

# Переменное прямолинейное движение

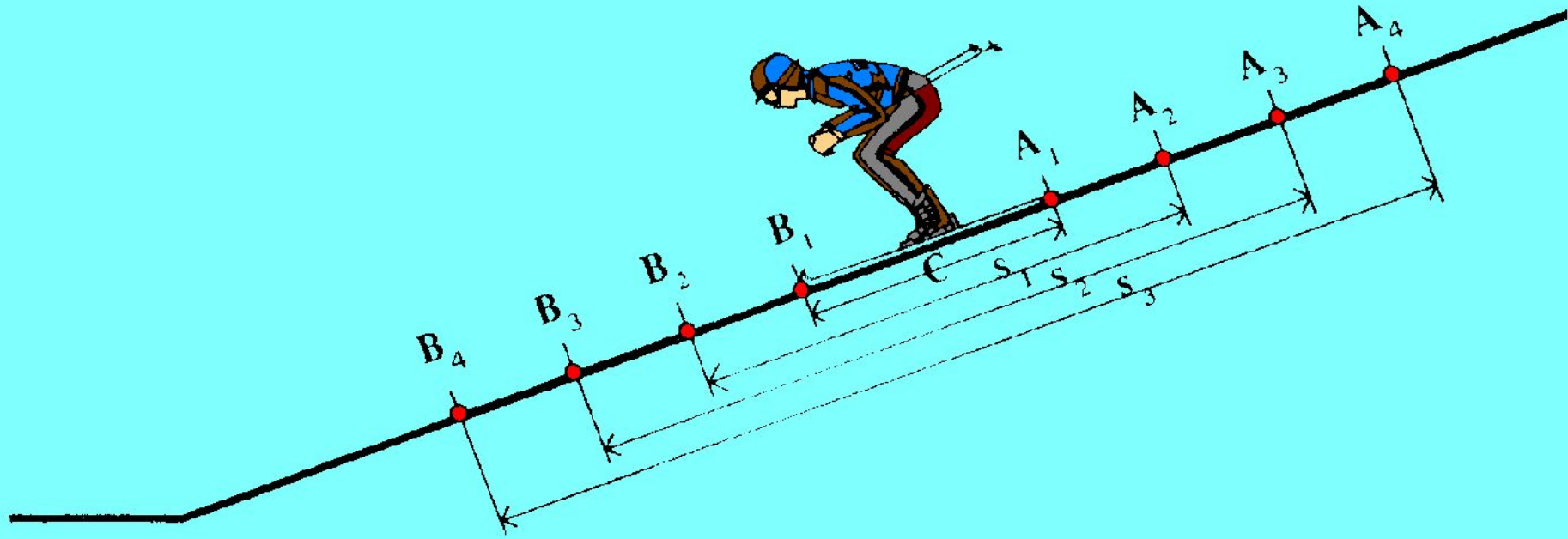
# Равномерное движение:

$$\vec{v} = \frac{\vec{S}_1}{t_1} = \frac{\vec{S}_2}{t_2} = \frac{\vec{S}_3}{t_3} = \dots = \frac{\vec{S}_N}{t_N} = \textit{const}$$

# Неравномерное движение:

$$\vec{v}_1 = \frac{\vec{S}_1}{t_1}; \vec{v}_2 = \frac{\vec{S}_2}{t_2}; \vec{v}_3 = \frac{\vec{S}_3}{t_3}; \dots; \vec{v}_N = \frac{\vec{S}_N}{t_N}$$

# Мгновенная скорость



$$\left. \begin{aligned}
 A_3 B_3 : \vec{v}_3 &= \frac{\vec{S}_3}{t_3} \\
 A_2 B_2 : \vec{v}_2 &= \frac{\vec{S}_2}{t_2} \\
 A_1 B_1 : \vec{v}_1 &= \frac{\vec{S}_1}{t_1}
 \end{aligned} \right\} \vec{v}_c = \frac{\Delta \vec{S}}{\Delta t}$$

■ **Мгновенная скорость** — это величина, равная отношению перемещения к промежутку времени, в течение которого это перемещение произошло

- скорость в данной точке
- скорость в данный момент

$$\vec{v}_{\text{мгн}} = \frac{\Delta \vec{S}}{\Delta t}$$

*Спидометр!*

# Равнопеременное движение

## *Равнопеременным движением*

называют такое движение, скорость которого за любые равные промежутки времени изменяется на равные величины



# Ускорение

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

$$a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{t}$$

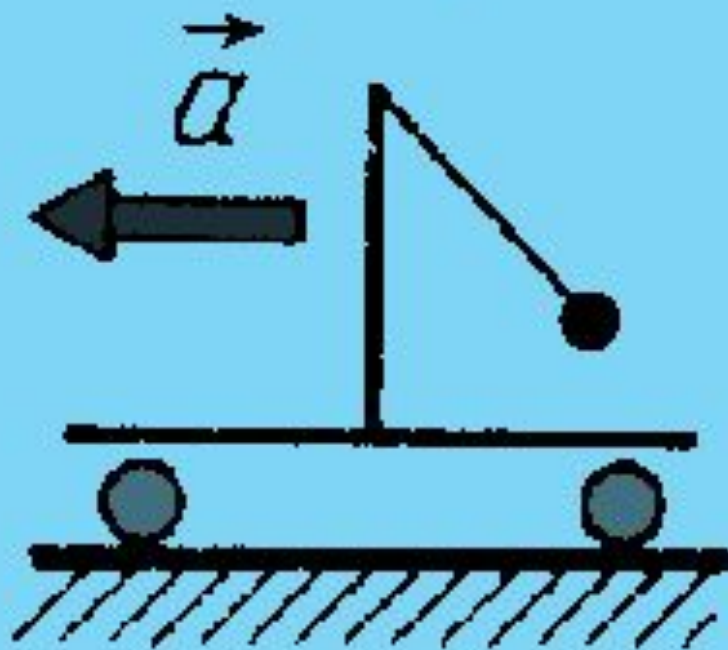
- **Ускорение** — это векторная величина!
- Направление ускорения нельзя определить, исходя из траектории движения.
- **мы будем рассматривать примеры движения с постоянным ускорением.**

**Мгновенная скорость** — это величина, равная отношению перемещения к промежутку времени, в течение которого это перемещение произошло, при  $\Delta t \rightarrow 0$ .

Мгновенная скорость — это величина, равная отношению перемещения к промежутку времени, в течение которого это перемещение произошло, при  $\Delta t \rightarrow 0$ .

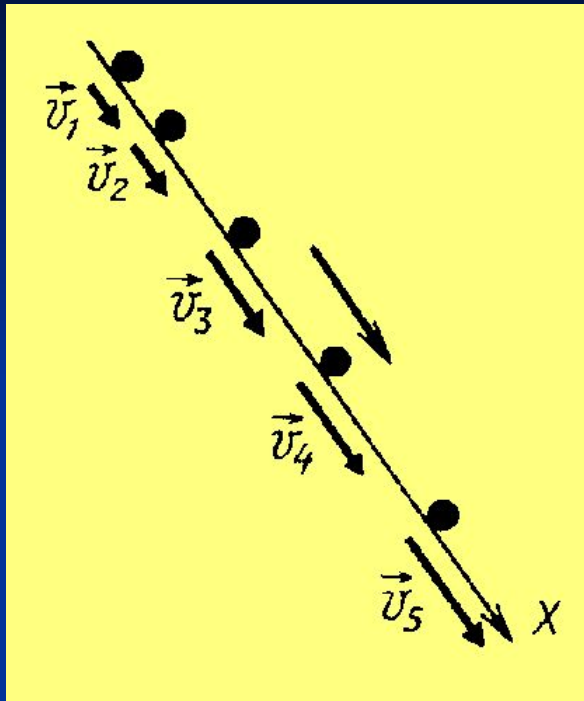
**Ускорение определяет изменение скорости за единицу времени.**

$$a \text{ — } M/c^2$$



*Акселерометр*

# Равноускоренное движение



**РУД**

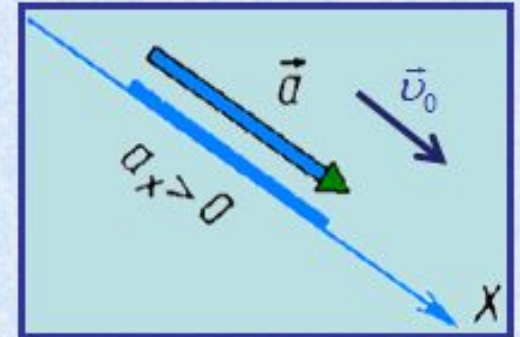
$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$

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

$$v_x = v \quad a_x = a$$

$$v_{0x} = v_0$$

$$\underline{v = v_0 + at}$$

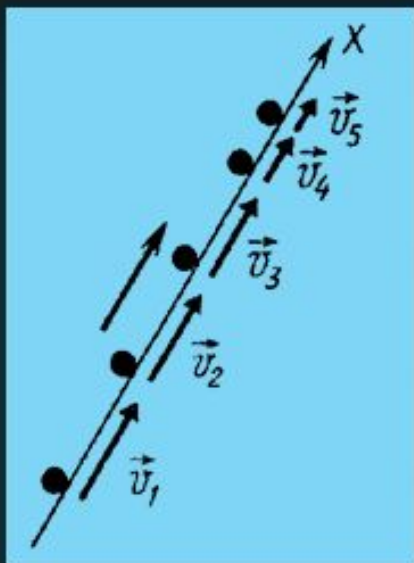


$$\vec{v}_0 \uparrow \uparrow \vec{a}$$

$$\vec{v}_0 \uparrow \uparrow \overrightarrow{OX}$$

$$\vec{a} \uparrow \uparrow \overrightarrow{OX}$$

# Равнозамедленное движение



## РЗД

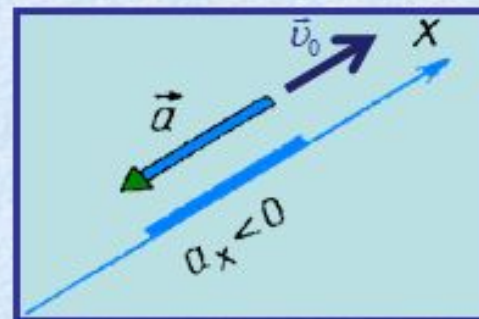
$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$

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

$$v_x = v \quad a_x = -a$$

$$v_{0x} = v_0$$

$$\underline{v = v_0 - at}$$

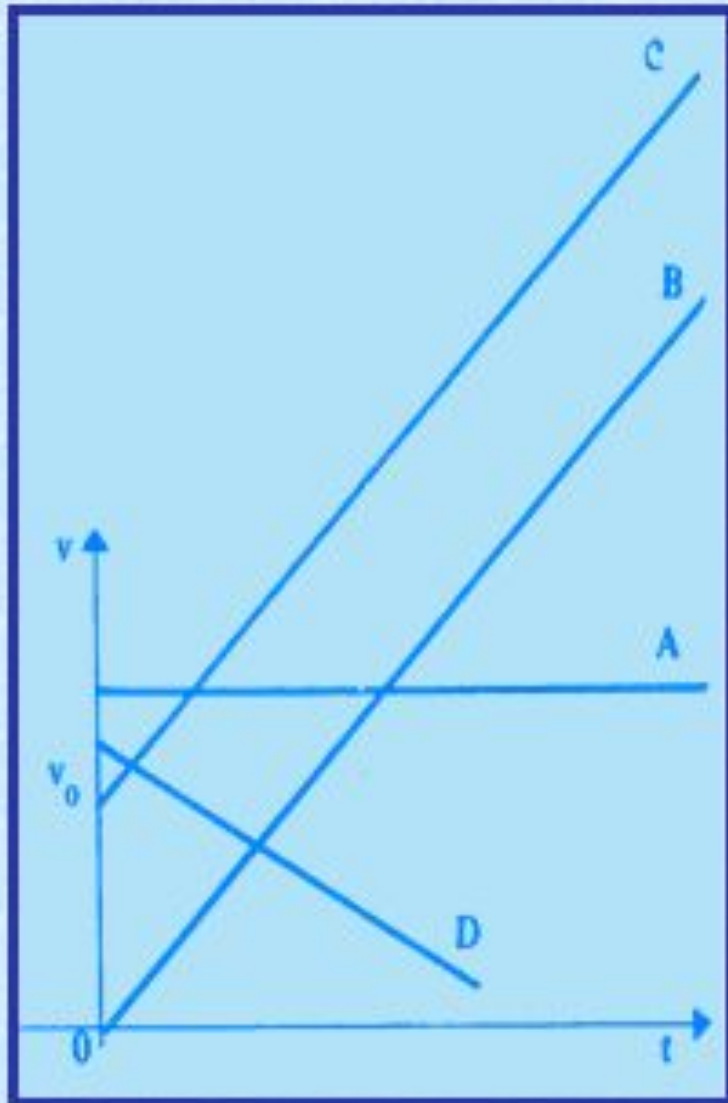


$$\vec{v}_0 \uparrow \downarrow \vec{a}$$

$$\vec{v}_0 \uparrow \uparrow \overrightarrow{OX}$$

$$\vec{a} \uparrow \downarrow \overrightarrow{OX}$$

## Графики скорости



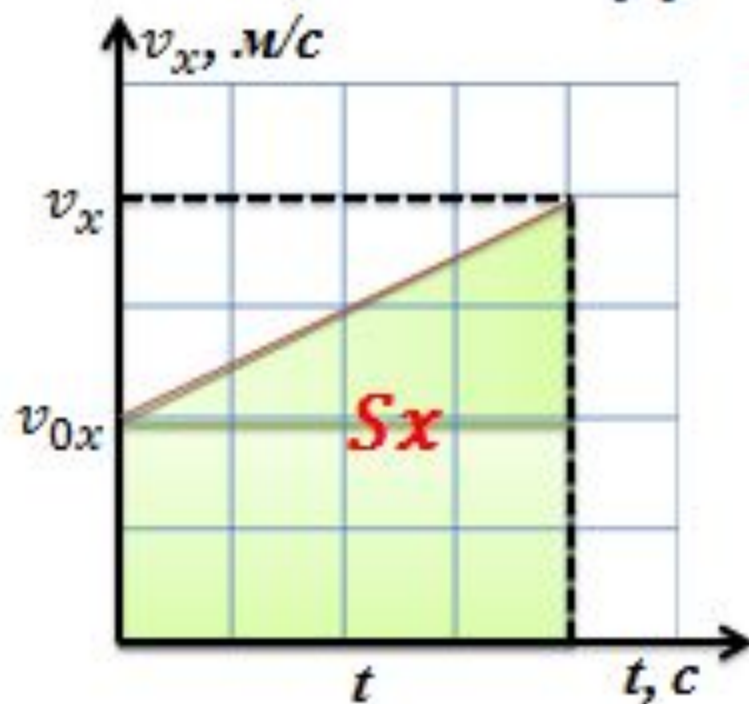
$$A: \vec{v} = \text{const} (\text{РПД})$$

$$B: v = at, v_0 = 0 (\text{РУД})$$

$$C: v = v_0 + at (\text{РУД})$$

$$D: v = v_0 - at (\text{РЗД})$$

# Уравнение равноускоренного движения



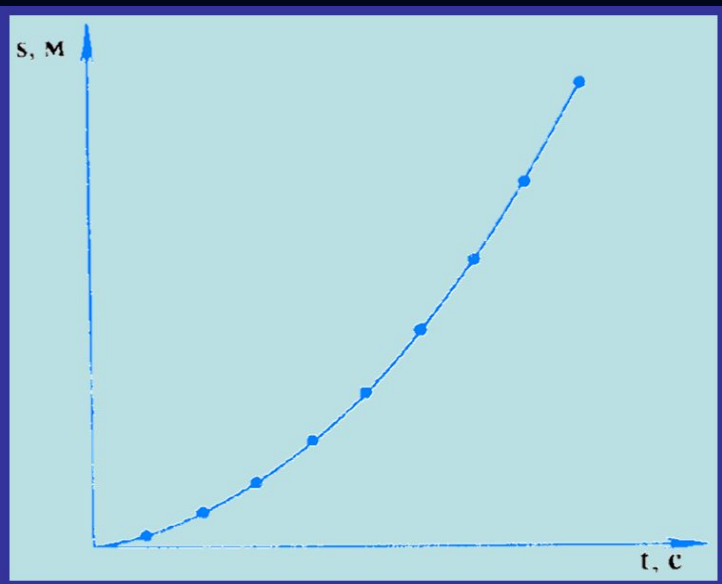
$S_x = S$  – численно площади трапеции

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

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

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

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



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

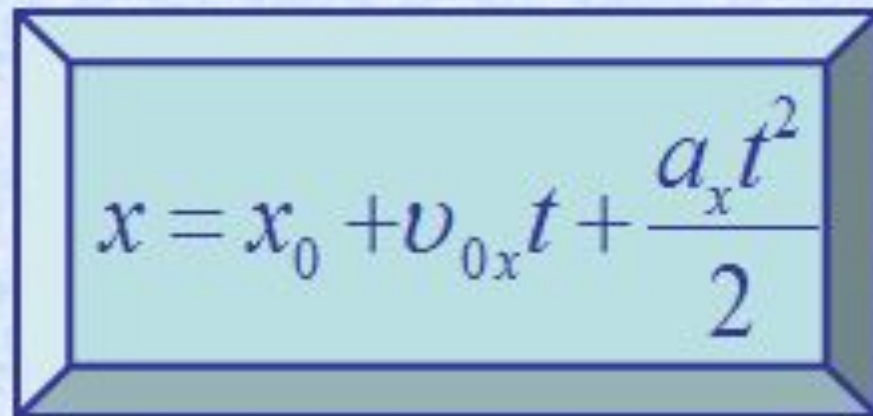
Формула перемещения без  $t$

$$S_x = \frac{v_x + v_{0x}}{2} t, \text{ но } t = \frac{v_x - v_{0x}}{a_x}; S_x = \frac{v_x + v_{0x}}{2} * \frac{v_x - v_{0x}}{a_x}$$

$$S_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}$$

# Уравнение координаты

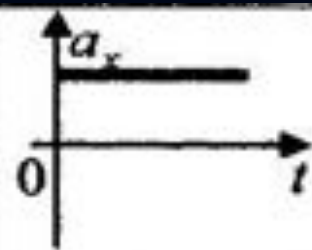
$$x = x_0 + S_x$$


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

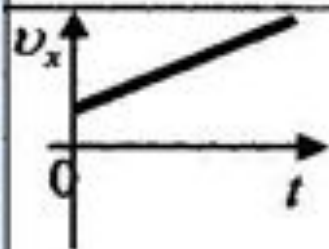


**РУД**  $\vec{v}_0 \uparrow \uparrow \overline{OX}$

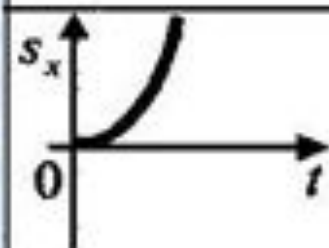
$$a = \frac{v - v_0}{t}$$



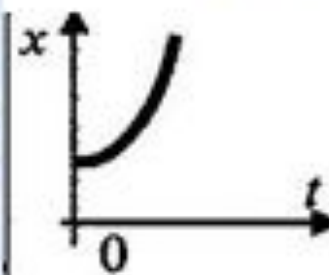
$$v = v_0 + at$$



$$S = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$



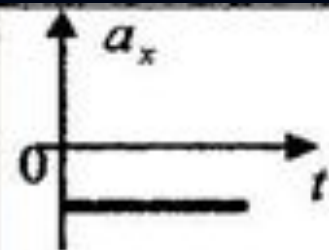
$$S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$$



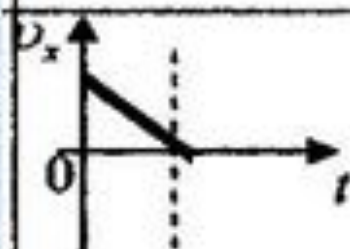
$$x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

**РЗД**  $\vec{v}_0 \uparrow \uparrow \overline{OX}$

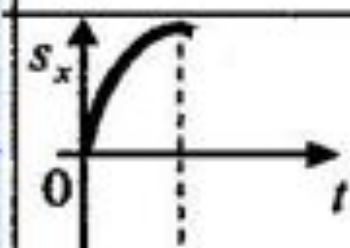
$$a = \frac{v_0 - v}{t}$$



$$v = v_0 - at$$

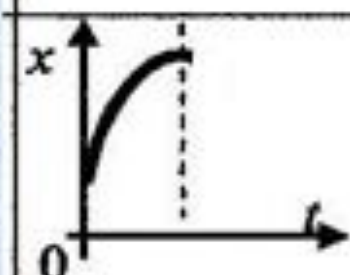


$$S = v_0 t - \frac{at^2}{2}$$

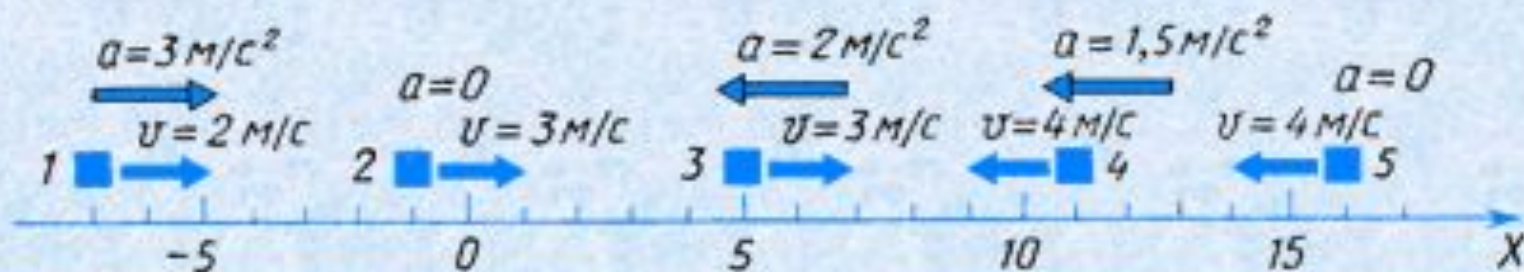


$$S = \frac{v_0^2 - v^2}{2a}$$

$$x = x_0 + v_0 t - \frac{at^2}{2}$$



На рисунке вдоль оси координат расставлены движущиеся тела, показаны их скорости и ускорения. Запишите для каждого тела формулы, выражающие зависимости проекций скорости и перемещения, а также координаты от времени



$$1. v_x = 2 + 3t$$

$$S_x = 2t + 1,5t^2$$

$$x = -7 + 2t + 1,5t^2$$

$$2. v_x = 3$$

$$S_x = 3t$$

$$x = -1 + 3t$$

$$3. v_x = 3 - 2t$$

$$S_x = 3t - t^2$$

$$x = 5 + 3t - t^2$$

$$4. v_x = -4 - 1,5t$$

$$S_x = -4t - 0,75t^2$$

$$x = 11 - 4t - 0,75t^2$$

$$5. v_x = -4$$

$$S_x = -4t$$

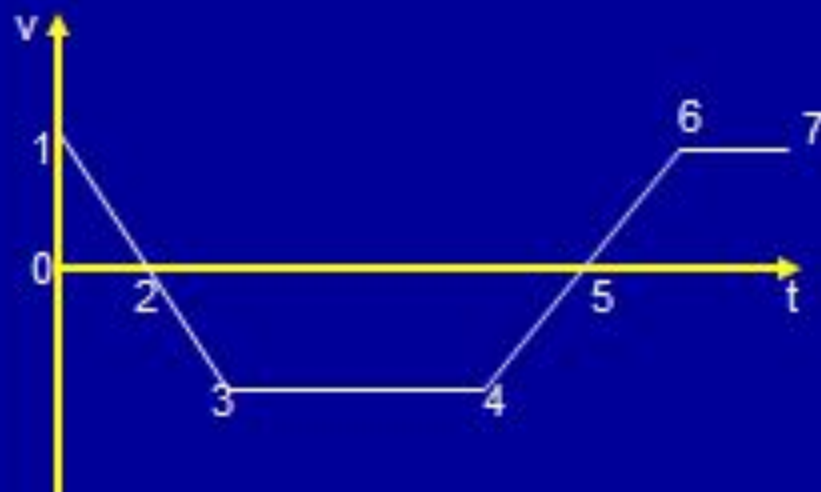
$$x = 16 - 4t$$

# Примеры решения задач

# Задача 1

по графику зависимости скорости тела от времени опишите его движение

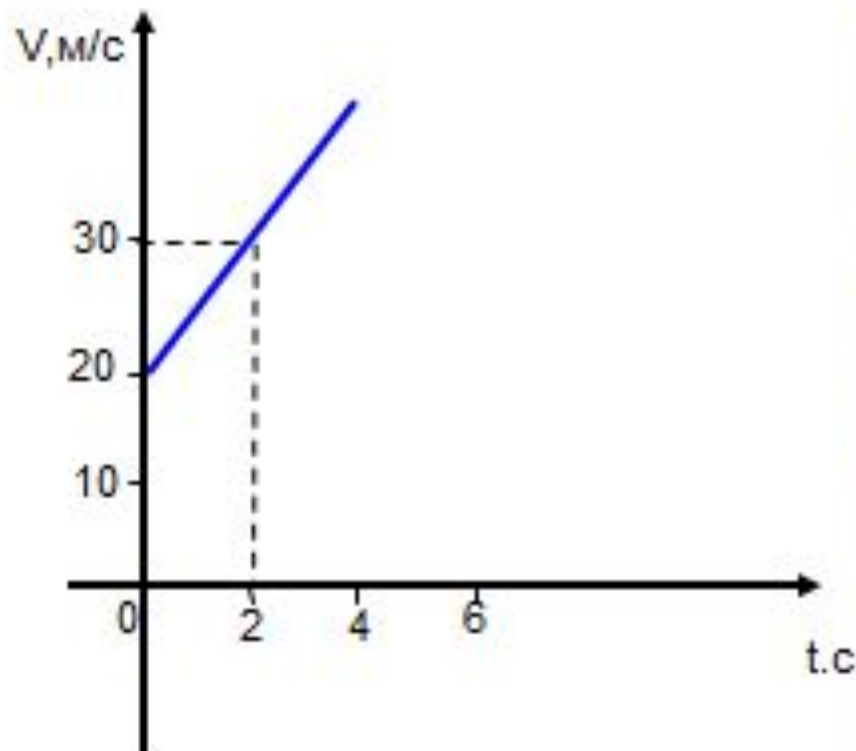
• График №1



- 1-2 равнозамедленное, по оси  $x$
- 2 тело остановилось, развернулось
- 2-3 равноускоренное, против оси  $x$
- 3-4 равномерное, против оси  $x$
- 4-5 равнозамедленное, против оси  $x$ .
- 5 тело остановилось развернулось.
- 5-6 равноускоренное, по оси  $x$ .
- 6-7 равномерное, по оси  $x$ .

## Задача 2

А) По графику зависимости скорости тела от времени определить его ускорение, составить уравнение скорости тела, уравнение его движения, если  $x_0 = 30\text{ м}$



**Решение:**

1. Равноускоренное

2.  $v_0 = 20 \text{ м/с}$

3. при  $t = 2 \text{ с}$   $v = 30 \text{ м/с}$

4.  $a = (v - v_0)/t$

5.  $a = (30 - 20) \text{ м/с} / 2 \text{ с} = 5 \text{ м/с}^2$

6. уравнение скорости  $v = v_0 + at$   
 $v = 20 + 5t$

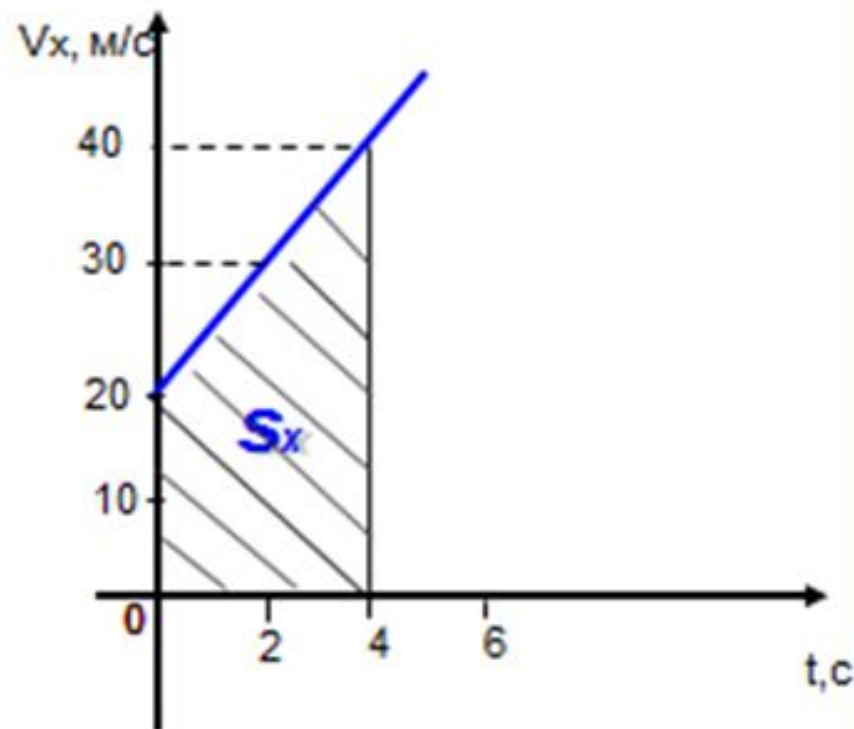
7. уравнение движения

$$x = x_0 + v_0 t + at^2/2$$

$$X = 30 + 20t + 5t^2/2$$

$$X = 30 + 10t + 2,5t^2$$

Б) Определить перемещение тела за 4с.



**Решение**

1) геометрический способ

Проекция перемещения =  
площади фигуры



Площадь трапеции

$$S = (a + b) / 2 \cdot h$$

В нашем случае

$$a = V_x = 20 \text{ м/с}$$

$$b = V_x(4) = 40 \text{ м/с}$$

$$h = t = 4 \text{ с}, \text{ тогда}$$

$$S = (20 + 40) \text{ м/с} / 2 \cdot 4 \text{ с} = 120 \text{ м}$$

## 2) аналитический способ.

При равноускоренном движении перемещение определяется

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

Так как  $v_0 = 20 \text{ м/с}$        $t = 4 \text{ с}$        $a = 5 \text{ м/с}^2$ , то

$$S = 20 \text{ м/с} \cdot 4 \text{ с} + 5 \text{ м/с}^2 \cdot (4 \text{ с})^2 / 2 = 120 \text{ м}$$

## Задача 3

Используя уравнение движения тела

$$X = 10 + 10t - 2t^2$$

- 1) Составить уравнение скорости его движения.
- 2) Построить графики зависимости скорости и ускорения от времени.

### Решение

Движение равнозамедленное, так как перед  $t^2$  минус.

Уравнение равнозамедленного движения

$$x = x_0 + v_0 t - at^2/2 \text{ сравнить}$$

$$x = 10 + 10t - 2t^2$$

Получаем  $x_0 = 10\text{ м}$ ,  $v_0 = 10\text{ м/с}$ ,  $a/2 = 2\text{ м/с}^2$ , т.е.  $a = 4\text{ м/с}^2$

Уравнение скорости равнозамедленного движения

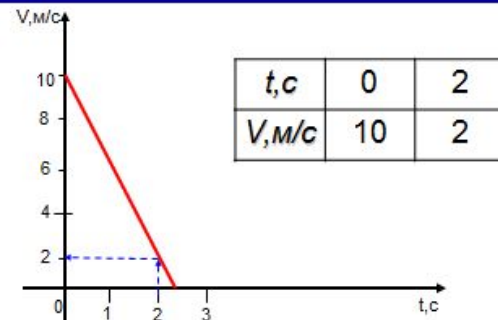
$$V = V_0 - at$$

Тогда

$$V = 10 - 4t$$

### Построение графика зависимости скорости от времени

При равнопеременном движении зависимость скорости от времени – линейная. Следовательно, графиком является прямая



### Построение графика зависимости ускорения от времени

При равнопеременном движении ускорение по величине и направлению со временем не меняется.

Следовательно, графиком является прямая, параллельная оси времени.

$$a_x = -4\text{ м/с}^2$$

