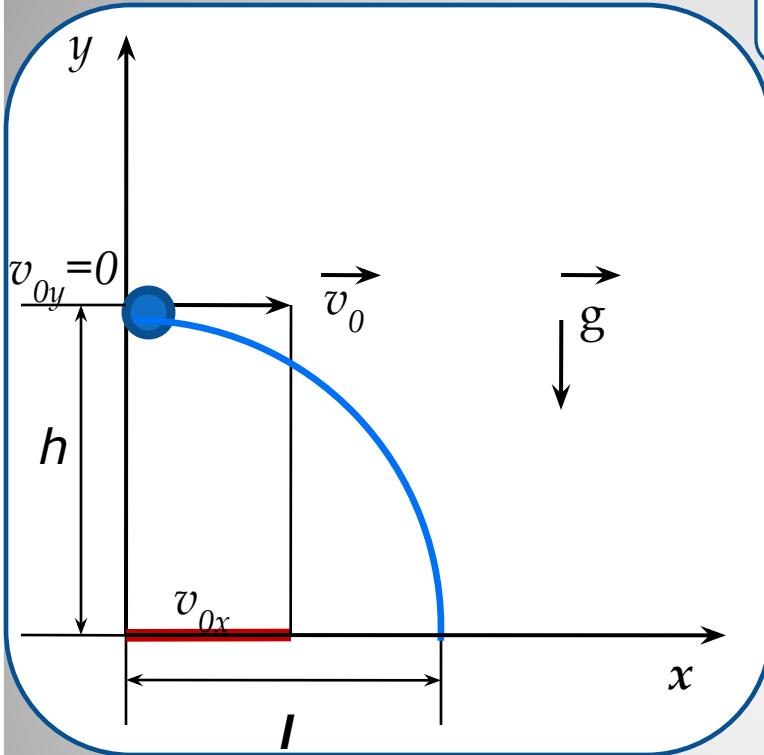
$$l = x_{max} = v_0^2 \sin 2a / g$$

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

## 4. Движение тела, брошенного горизонтально



Анализируем рисунок:

$$\begin{aligned} a &= g, & s &= h, \\ v_{0y} &= 0, & g_y &= -g, & y_0 &= h \end{aligned}$$

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:

$$v = gt$$

$$h = gt^2/2$$

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



**Подумайте и дайте ответ**

- **С каким ускорением движется тело, брошенное вертикально вверх?**
- **С каким ускорением движется тело, брошенное
  - горизонтально?**
- **Что общего в движении тел, брошенных вертикально и под углом к горизонту?**
- **Три тела брошены так: первое – вниз без начальной скорости, второе – вниз с начальной скоростью, третье – вверх.**

**Что можно сказать об ускорениях этих тел?**
- **Тяжелый предмет подвешен на веревке к воздушному шару, равномерно поднимающемуся с некоторой скоростью. Каково будет движение предмета, если веревку перерезать?**