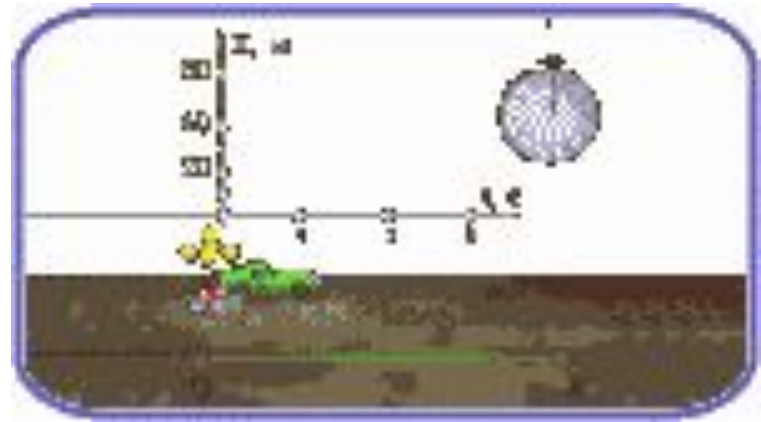


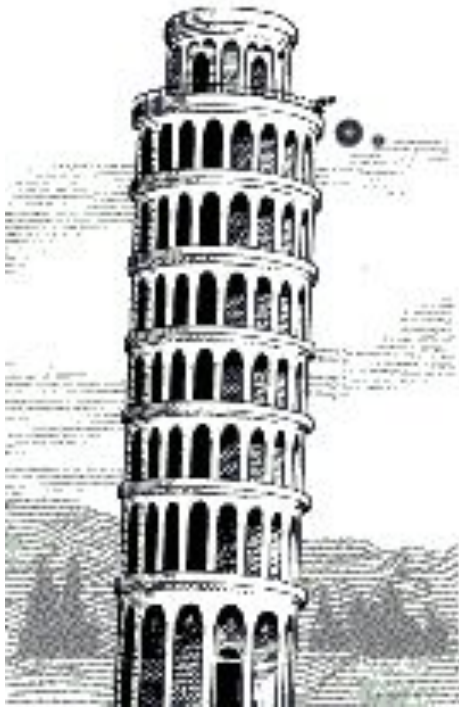
ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ РАВНОУСКОРЕННОЕ ДВИЖЕНИЕ



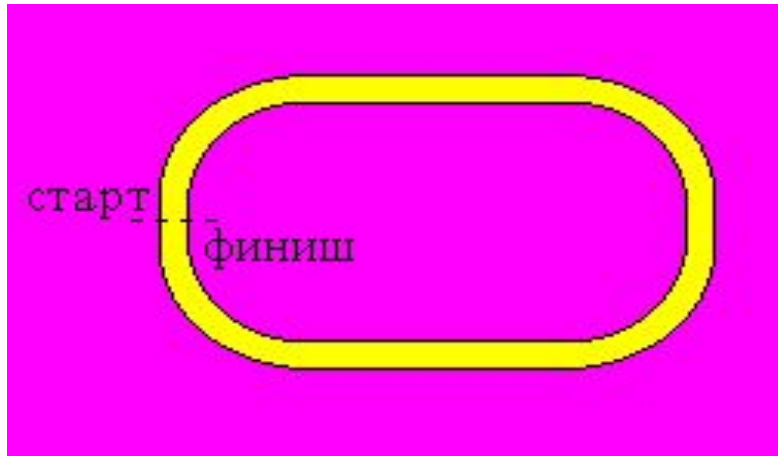
Голубой вагон бежит, качается.
Скорый поезд набирает ход.
Ах, зачем же этот день кончается?
Пусть бы он тянулся целый год

СВОБОДНОЕ ПАДЕНИЕ ТЕЛ.

ДВИЖЕНИЕ
С УСКОРЕНИЕМ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ

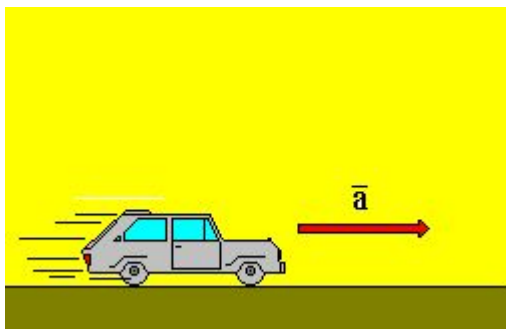


- 1) Что такое перемещение? это направленный отрезок, проведенный из начального положения тела в его конечное положение.
- 2) Что такое равномерное движение? это такое движение, когда тело (материальная точка) за равные промежутки времени проходит равные пути.
- 3) Что такое скорость равномерного прямолинейного движения? это величина, равная отношению перемещения точки к промежутку времени, в течении которого это перемещение произошло.
- 4) Что такое средняя скорость? это величина, равная отношению всего пути, пройденного телом, ко всему времени, за которое пройден этот путь.
- 5) Что такое мгновенная скорость? *это предел отношения перемещения точки к промежутку времени Δr , в течении которого это перемещение произошло при Δt .*



Спортсмен пробежал дистанцию 400 м по дорожке стадиона и возвратился к месту старта. Определите путь L , пройденный спортсменом, и модуль его перемещения S .





Автомобиль двигался со скоростью 15 м/с в течение 5 с. Какой путь он проехал за это время?

Виды механического движения



Прямолинейное равномерное движение —

это такое движение, при котором тело, двигаясь по прямой, за любые равные промежутки времени совершает одинаковые перемещения.



Формулы, характеризующие прямолинейное равномерное движение

Скорость:

$$v_x = \frac{s_x}{t}$$

Перемещение:

$$s_x = v_x t$$

Координата:

$$x = x_0 + v_x t$$

Расчет скорости

- Формула для расчета скорости в векторном виде:

$$\mathbf{v}_x = \mathbf{v}_{0x} + \mathbf{a}_x t$$

- Формула для расчета скорости в координатном виде:

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

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

Перемещение

- Перемещение это векторная величина.

Формула для расчета перемещения:

$$\vec{S} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}$$

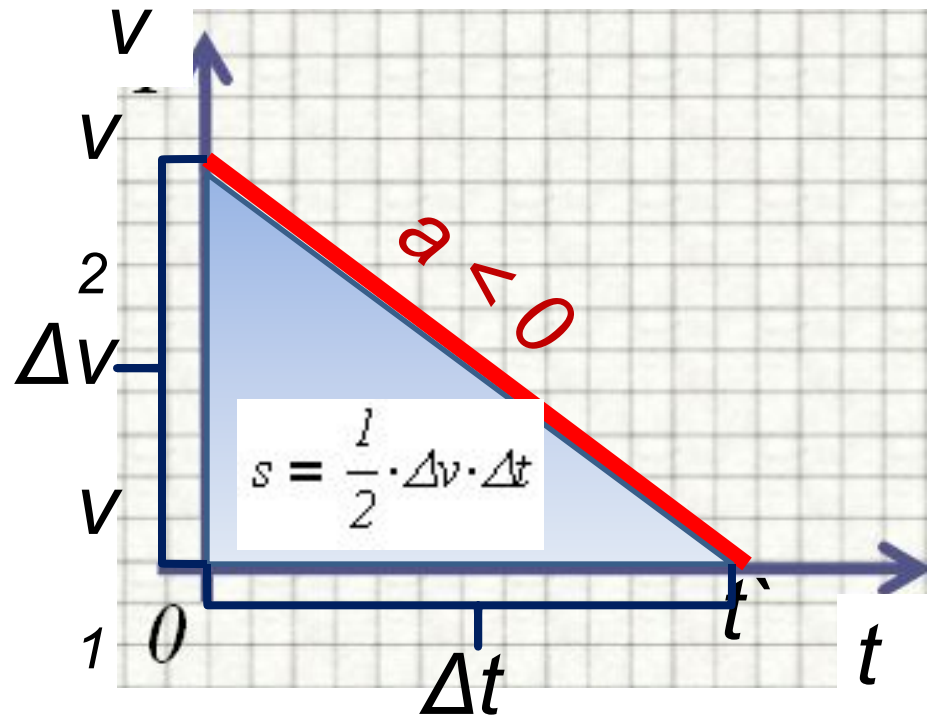
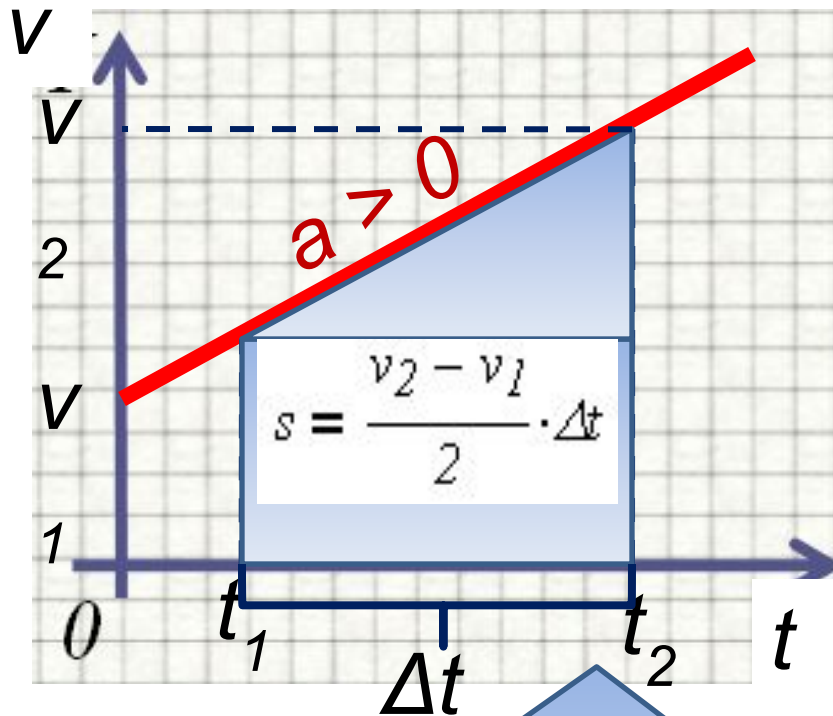
Формула для расчета перемещения в векторной форме:

$$\vec{S} = \Delta \vec{r} = \vec{r} - \vec{r}_0 = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}$$

- Еще одна формула для расчета перемещения при равноускоренном движении:

$$s_x = \frac{(v_x)^2 - (v_{0x})^2}{2a_x}$$

Определение перемещения по графику скорости



Площадь фигуры под графиком скорости равна пройденному пути

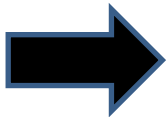
Средняя скорость при прямолинейном движении с постоянным ускорением

Если при прямолинейном движении с постоянным ускорением направление скорости не меняется, то средний модуль скорости равен полусумме модулей начальной и конечной скоростей:

$$\bar{v} = |\bar{v}_x| = \frac{|v_{0x} + v_x|}{2} = \frac{v_0 + v}{2}.$$

Связь между проекциями начальной и конечной скоростей, ускорения и перемещения

$$\Delta x = \frac{v_{0x} + v_x}{2} t.$$



$$t = \frac{v_x - v_{0x}}{a_x}$$
$$\Delta x = \frac{v_x + v_{0x}}{2} \frac{v_x - v_{0x}}{a_x} = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}.$$

Уравнение движения

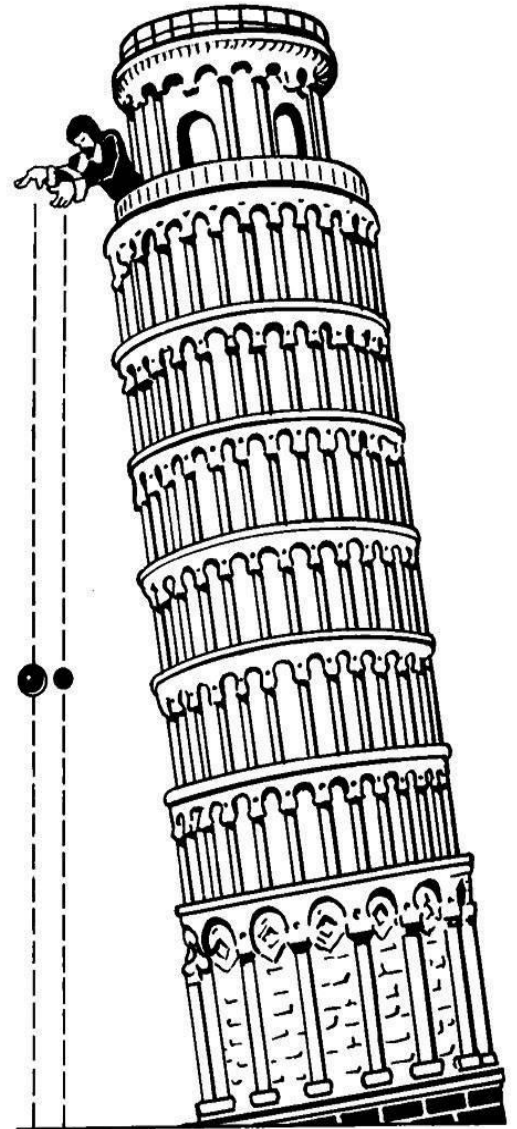
- Формула уравнения движения в координатном виде:

*Наиболее распространённый вид движения с постоянным ускорением — **свободное падение тел.***

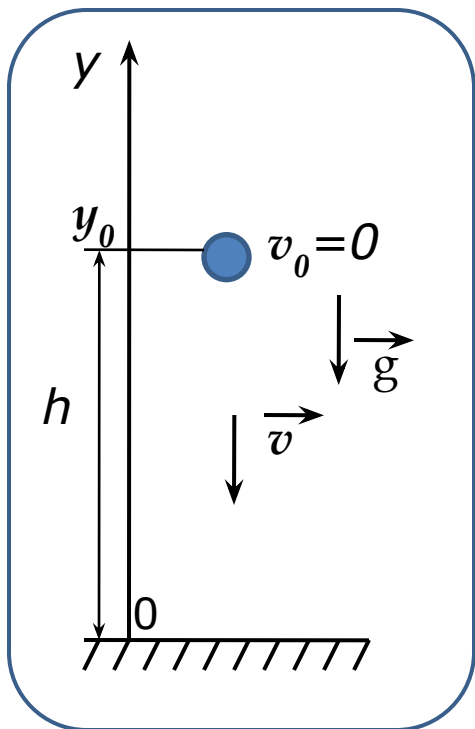
Галилей установил, что свободное падение является равноускоренным движением.

Ускорение не зависит от массы шаров

Галилей впервые доказал, что земной шар сообщает всем телам вблизи поверхности Земли одно и то же ускорение.



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

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

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

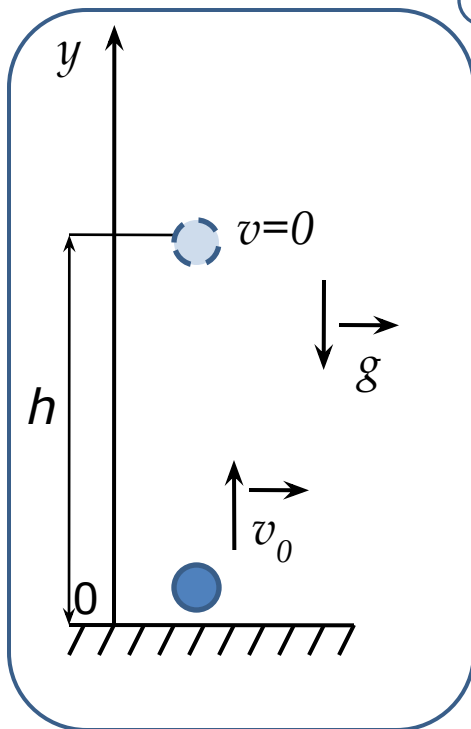
$$s_x = v_{0x} t + a_x t^2/2$$

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

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

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

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

$$0 = v_0 - gt$$

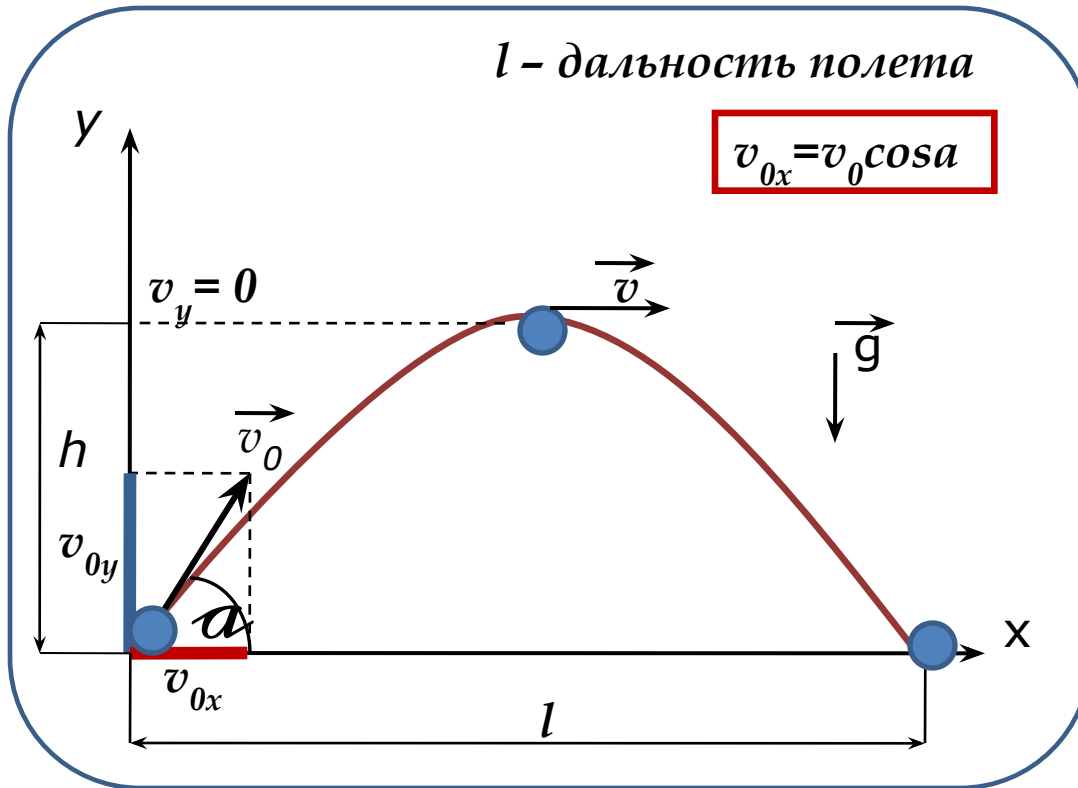
$$\boxed{v_0 = gt}$$

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

$$\boxed{y}$$

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

3. Движение тела, брошенного под углом к горизонту



По горизонтали:

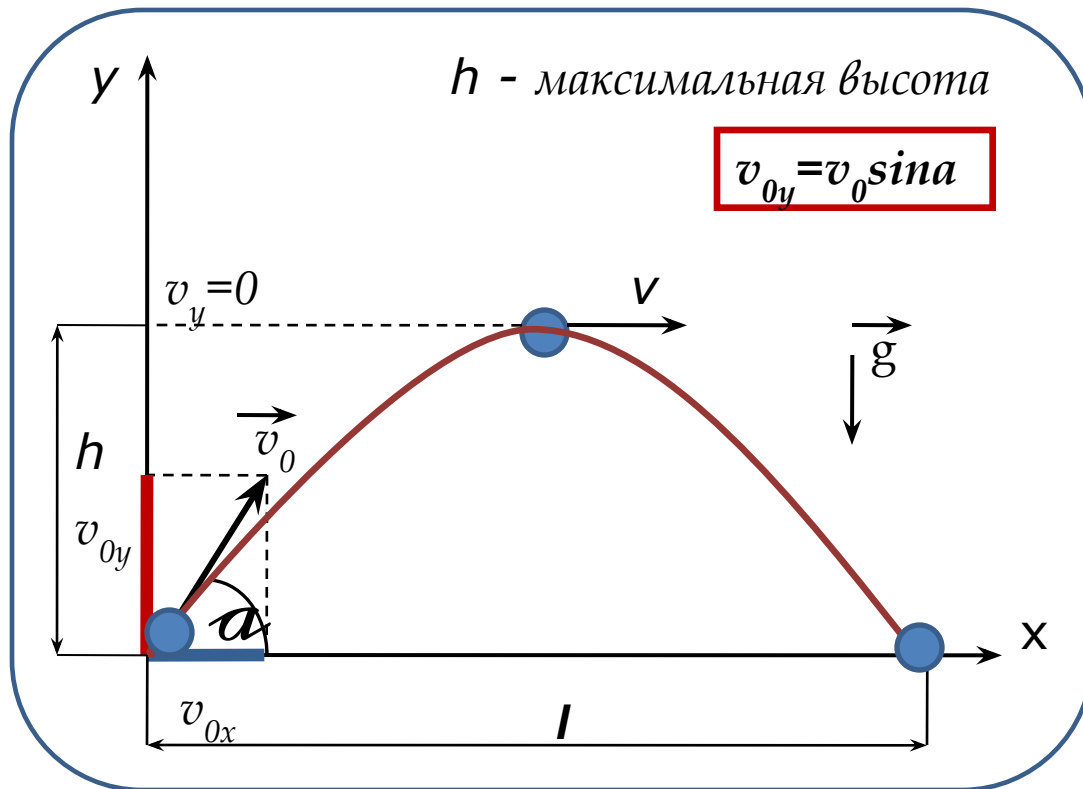
т.е. вдоль оси OX тело движется равномерно (т.к. нет ускорения) с постоянной скоростью, равной проекции начальной скорости на ось OX

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

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

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

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



По вертикали:

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

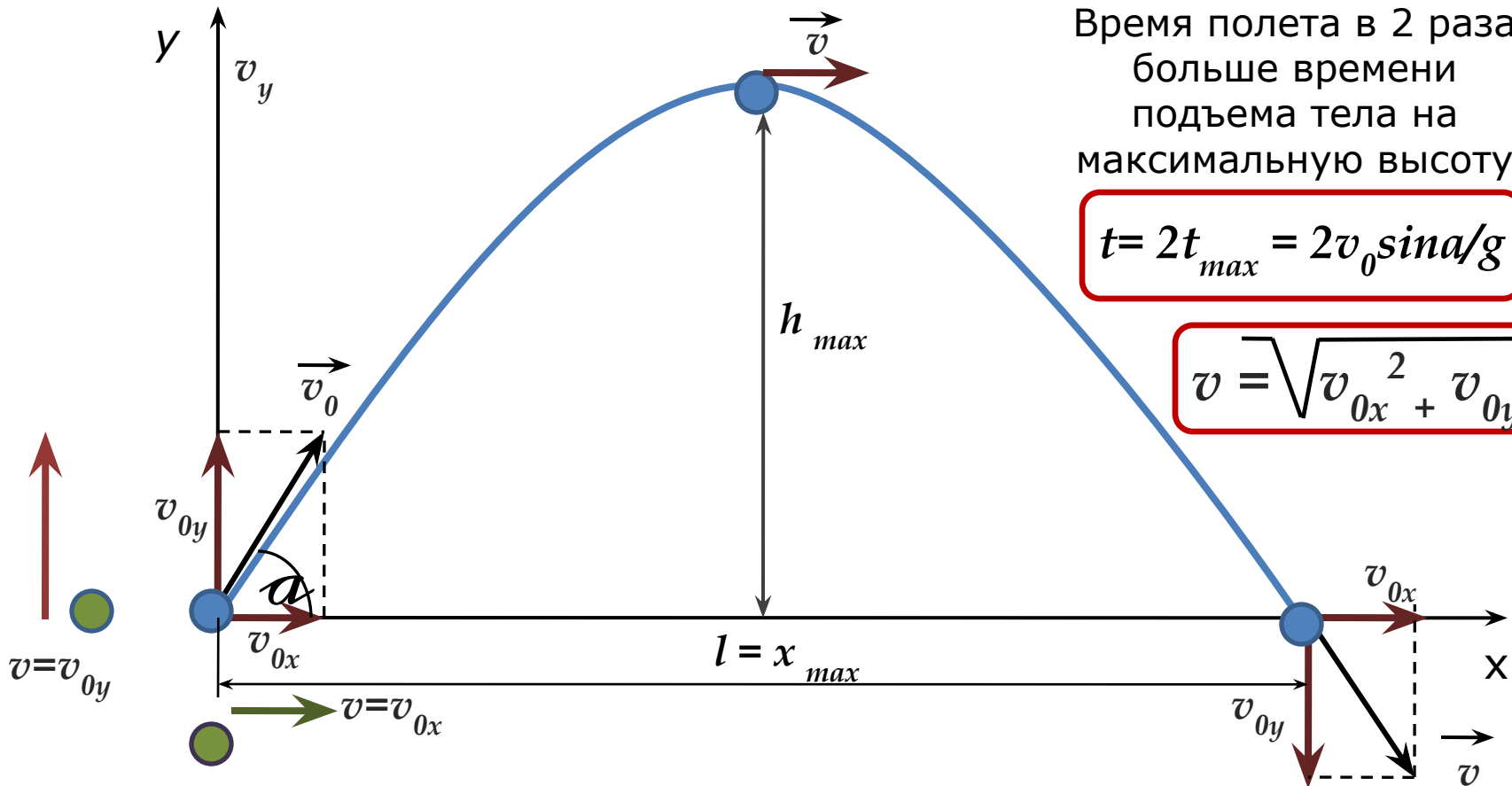
Таким образом, применимы формулы, которые мы использовали ранее для равноускоренного движения по вертикали

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

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

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

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

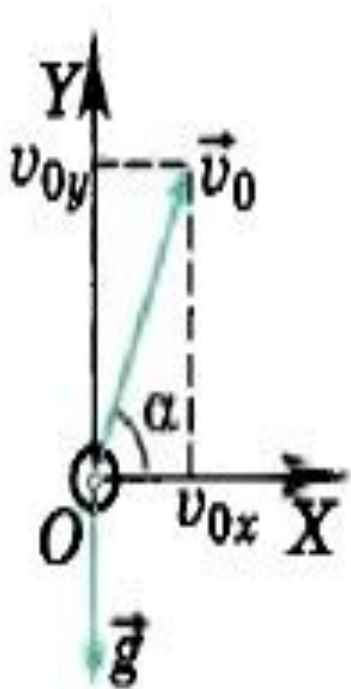
$$l = x_{max} = v_0^2 \sin 2\alpha / g$$

Движение с постоянным ускорением свободного падения

Так как ускорение свободного падения с течением времени не меняется, то движение тела в данном случае, как и любое движение с постоянным ускорением, можно описать уравнениями

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

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



Проекции вектора на оси координат:

$$t = \frac{x}{v_0 \cos \alpha}$$

$$v_{0x} = v_0 \cos \alpha, v_{0y} = v_0 \sin \alpha, a_x = 0 \text{ и } a_y = -g.$$

$$x = (v_0 \cos \alpha) t,$$

$$y = (v_0 \sin \alpha) t - \frac{gt^2}{2}.$$

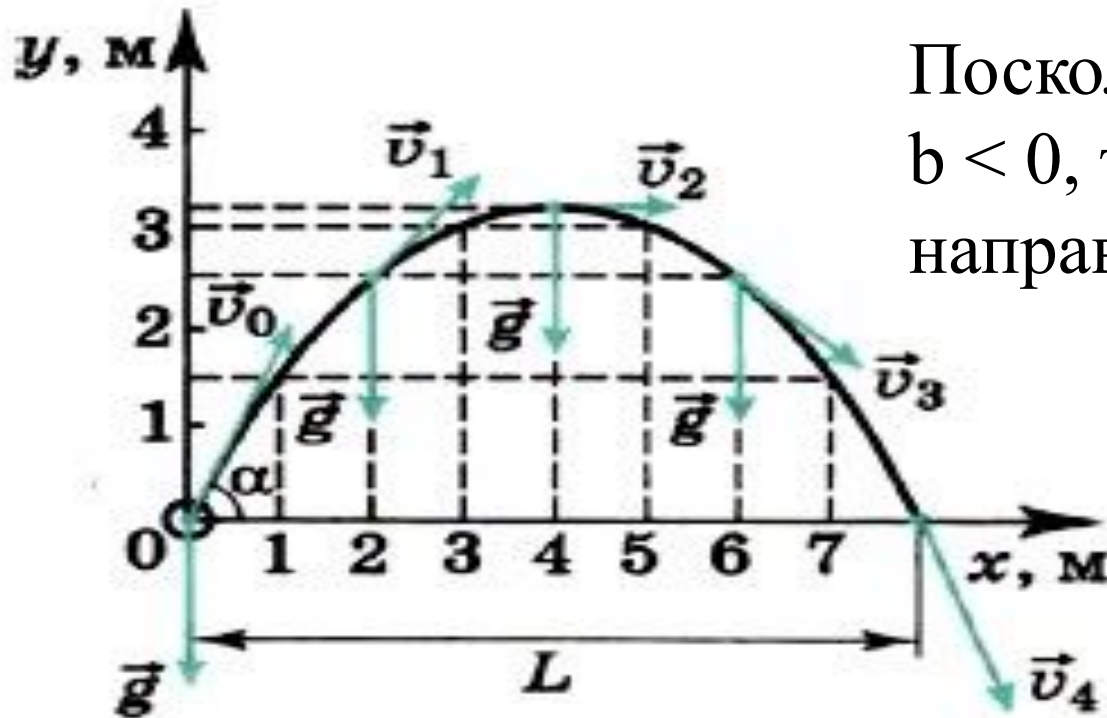
$$y = x \frac{v_0 \sin \alpha}{v_0 \cos \alpha} - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} = x \operatorname{tg} \alpha - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} x^2$$

Введём

обозначения:

$\operatorname{tg} \alpha = c$ и

$$-\frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} = b \quad \longrightarrow \quad y = bx^2 + cx$$



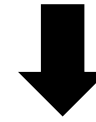
Поскольку в данном случае $b < 0$, то ветви параболы направлены вниз.

Дальность
полёта:

$$L = (v_0 \cos \alpha) t_{\text{пол.}}$$

$$t_{\text{пол.}} = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$$

При падении тела $y = 0$, отсюда

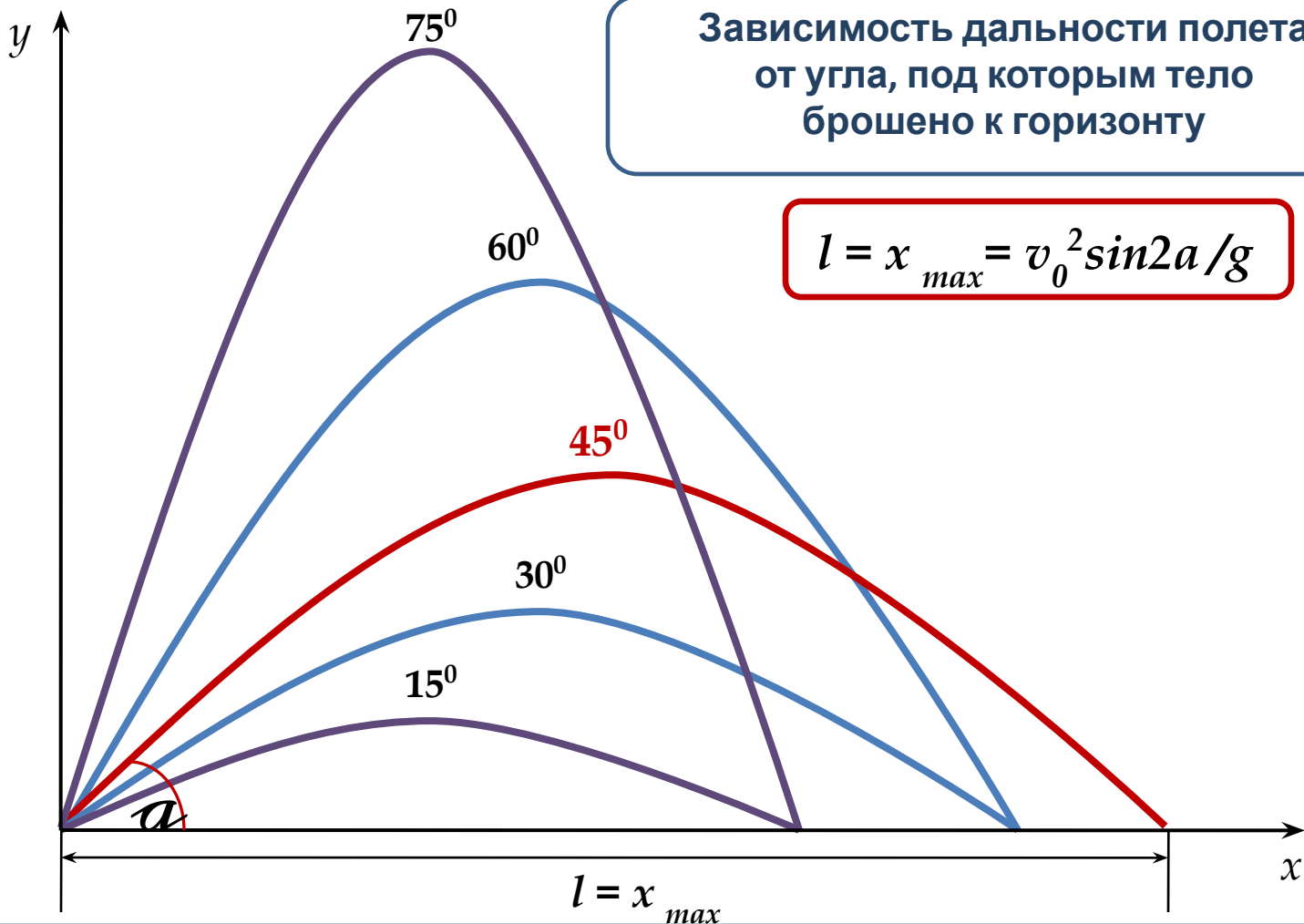


$$L = v_0 \cos \alpha \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$$t_{\text{под}} = \frac{t_{\text{пол.}}}{2} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

Движение тела, брошенного под углом к горизонту, можно рассматривать как сумму двух независимых движений — равномерного движения вдоль оси ОХ и равноускоренного движения вдоль оси ОУ.



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

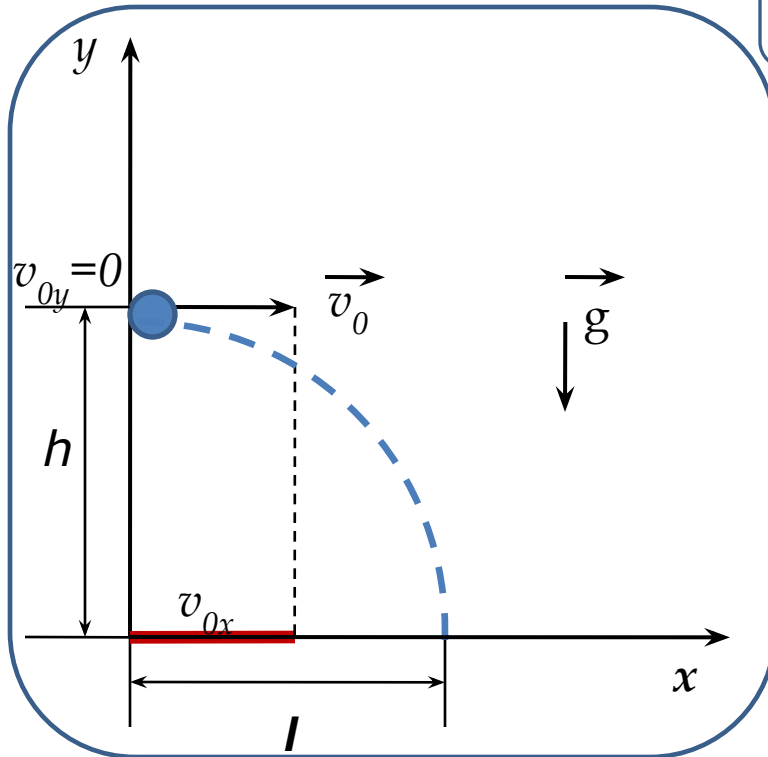
$$l = x_{max} = v_0^2 \sin 2a / g$$

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° дальность полета одинакова

4. 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:

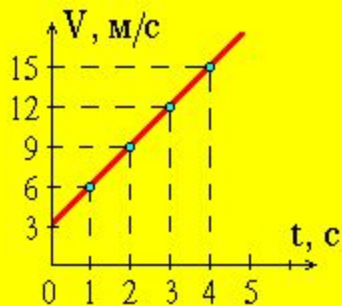
Тело свободно падает с высоты h .

Именно поэтому, применимы формулы для свободного падения:

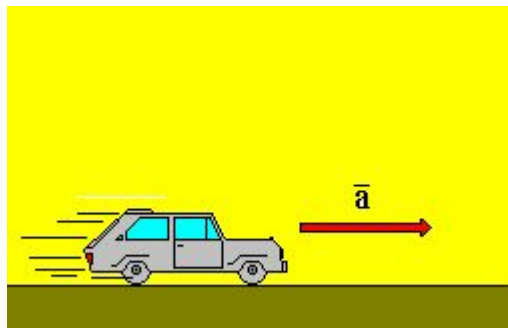
$$v = gt$$

$$h = gt^2/2$$

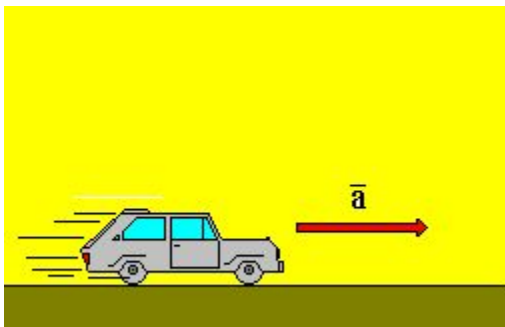
$$y = y_0 - gt^2/2$$



По графику зависимости модуля скорости от времени определите ускорение прямолинейно движущегося тела в момент времени $t = 2$ с.



При равноускоренном движении автомобиля в течение пяти секунд его скорость увеличилась от 10 до 15 м/с. Чему равен модуль ускорения автомобиля?



Автомобиль стартует с места с постоянным ускорением $a = 1$ м/с². Какой путь проходит автомобиль за первые десять секунд движения?

- Маленький стальной шарик упал с высоты 45 м. Сколько времени длилось его падение? Какое перемещение совершил шарик за первую и последнюю секунды своего движения?

Дано:

$$g \approx 10 \text{ м/с}^2$$

$$h = 45 \text{ м}$$

$$t_1 = 1 \text{ с}$$

$$\Delta t = 1 \text{ с}$$

Решение.

$$h = \frac{gt^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 45 \text{ м}}{10 \text{ м/с}^2}} = 3 \text{ с};$$

$$s_1 = \frac{gt_1^2}{2} = \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot (1 \text{ с})^2}{2} = 5 \text{ м};$$

$$s_2 = \frac{gt^2}{2} - \frac{g(t - \Delta t)^2}{2} =$$

$$= \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot (3 \text{ с})^2}{2} - \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot (3 \text{ с} - 1 \text{ с})^2}{2} = 5 \text{ м}$$

Найти t, s_1, s_2 .

Ответ: $t = 3 \text{ с}, s_1 = 5 \text{ м}, s_2 = 25 \text{ м}$.

Определите время падения монетки, если её выронили из рук на высоте 80 см над землёй. (Принять $g = 10 \text{ м/с}^2$.)

Дано:

$$g \approx 10 \text{ м/с}^2$$

$$h = 80 \text{ см} = 0,8 \text{ м}$$

Найти t .

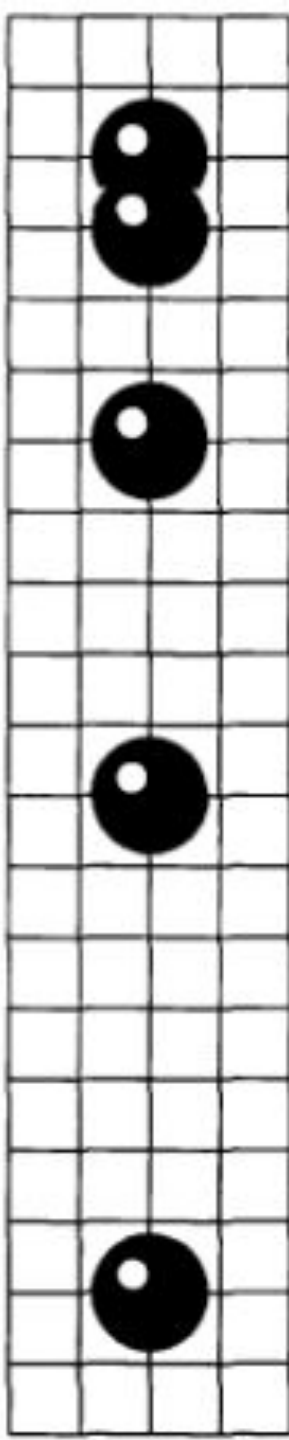
Решение.

$$h = \frac{gt^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,8 \text{ м}}{10 \text{ м/с}^2}} = 0,4 \text{ с}$$

Ответ: $t = 0,4 \text{ с}$.

- С какой высоты свободно падала сосулька, если расстояние до земли она преодолела за 4 с?

200. Найти ускорение свободного падения шарика по рисунку 31, сделанному со стробоскопической фотографии. Интервал между снимками $0,1$ с, а сторона каждого квадрата сетки на фотографии в натуральную величину равна 5 см.



№ 200. По фотографии найдем количество клеточек: 16. Значит тело протекло $S = 16 \cdot 5$ см = 80 см. Камера сделала 5 снимков. Значит время полета $t = (5 - 1) \cdot 0,1$ с = 0,4 с.

$$S = \frac{gt^2}{2}; \quad g = \frac{2S}{t^2} = \frac{2 \cdot 8 \text{ м}}{(0,4 \text{ с})^2} = 10 \text{ м/с}^2.$$