

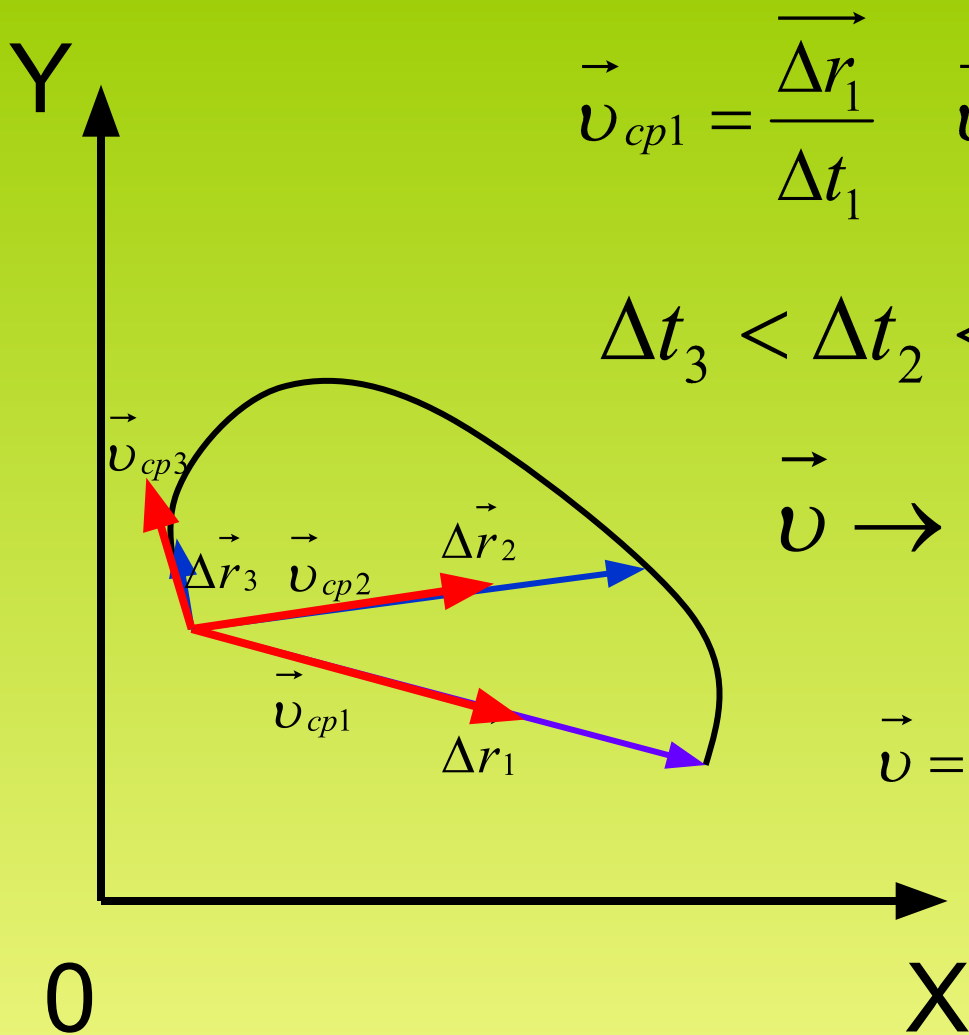
# Мгновенная скорость

**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.**

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

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

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

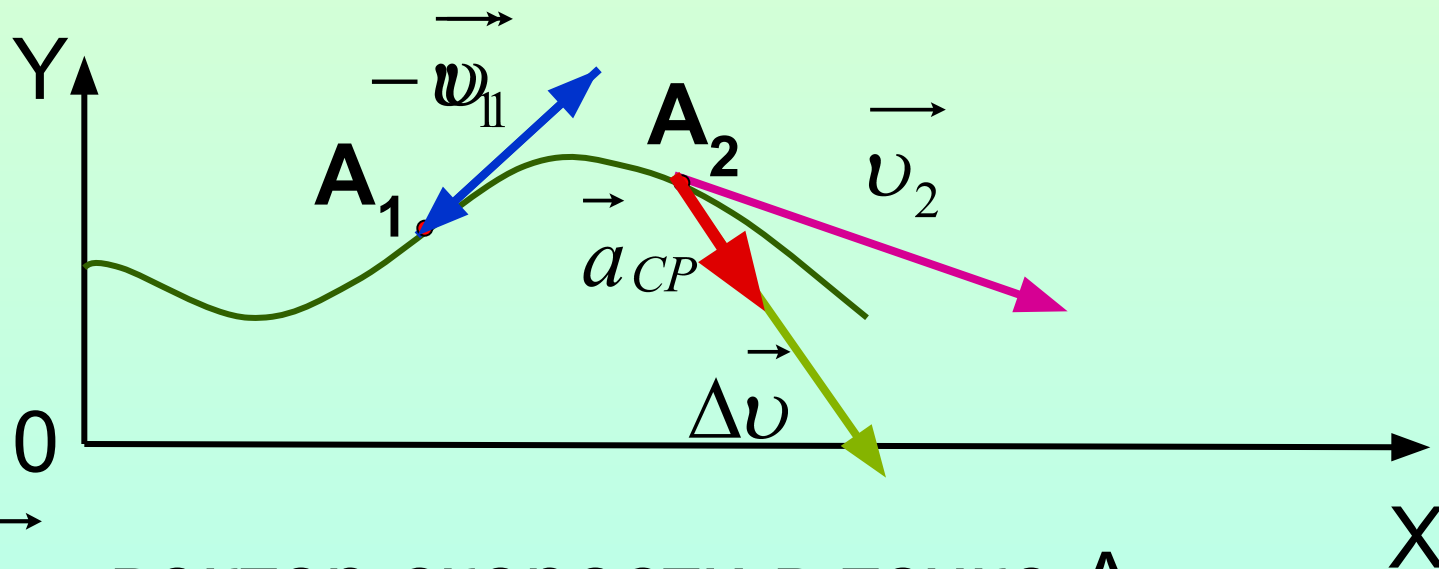
**Проекции  
вектора  
скорости на  
координатные  
оси.**

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

**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  $\Delta t$

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

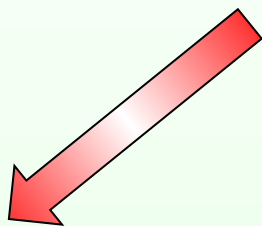
$$a_X = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v_X}{\Delta t}$$

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

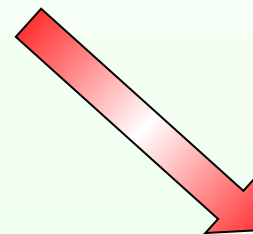
$$a_Y = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v_Y}{\Delta t}$$

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

# 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

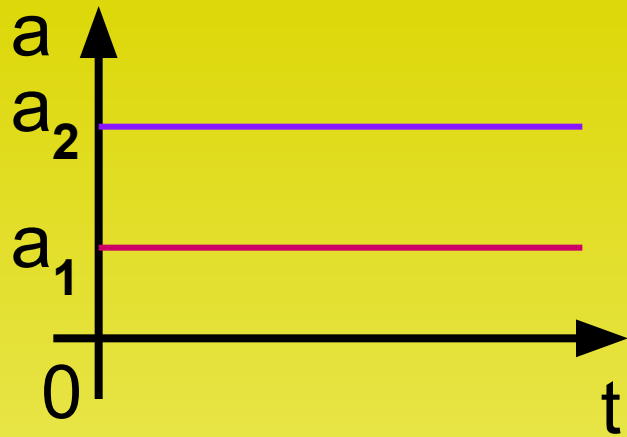
Векторное уравнение при движении на плоскости эквивалентно двум уравнениям для проекций вектора на координатные оси

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

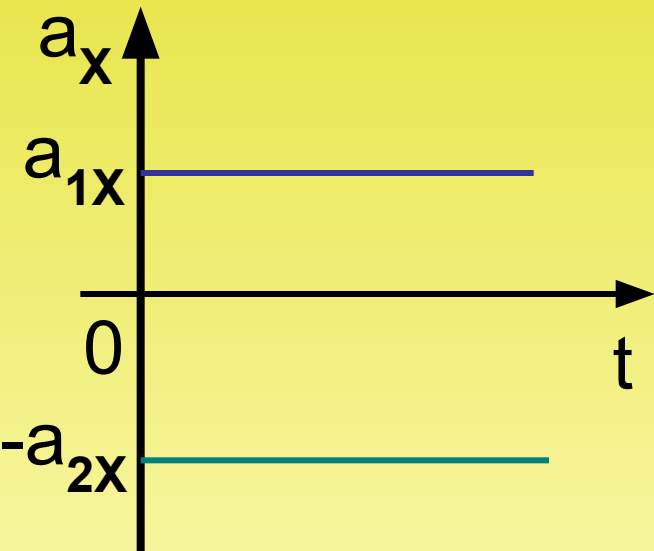
$$v_Y = v_{0Y} + a_Y t$$

# **Графическое представление равнопеременного движения**

**Графики модуля и проекции  
ускорения**

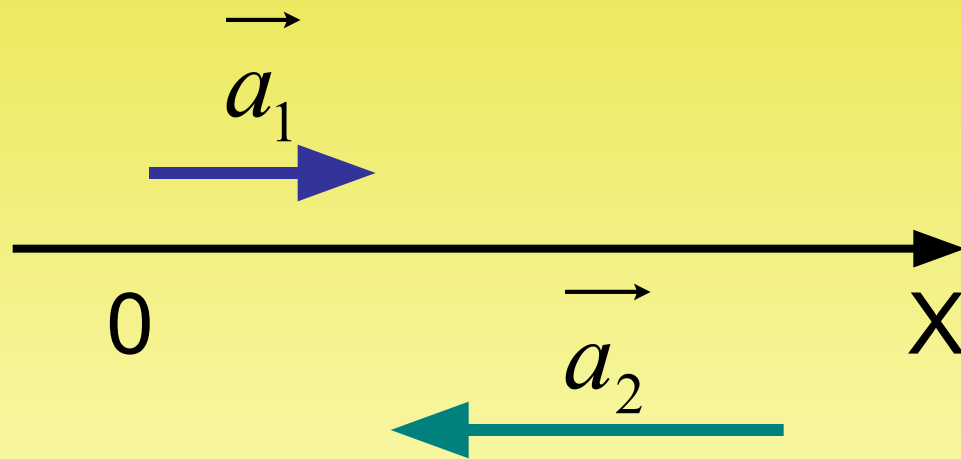


$$a_2 > a_1$$

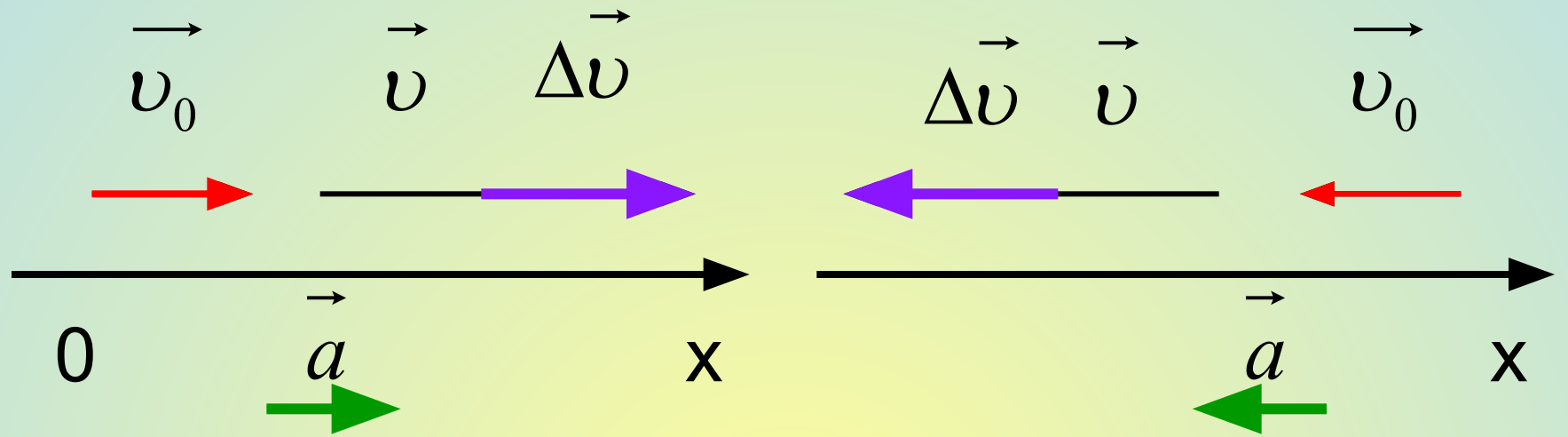


$$a_2 > a_1$$

$$a_{1X} > 0 \Rightarrow \vec{a}_1 \uparrow \uparrow \overrightarrow{0X}$$



$$a_{2X} < 0 \Rightarrow \vec{a}_2 \downarrow \uparrow \overrightarrow{0X}$$



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

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

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

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

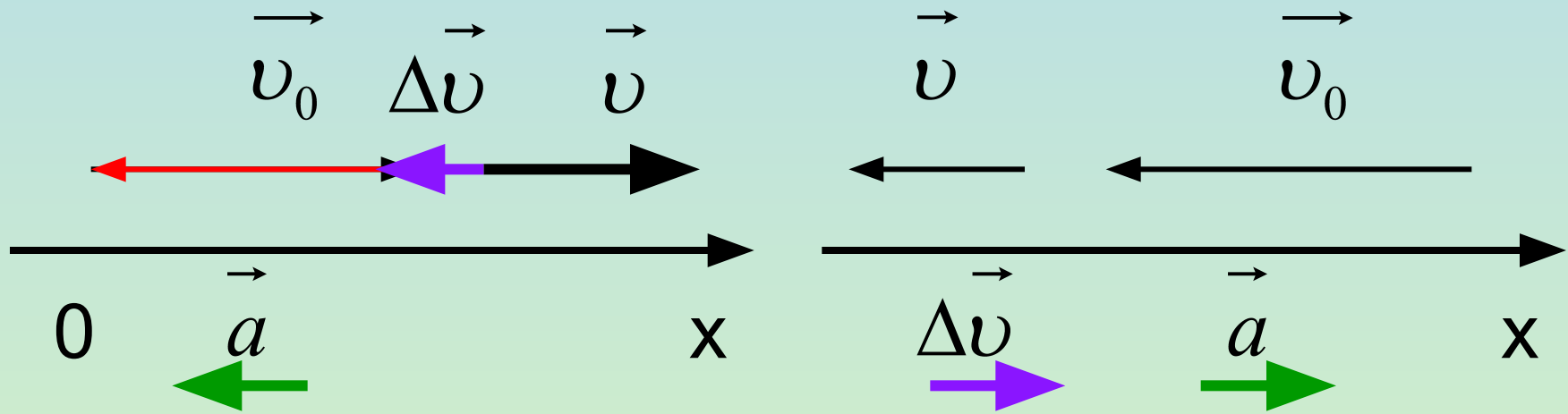
**Ускоренное**

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

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

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

**Ускоренное движение**



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

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

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

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

**Замедленно**  
**e**

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

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

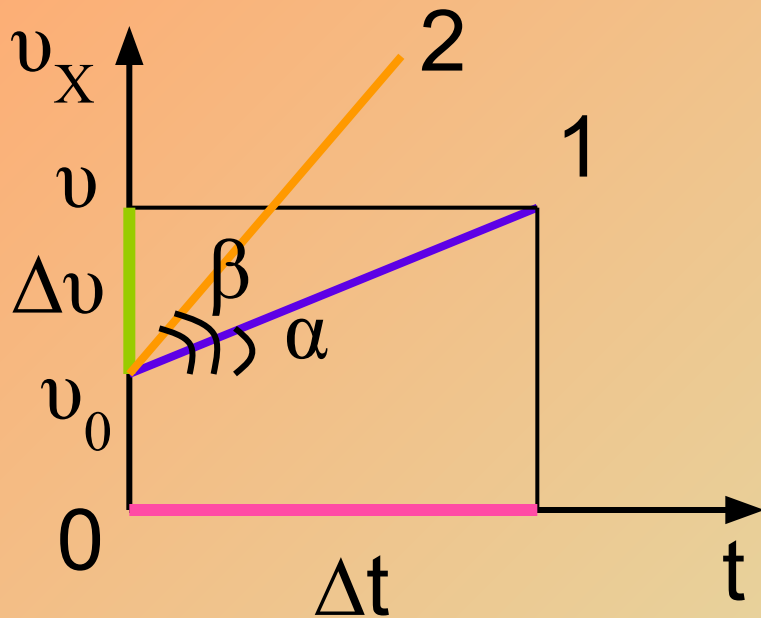
$$\vec{a} \downarrow \uparrow \vec{v}_0$$

**Замедленное движение**



# График зависимости проекции скорости от времени

$$v_x = v_x(t)$$



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

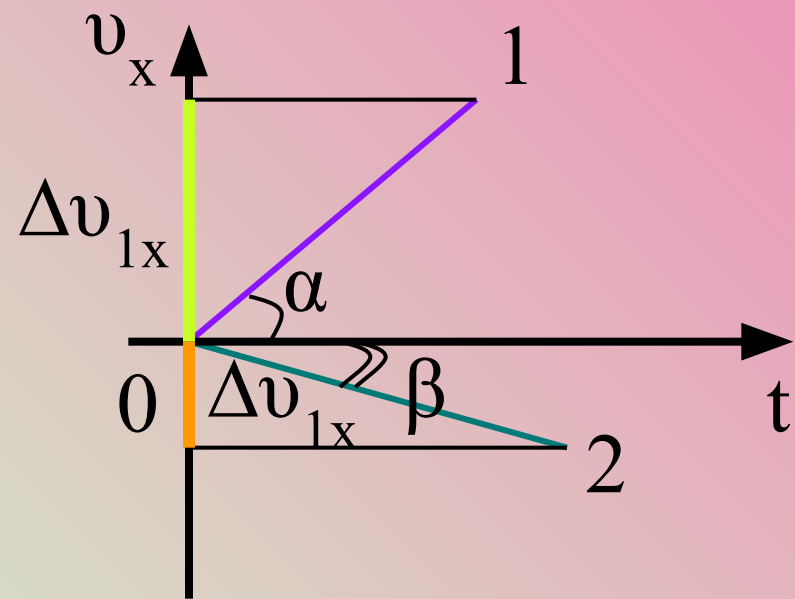
$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$



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

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

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

$v \uparrow$

$$v_{02x} = 0$$

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

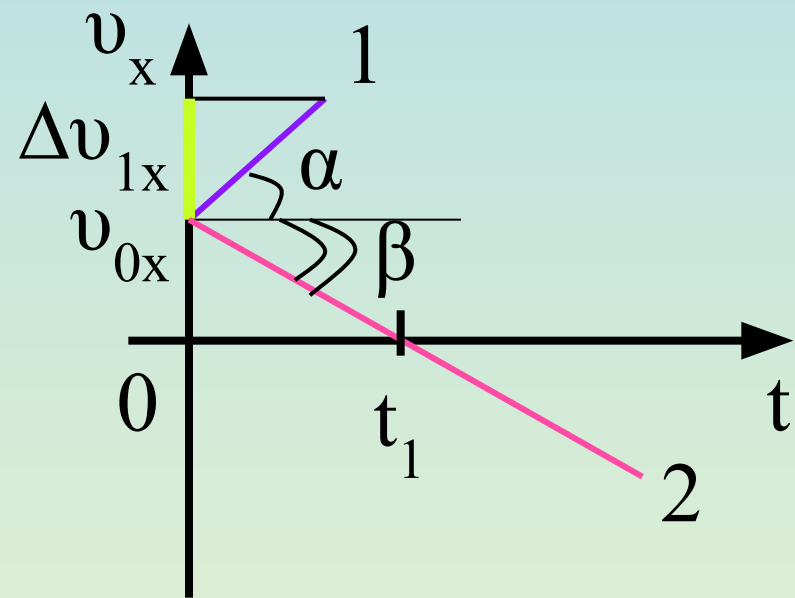
$$a_{2x} < 0$$

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

$$\angle \beta < \angle \alpha$$

$$tg \beta < tg \alpha$$

$$a_2 < a_1$$



### 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  $t_1$   $v \uparrow$

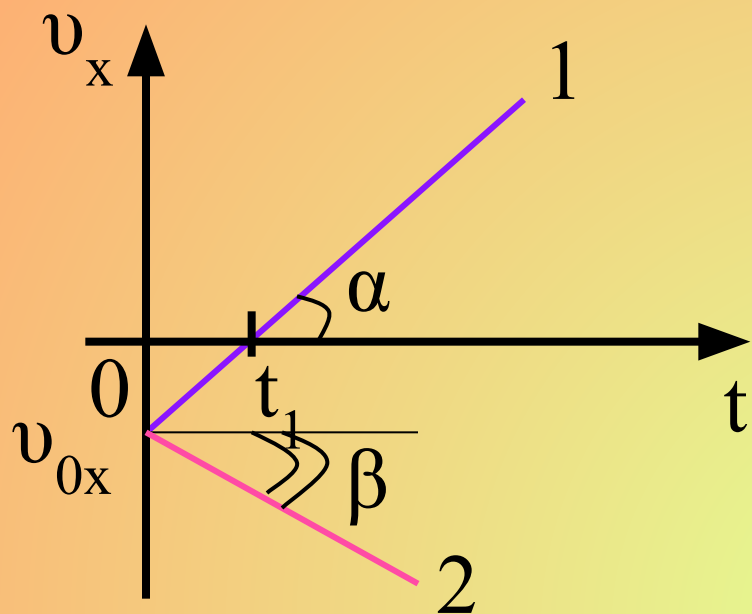
$$\Delta v_{2x} < 0$$

$$a_{2x} < 0$$

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

**в  $t_1$   $v=0$**

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



### 2-е тело

$v \uparrow$

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

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

$$a_{2x} < 0$$

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

### 1-е тело

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

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

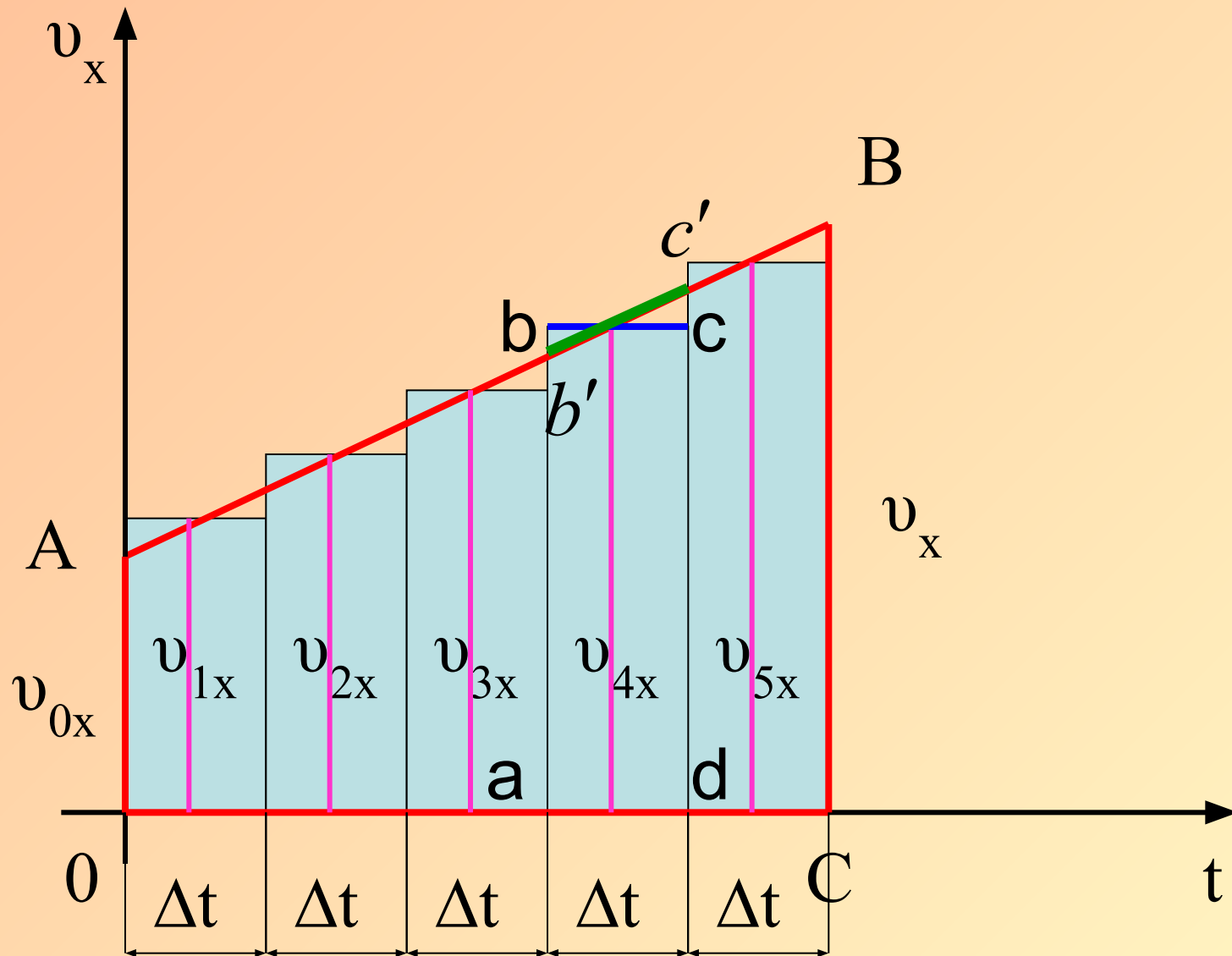
$$\Delta v_{1x} > 0$$

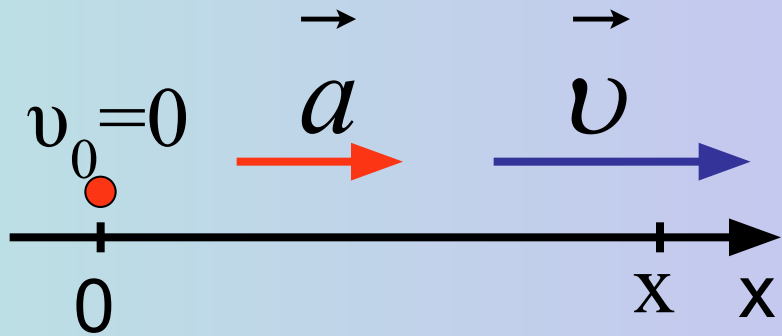
$$a_{1x} > 0$$

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

**в  $t_1$   $v=0$**

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



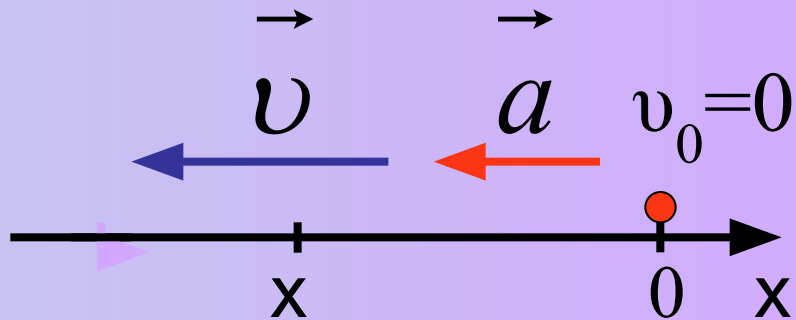
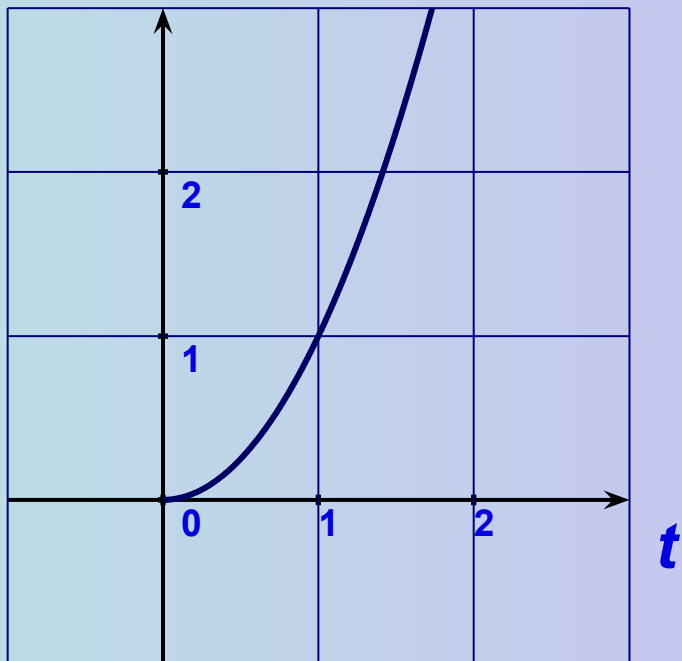


$$X_0=0$$

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

$x$

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

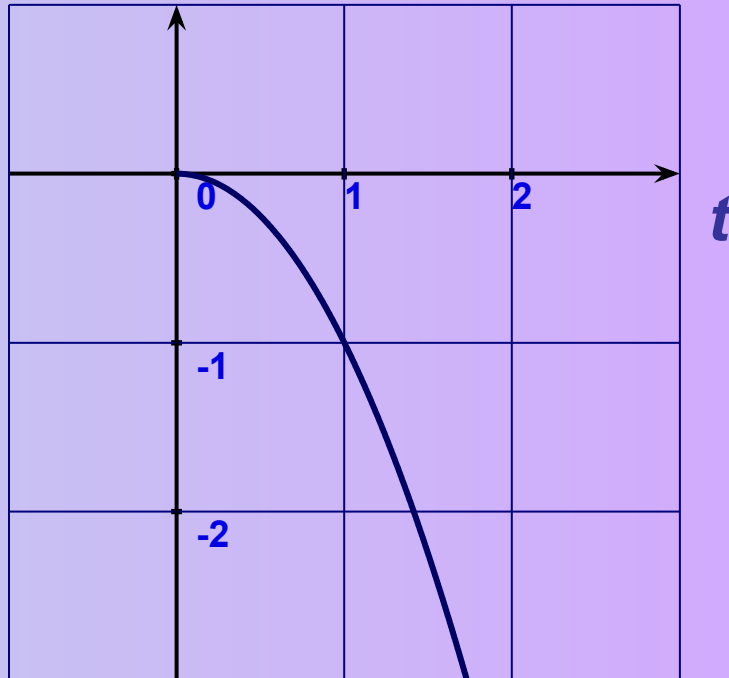


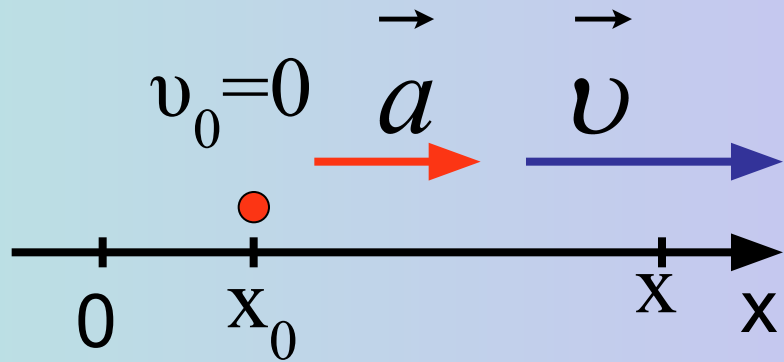
$$X_0=0$$

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

$x$

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

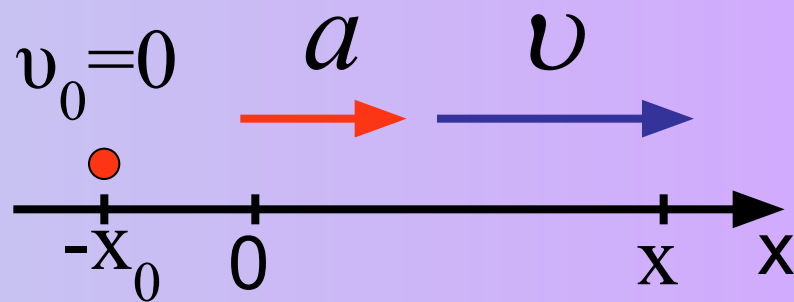
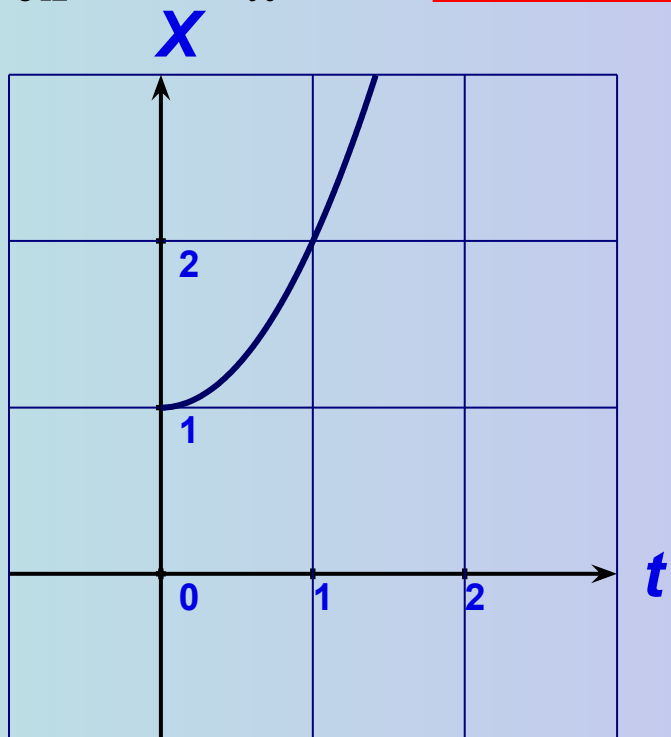




$$X_0 > 0$$

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

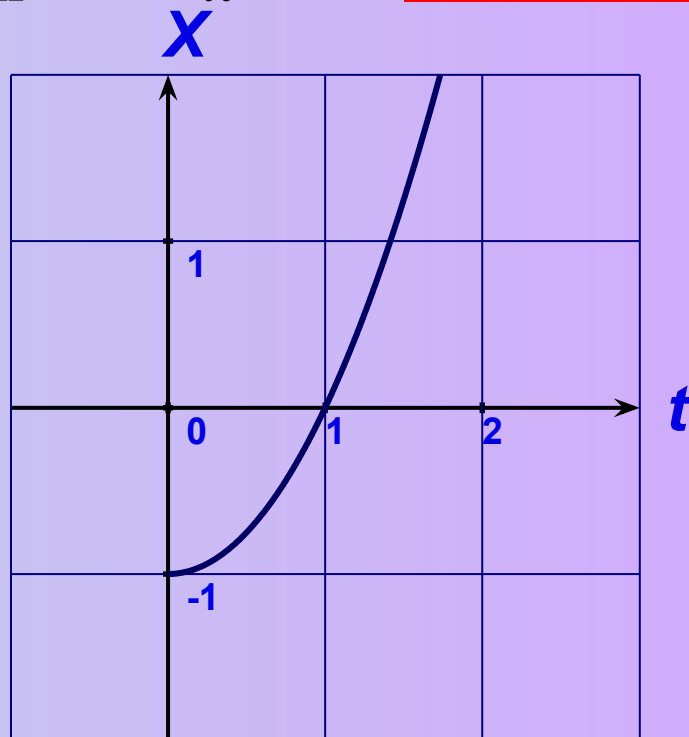
$$x = x_0 + \frac{a t^2}{2}$$



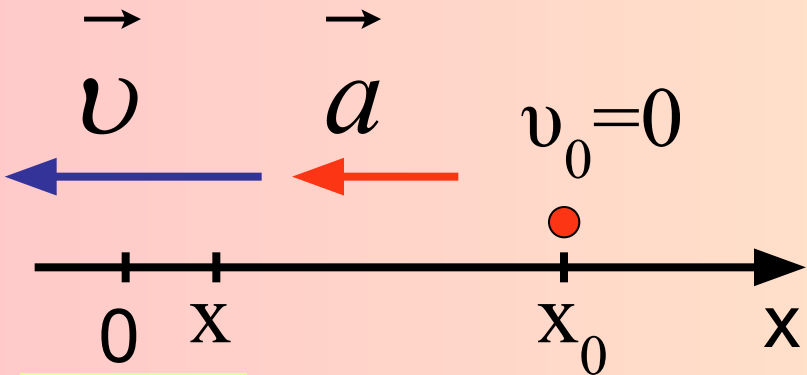
$$X_0 < 0$$

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

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





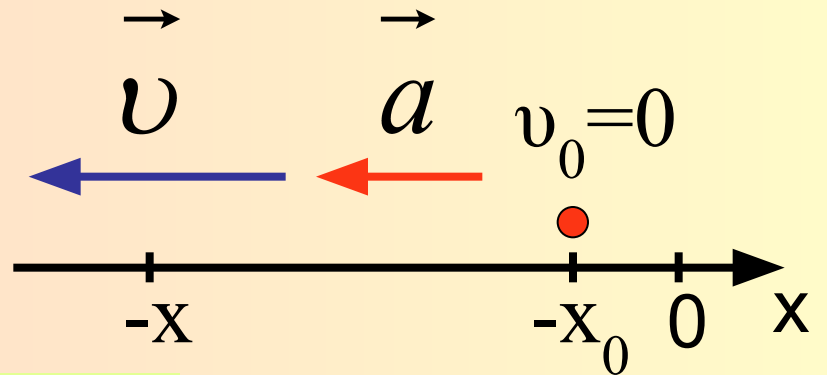
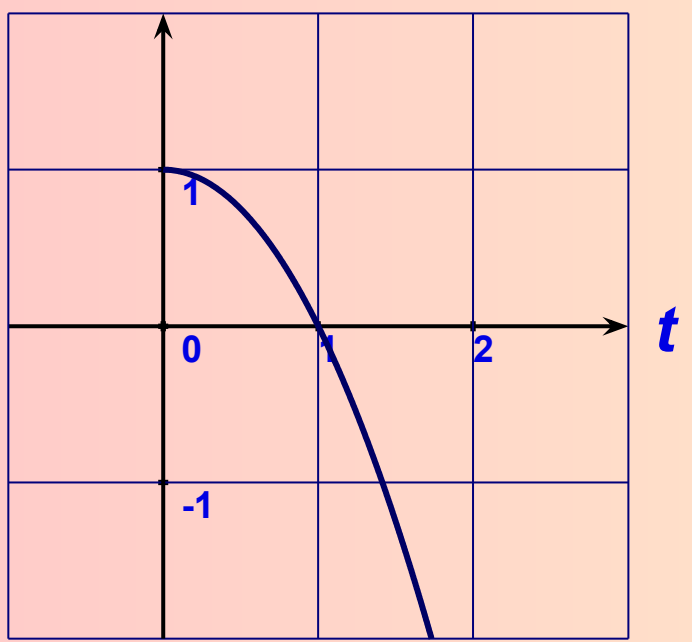


$X_0 > 0$

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

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

$x$

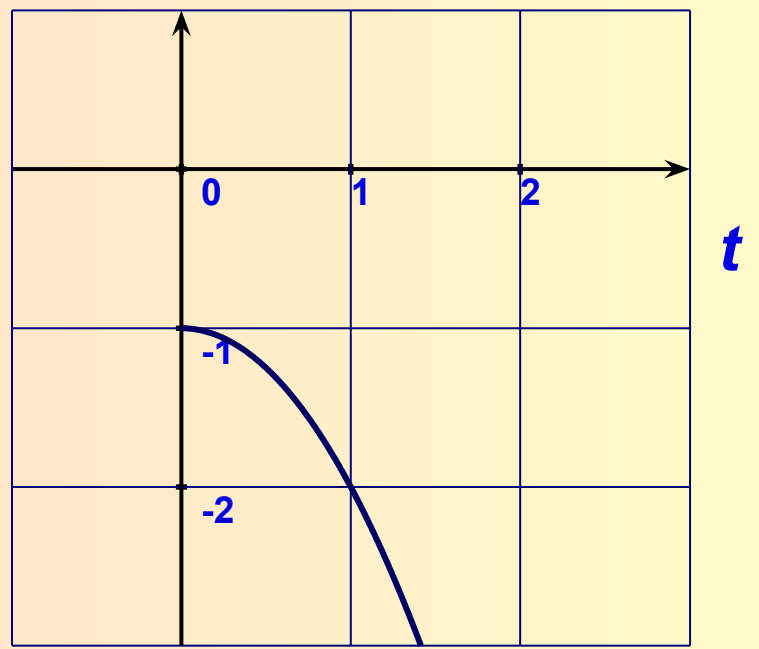


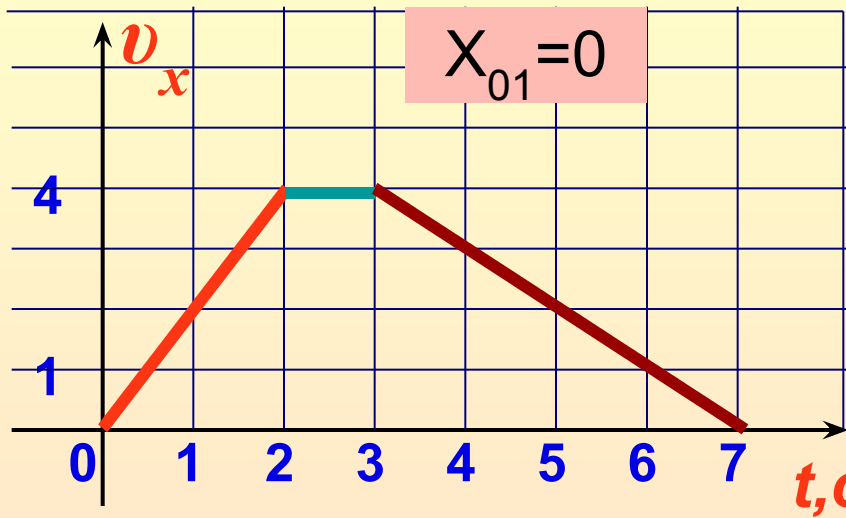
$X_0 < 0$

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

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

$x$

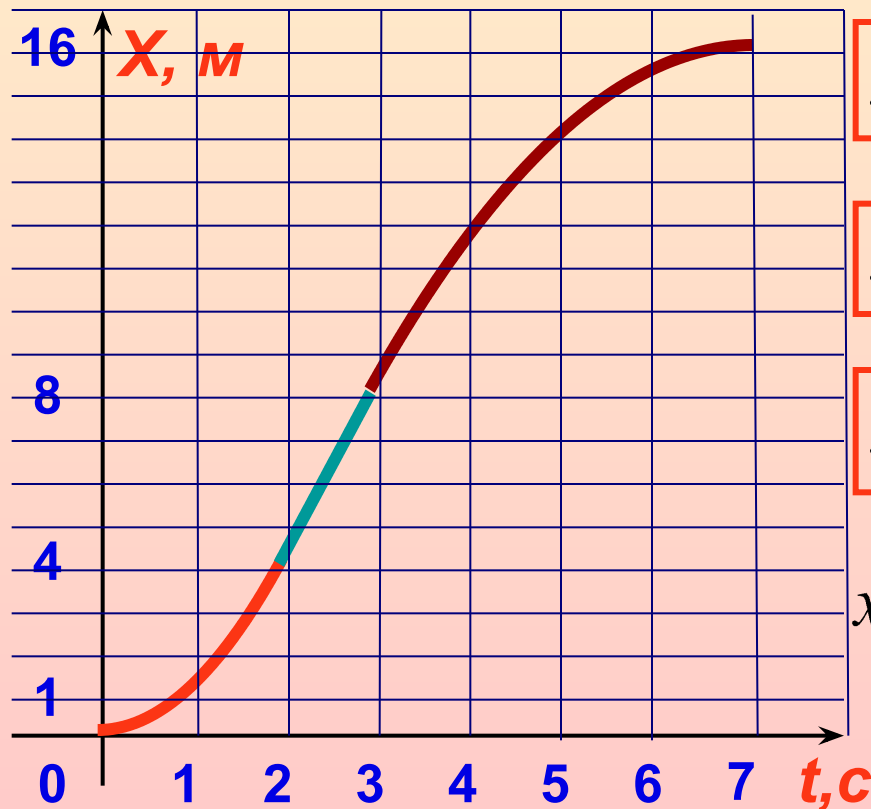




$$v_{01x}=0, x_{01}=0 \quad x_1=x_{02} \quad x_2=x_{03}$$

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

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



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

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

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

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

## Работу выполнили:

**Игошин  
Александр  
Владимирович**



**Алейникова  
Татьяна  
Владимировна**

