

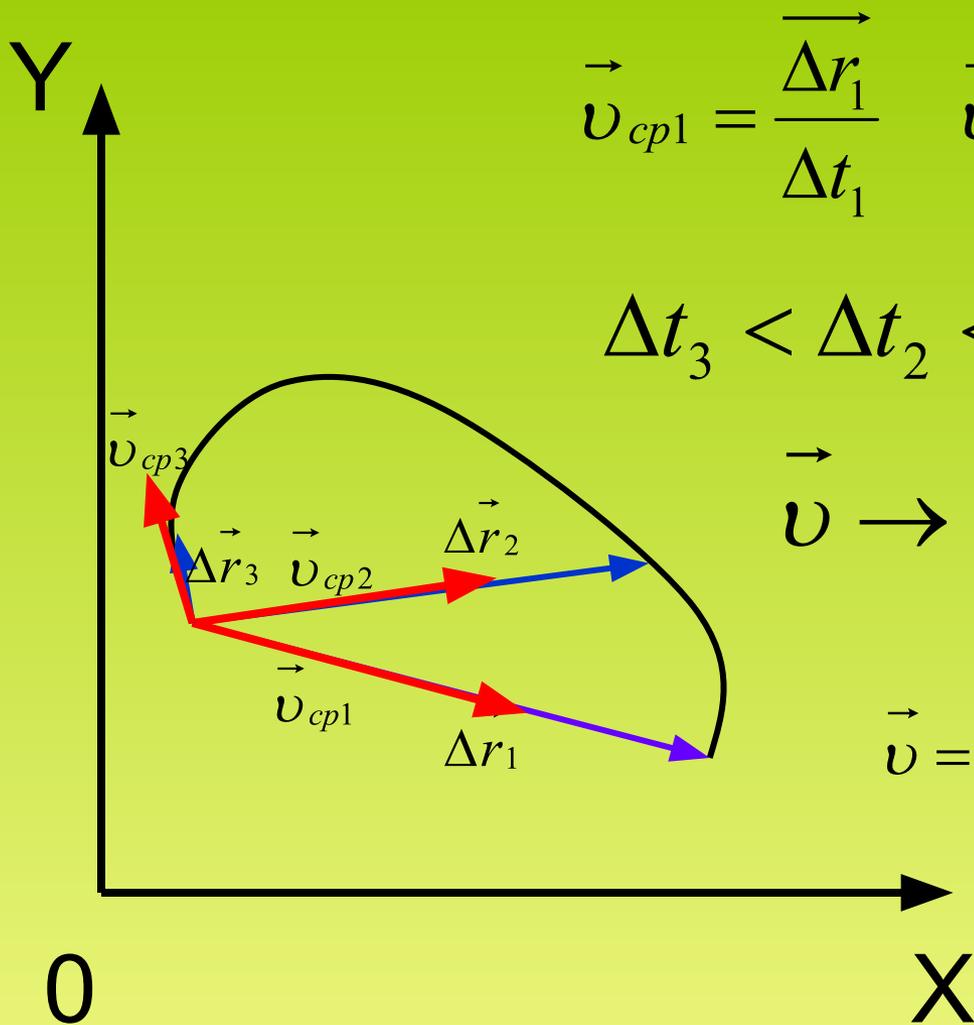
Мгновенная скорость

Скорость тела в данной точке траектории в данный момент времени называется мгновенной скоростью.

Чтобы определить мгновенную скорость нужно:

- 1. Измерить среднюю скорость за интервал времени от t до $t+\Delta t$**
- 2. Принять, что средняя скорость за этот промежуток примерно равна скорости в момент времени t .**

Чем меньше промежуток времени, тем точнее определена скорость. ($\Delta t \rightarrow 0$)



$$\vec{v}_{cp1} = \frac{\vec{\Delta r_1}}{\Delta t_1} \quad \vec{v}_{cp2} = \frac{\vec{\Delta r_2}}{\Delta t_2} \quad \vec{v}_{cp3} = \frac{\vec{\Delta r_3}}{\Delta t_3}$$

$$\Delta t_3 < \Delta t_2 < \Delta t_1 \quad \Delta t \rightarrow 0$$

$\vec{v} \rightarrow$ **к предельному значению**

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\vec{\Delta r}}{\Delta t} \quad \text{или} \quad \vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\vec{S}}{\Delta t}$$

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} \quad \vec{v} = \vec{r}'(t) \quad \text{или} \quad \vec{v} = \frac{d\vec{S}}{dt} \quad \vec{v} = \vec{S}'(t)$$

Мгновенной скоростью называется предел отношения перемещения к интервалу времени, в течение которого это перемещение произошло, если интервал времени стремится к нулю.

→

v направлена по касательной

Частный случай- равномерное прямолинейное движение: направление скорости совпадает с траекторией в направлении вектора перемещения.

$$v_X = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta X}{\Delta t} \quad v_X = \frac{dX}{dt} = X'(t)$$

$$v_Y = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta Y}{\Delta t} \quad v_Y = \frac{dY}{dt} = Y'(t)$$

$$v_Z = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta Z}{\Delta t} \quad v_Z = \frac{dZ}{dt} = Z'(t)$$

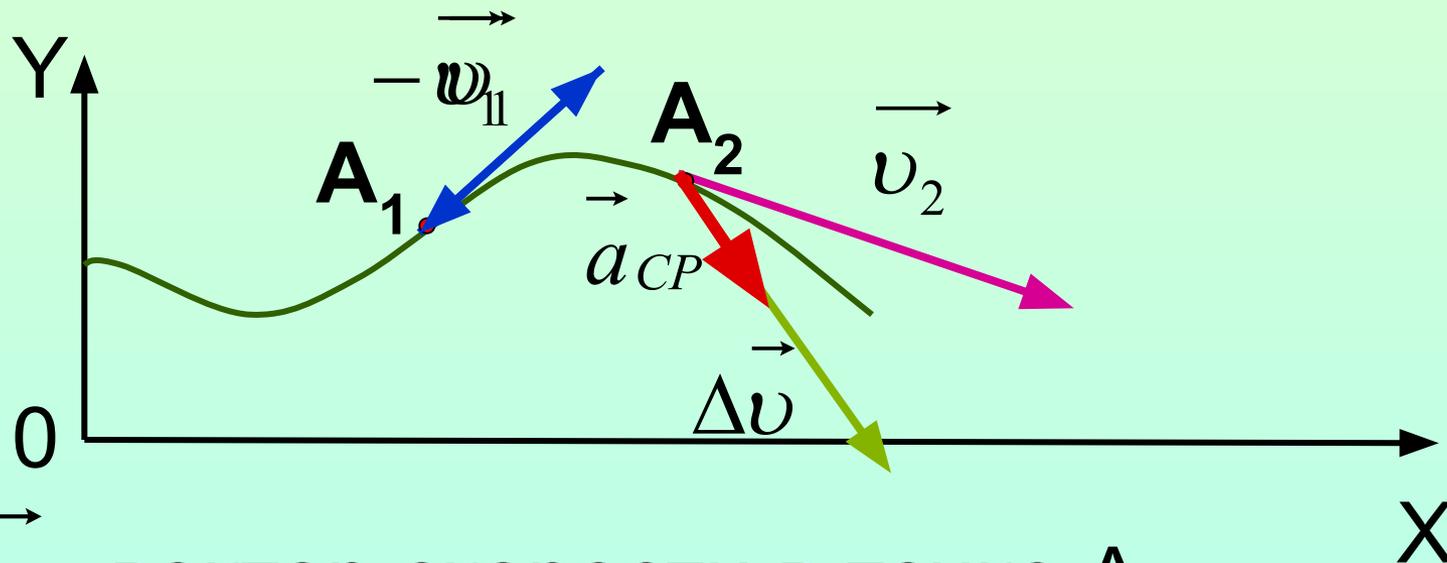
**Проекции
вектора
скорости на
координатные
оси.**

$$v = \sqrt{v_X^2 + v_Y^2 + v_Z^2}$$

Модуль вектора скорости

Ускорение

**Ускорение это величина,
характеризующая быстроту
изменения скорости.**



\vec{v}_1 вектор скорости в точке A_1

\vec{v}_2 вектор скорости в точке A_2 через промежуток времени $\Delta t = t_2 - t_1$

$\vec{\Delta v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ вектор изменения скорости

$\vec{a}_{CP} = \frac{\vec{\Delta v}}{\Delta t}$ вектор среднего ускорения за время Δt

Ускорением называется предел отношения изменения скорости $\vec{\Delta v}$ к промежутку времени Δt , в течении которого это изменение произошло, если интервал времени Δt стремится к нулю.

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \quad \text{или} \quad \vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{v}'(t)$$

Векторное уравнение при движении на плоскости эквивалентно двум уравнениям для проекций вектора \vec{a} на координатные оси

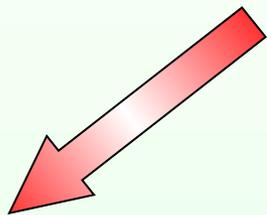
$$a_X = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v_X}{\Delta t}$$

$$a_X = \frac{dv_X}{dt} = v'_X(t)$$

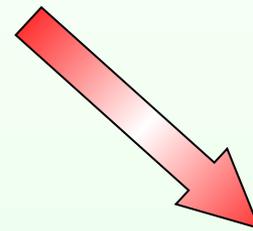
$$a_Y = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v_Y}{\Delta t}$$

$$a_Y = \frac{dv_Y}{dt} = v'_Y(t)$$

Равнопеременное движение-движение с постоянным ускорением.

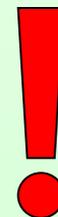


Равноускоренное-
модуль скорости
увеличивается с
течением времени.



Равнозамедленное-
модуль скорости
уменьшается с
течением времени.

Движение с постоянным ускорением
совершается в одной плоскости



$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} \text{ модуль вектора скорости}$$

$$[a] = \left[\frac{\mathcal{M}}{c^2} \right]$$

Скорость при равнопеременном движении

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t} \longrightarrow \vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$

Вектор мгновенной скорости

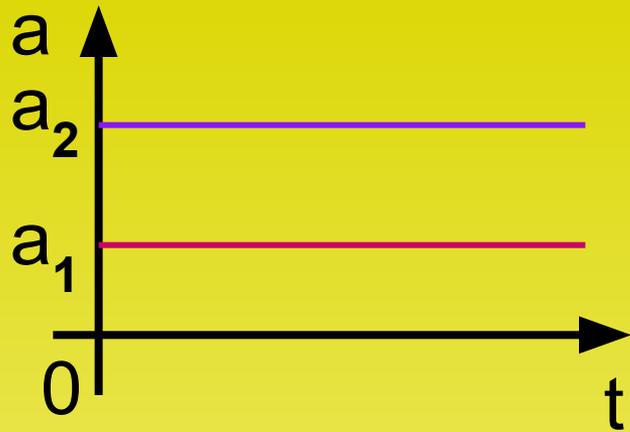
Векторное уравнение при движении на плоскости эквивалентно двум уравнениям для проекций вектора на координатные оси

$$v_X = v_{0X} + a_X t$$

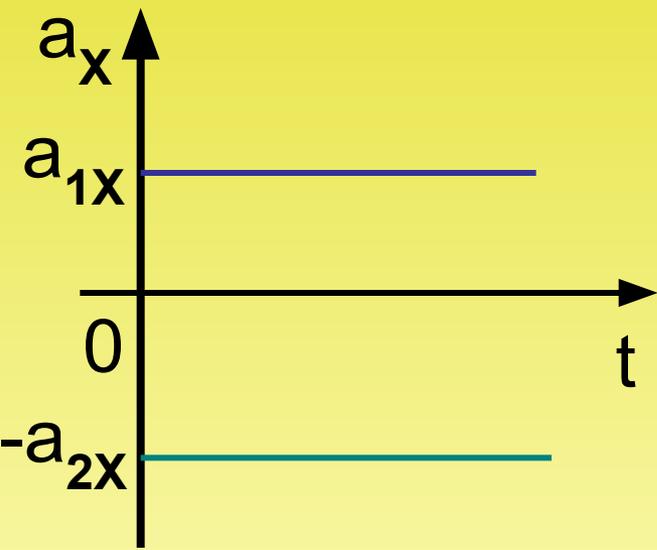
$$v_Y = v_{0Y} + a_Y t$$

Графическое представление равнопеременного движения

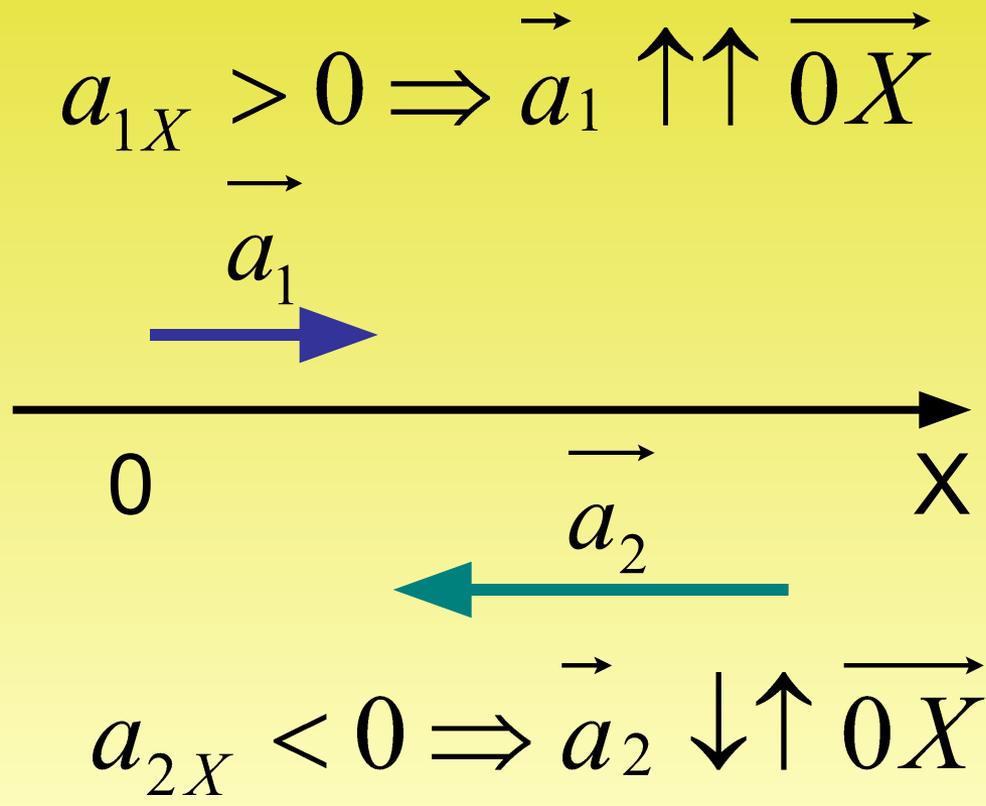
**Графики модуля и проекции
ускорения**

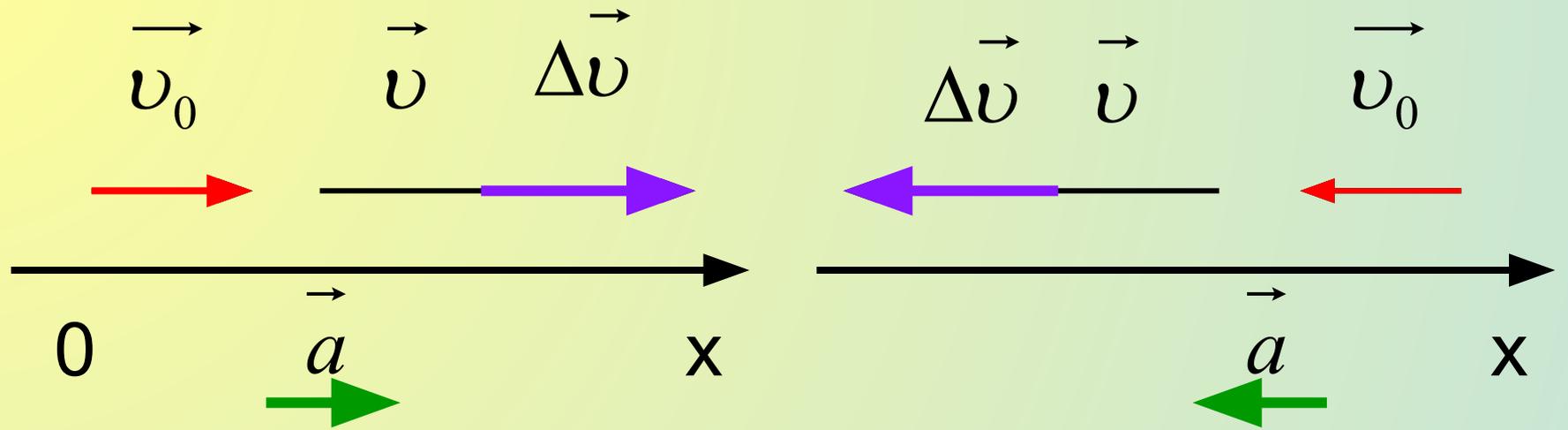


$$a_2 > a_1$$



$$a_2 > a_1$$





$$\vec{a} \uparrow \uparrow \vec{0}x \Rightarrow a_X > 0$$

$$\vec{a} \uparrow \downarrow \vec{0}x \Rightarrow a_X < 0$$

$$\vec{v} > \vec{v}_0 \Rightarrow v \uparrow$$

$$\vec{v} > \vec{v}_0 \Rightarrow v \uparrow$$

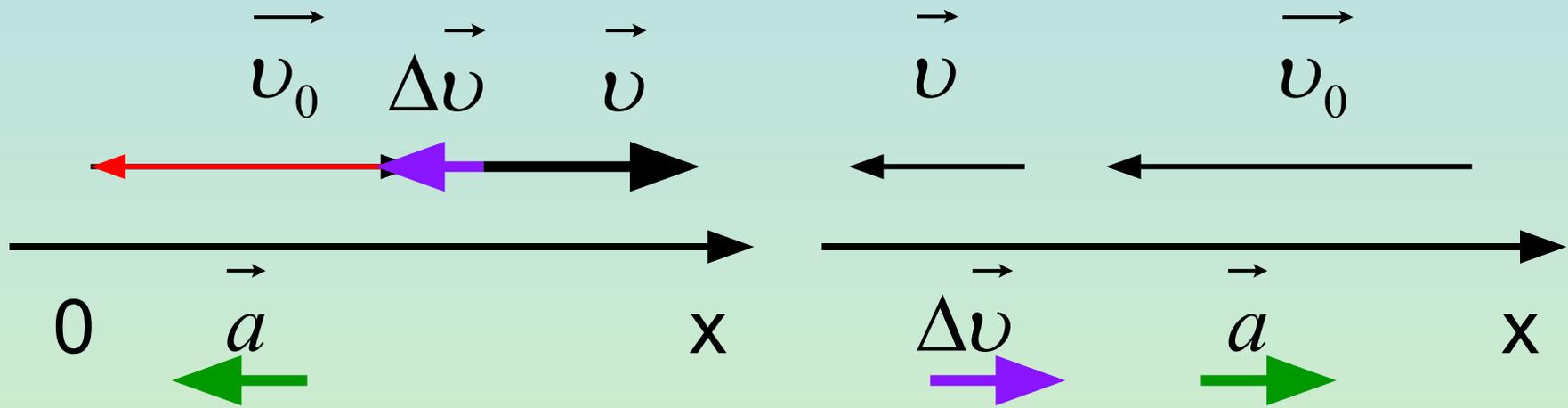
Ускоренно
e

$$\vec{a} \uparrow \uparrow \vec{v}_0$$

$$\vec{a} \uparrow \uparrow \vec{v}_0$$

$$\vec{a} \uparrow \uparrow \vec{v}_0$$

Ускоренное движение



$$\vec{a} \downarrow \uparrow \vec{0}x \Rightarrow a_x < 0$$

$$\vec{a} \uparrow \uparrow \vec{0}x \Rightarrow a_x > 0$$

$$\vec{v} < \vec{v}_0 \Rightarrow v \downarrow$$

$$\vec{v} < \vec{v}_0 \Rightarrow v \downarrow$$

Замедленное

$$\vec{a} \downarrow \uparrow \vec{v}_0$$

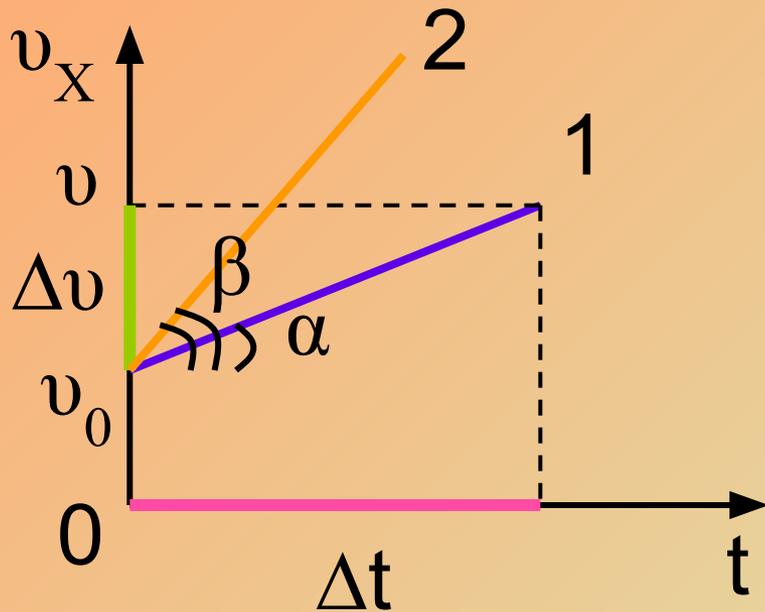
$$\vec{a} \downarrow \uparrow \vec{v}_0$$

$$\vec{a} \downarrow \uparrow \vec{v}_0$$

Замедленное движение

График зависимости проекции скорости от времени

$$v_x = v_x(t)$$



$$\alpha \uparrow \Rightarrow \operatorname{tg} \alpha \uparrow \Rightarrow a \uparrow$$

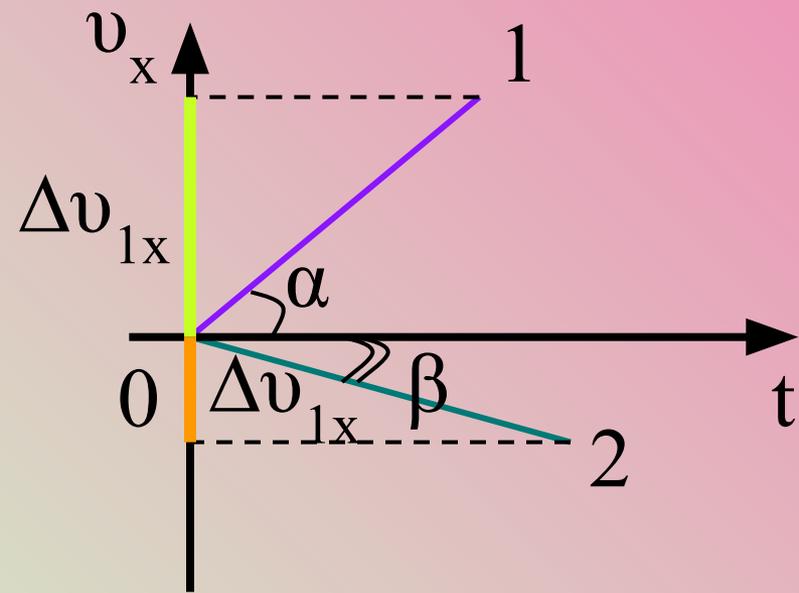
$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$



$$a = \operatorname{tg} \alpha$$

$$\left. \begin{array}{l} \angle \beta > \angle \alpha \\ \operatorname{tg} \beta > \operatorname{tg} \alpha \end{array} \right\} a_2 > a_1$$

Модуль ускорения
численно равен
тангенсу угла наклона
графика $v_x = v_x(t)$



1-е тело

$v \uparrow$

$$v_{01x} = 0$$

$$\Delta v_{1x} > 0$$

$$a_{1x} > 0$$

$$\vec{a}_1 \uparrow \uparrow \vec{0}_x$$

2-е тело

$v \uparrow$

$$v_{02x} = 0$$

$$\Delta v_{2x} < 0$$

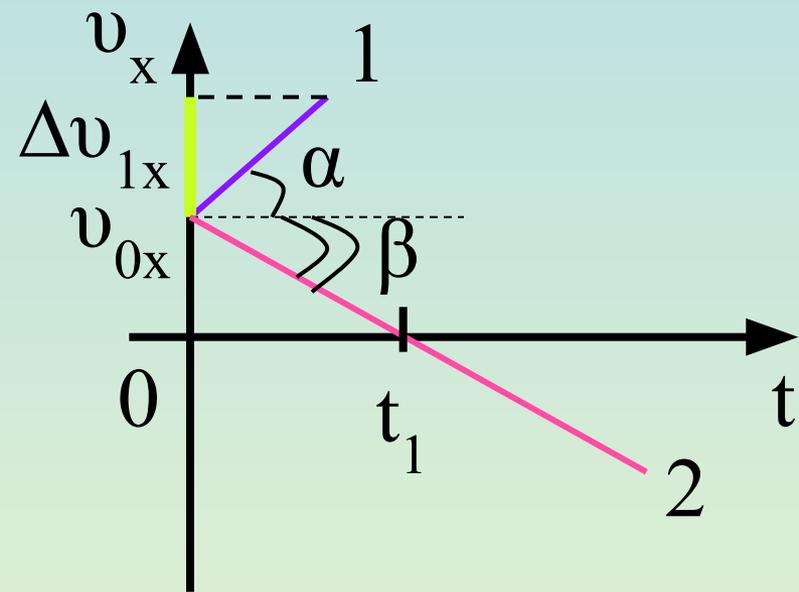
$$a_{2x} < 0$$

$$\vec{a}_2 \downarrow \uparrow \vec{0}_x$$

$$\left. \angle \beta < \angle \alpha \right\}$$

$$\left. \text{tg} \beta < \text{tg} \alpha \right\}$$

$$a_2 < a_1$$



1-е тело

$v \uparrow$

$$v_{01x} \neq 0$$

$$\Delta v_{1x} > 0$$

$$a_{1x} > 0$$

$$\vec{a}_1 \uparrow \uparrow \vec{0x}$$

2-е тело

$$v_{02x} \neq 0$$

от 0 до t_1 $v \downarrow$ от t_1 $v \uparrow$

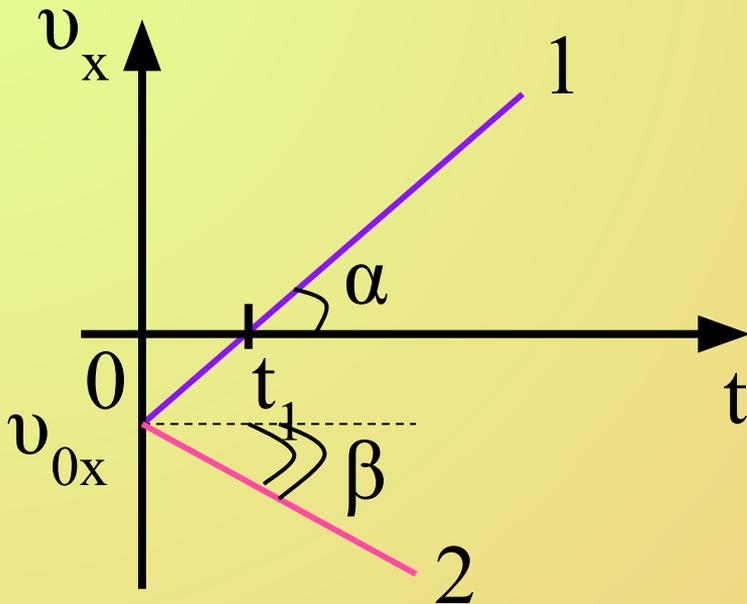
$$\Delta v_{2x} < 0$$

$$a_{2x} < 0$$

$$\vec{a}_2 \downarrow \uparrow \vec{0x}$$

$$\mathbf{в } t_1 \mathbf{ } v=0$$

$$\left. \begin{array}{l} \angle \beta < \angle \alpha \\ \operatorname{tg} \beta < \operatorname{tg} \alpha \end{array} \right\} a_2 < a_1$$



2-е тело

$v \uparrow$

$$v_{02x} \neq 0$$

$$\Delta v_{2x} < 0$$

$$a_{2x} < 0$$

$$\vec{a}_2 \downarrow \uparrow \vec{0x}$$

$$\left. \begin{array}{l} \angle \beta < \angle \alpha \\ \operatorname{tg} \beta < \operatorname{tg} \alpha \end{array} \right\} a_2 < a_1$$

1-е тело

$$v_{01x} \neq 0$$

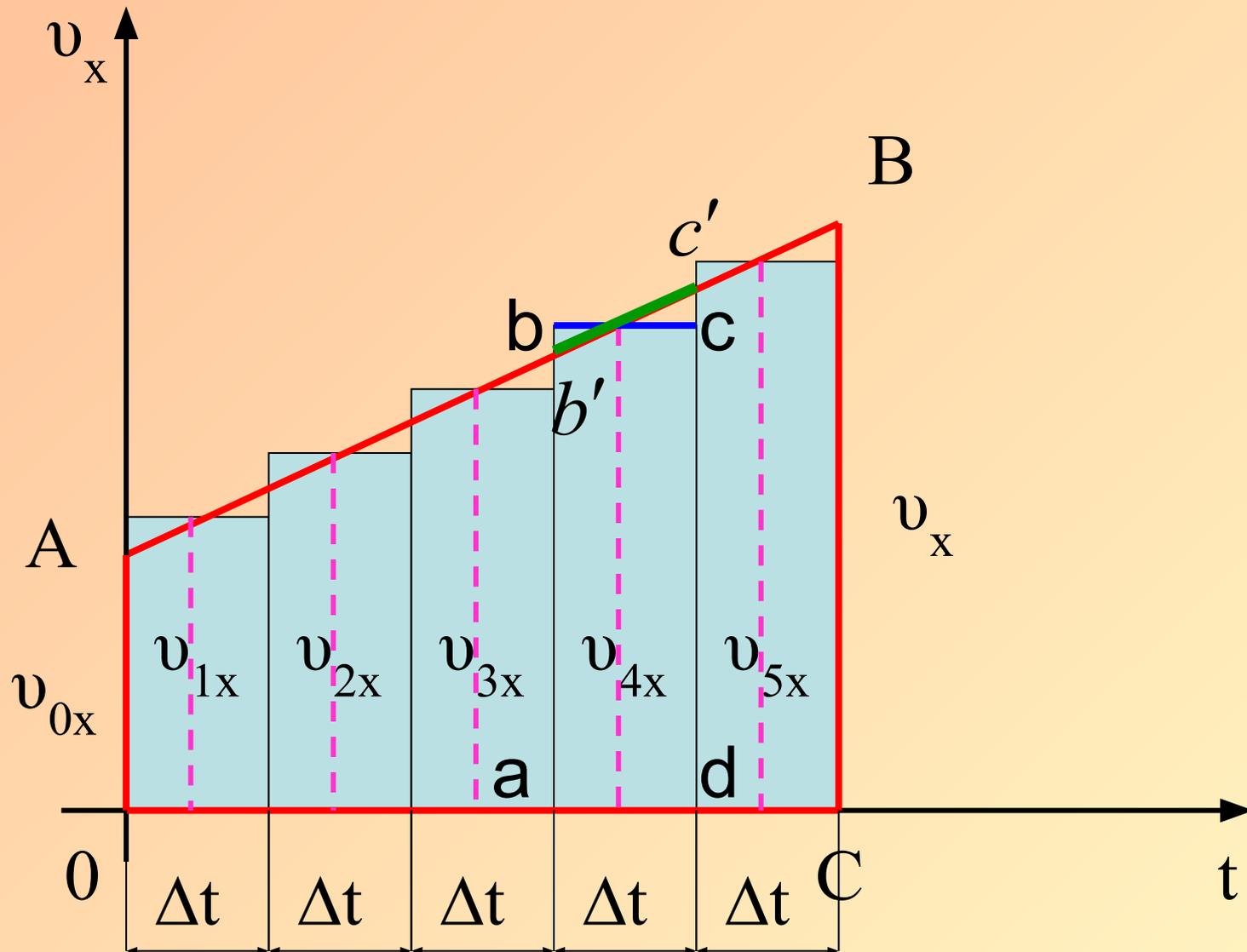
от 0 до t_1 $v \downarrow$ от t_1 $v \uparrow$

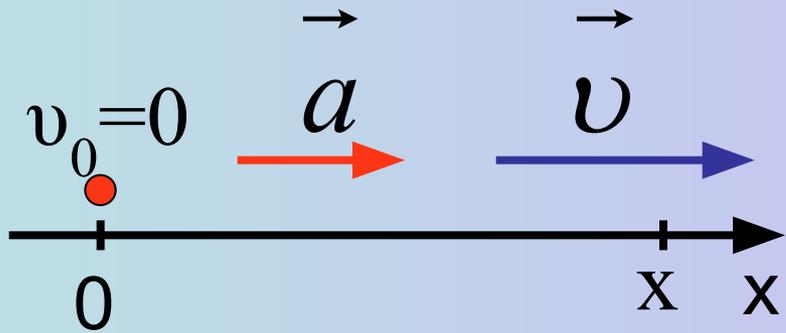
$$\Delta v_{1x} > 0$$

$$a_{1x} > 0$$

$$\vec{a}_1 \uparrow \uparrow \vec{0x}$$

в t_1 $v=0$

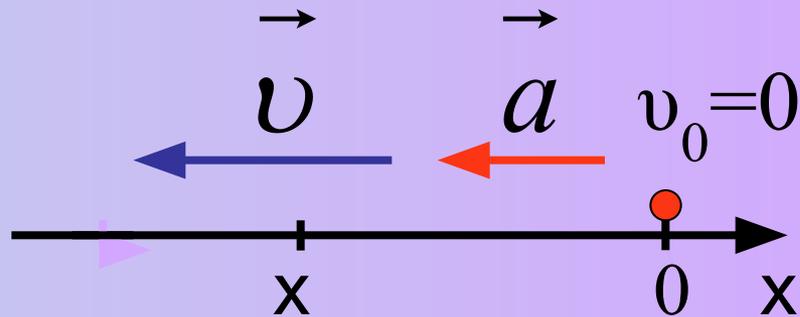
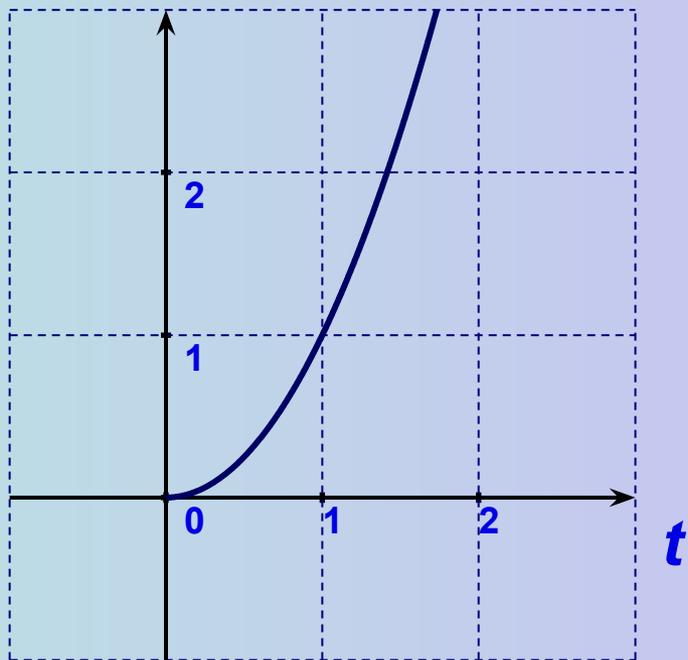




$$X_0=0$$

$$v_{0x}=0; a_x > 0;$$

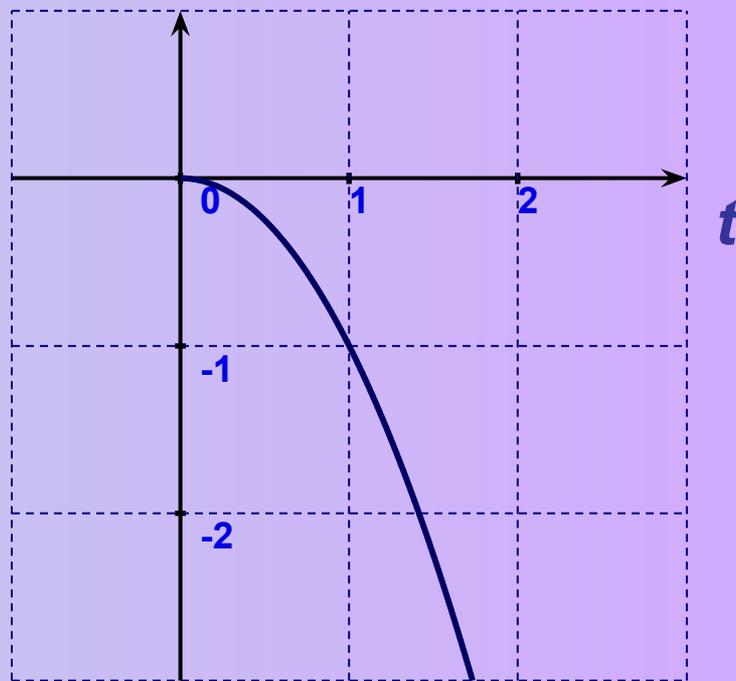
$$x = \frac{a t^2}{2}$$

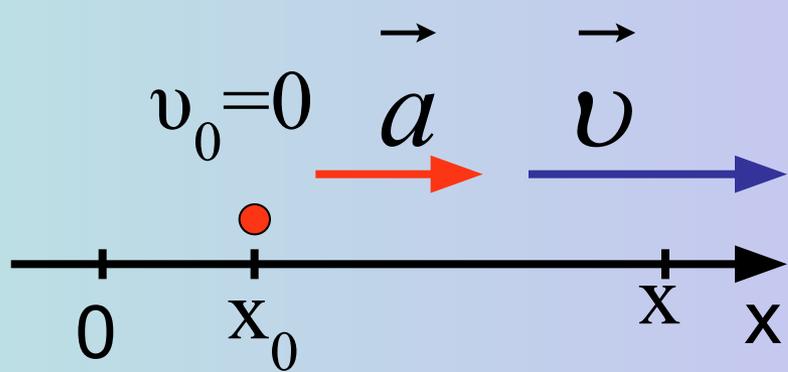


$$X_0=0$$

$$v_{0x}=0; a_x < 0;$$

$$x = -\frac{a t^2}{2}$$

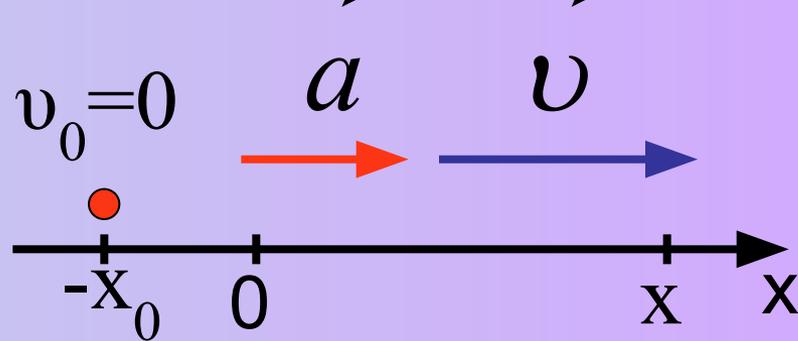
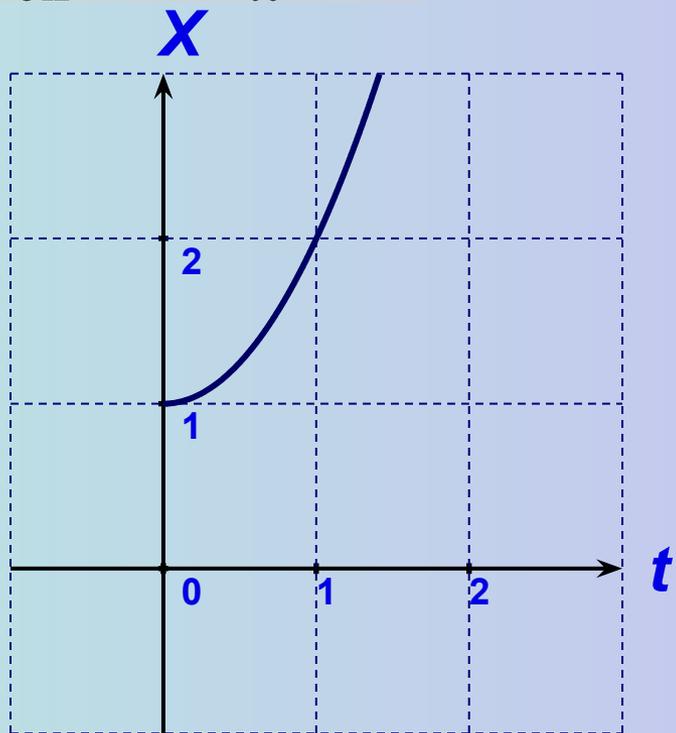




$$x_0 > 0$$

$$v_{0x} = 0; a_x > 0;$$

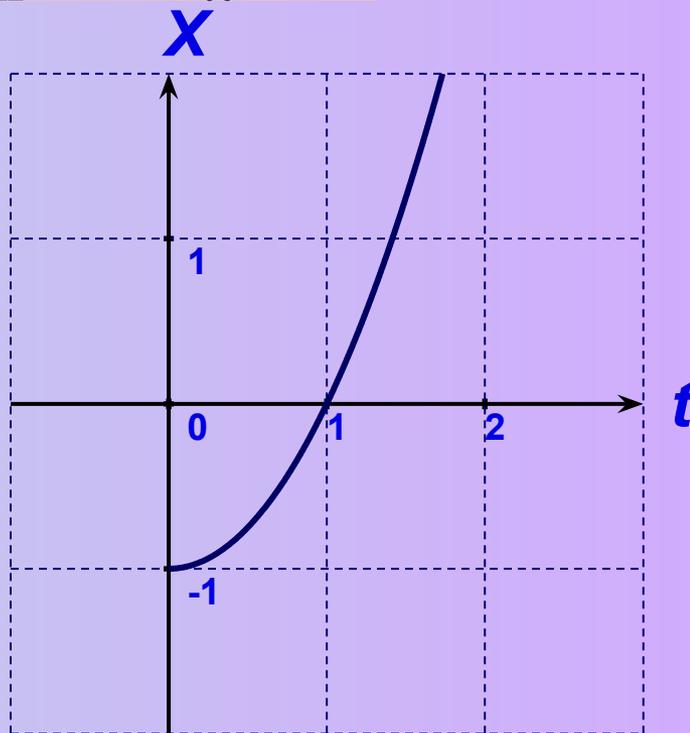
$$x = x_0 + \frac{a t^2}{2}$$

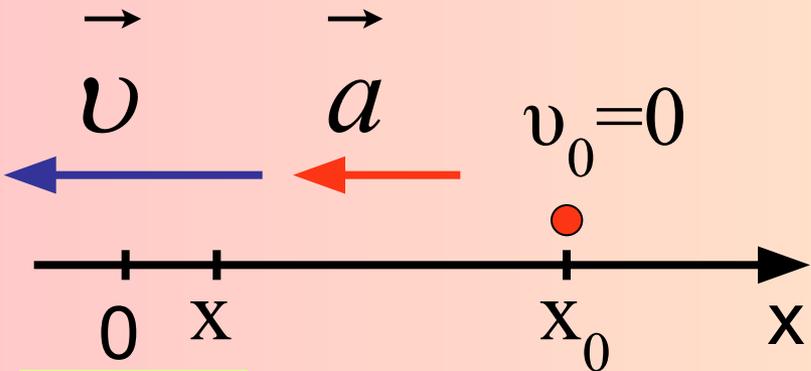


$$x_0 < 0$$

$$v_{0x} = 0; a_x > 0;$$

$$x = -x_0 + \frac{a t^2}{2}$$



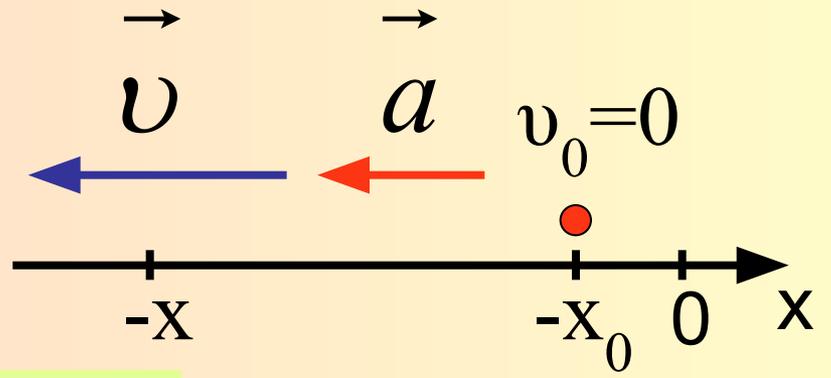
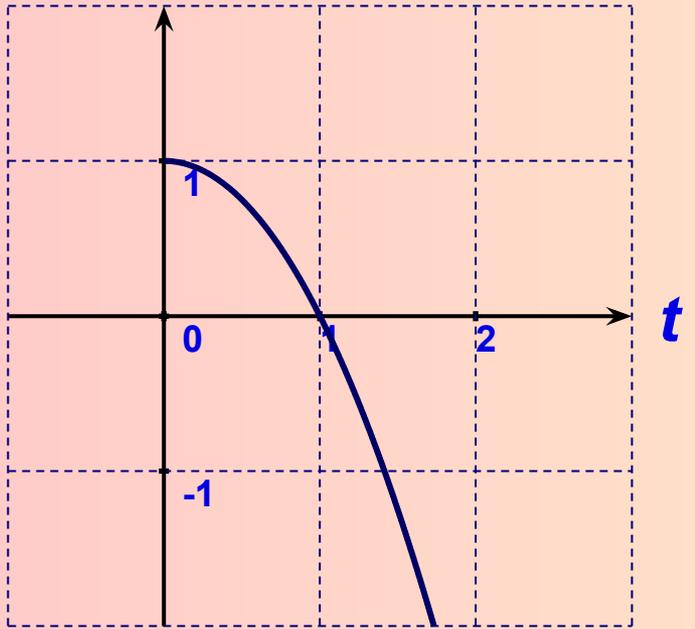


$x_0 > 0$

$v_{0x} = 0; a_x < 0;$

$$x = x_0 - \frac{a t^2}{2}$$

x

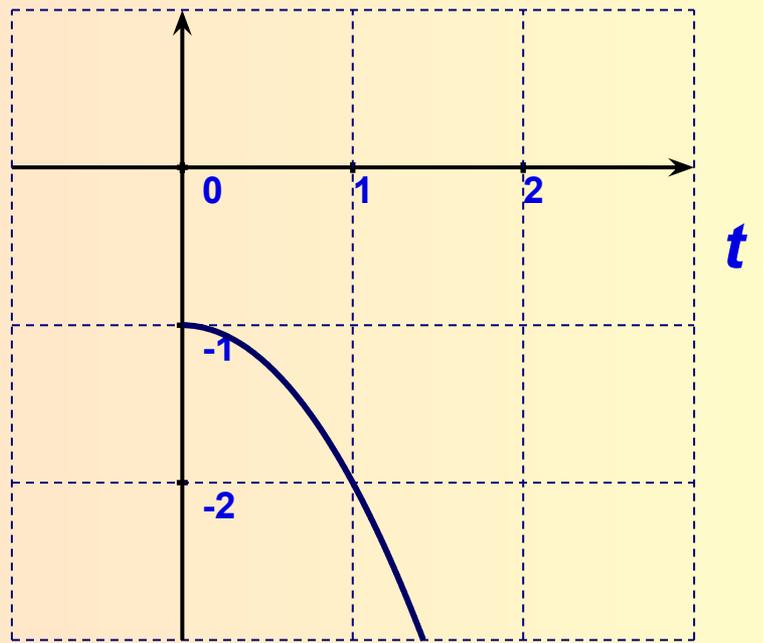


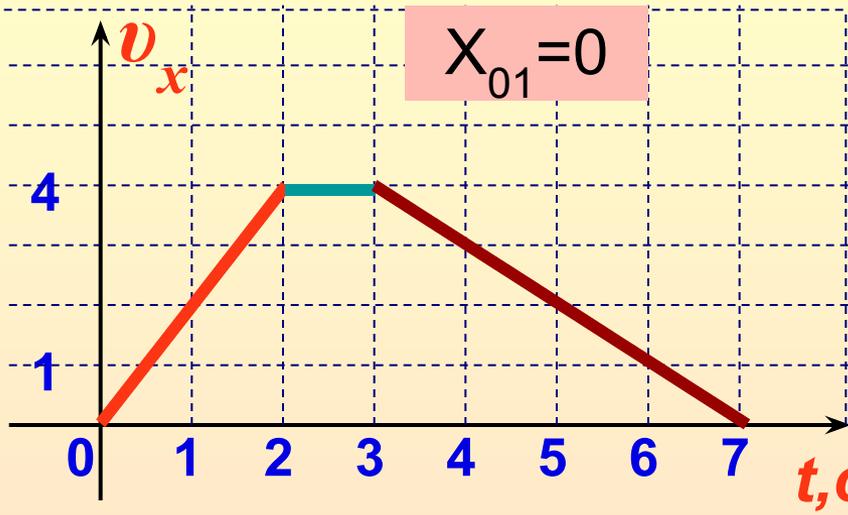
$x_0 < 0$

$v_{0x} = 0; a_x < 0;$

$$x = -x_0 - \frac{a t^2}{2}$$

x

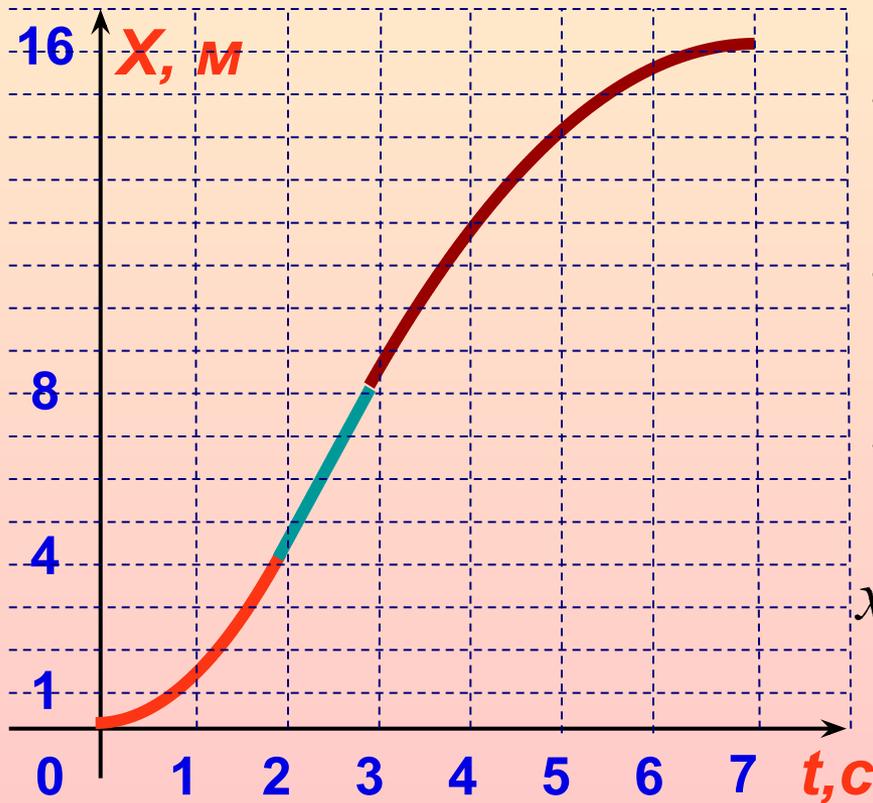




$$v_{01x} = 0, x_{01} = 0 \quad x_1 = x_{02} \quad x_2 = x_{03}$$

$$a_{1x} = \frac{v_{2x} - v_{01x}}{t_1} \quad a_{3x} = \frac{v_{3x} - v_{2x}}{t_3}$$

$$a_{1x} = \frac{4 \frac{M}{c} - 0 \frac{M}{c}}{2c} = 2 \frac{M}{c^2} \quad a_{3x} = \frac{0 \frac{M}{c} - 4 \frac{M}{c}}{4c} = -1 \frac{M}{c^2}$$



$$x_1 = 1t^2 \quad x_1 = 1 \frac{M}{c^2} 4c^2 = 4M$$

$$x_2 = 4 + 4t \quad x_2 = 4M + 4 \frac{M}{c} 1c = 8M$$

$$x_3 = 8 + 4t - 0,5t^2$$

$$x_3 = 8M + 4 \frac{M}{c} 4c - 0,5 \frac{M}{c^2} 16c^2 = 16M$$

Работу выполнили:

**Игошин
Александр
Владимирович**



**Алейникова
Татьяна
Владимировна**

