

# Классическая механика

Кинематика материальной точки

**Механика - это наука о простейших формах движения и силах, вызывающих это движение.**

**Механическим движением** называется изменение с течением времени взаимного положения тел или частей тела друг относительно друга.

# ЗАДАЧА МЕХАНИКИ

Основной задачей механики является определение положения тела в любой момент времени.

Примеры:

- а) полет и посадка ракеты на планету
- б) служба слежения самолетов

**Механика Галилея – Ньютона называется классической механикой.**

**Изучает законы движения макроскопических тел, скорости которых малы по сравнению со скоростью света в вакууме ( $3 \cdot 10^8$  м/с).**

# Механическое движение

## Тел

**Поступательное движение** – это движение, при котором любая прямая, жестко связанная с движущимся телом, остается параллельной своему первоначальному положению.

При **вращательном движении** все точки тела движутся по окружностям, центры которых лежат на одной и той же прямой, называемой *осью вращения*.

**Колебательным движением** - это процесс, при котором система, многократно отклоняясь от своего состояния равновесия, каждый раз вновь возвращается к нему.

# Обратите внимание!

## Что такое поступательное движение?

- Тело движется поступательно, если все его точки движутся одинаково.

или

Тело движется поступательно, если прямая, проведенная через две точки этого тела, при его перемещении смещается параллельно своему первоначальному положению.

# Примеры поступательного движения

- Поступательно движется кабина лифта
- Поступательно движется кабина колеса обозрения



# ДВИЖЕНИЯ

**Траектория** - линия, по которой движется тело.

**Путь** – длина траектории ( $L$ ).

**Перемещение** – вектор, соединяющий начальное и конечное положение тела ( $S$ ).

**Скорость ( $v$ )** – характеризует быстроту движения.

**Ускорение ( $a$ )** - характеризует быстроту изменения скорости.

# Механика

- **Кинематика** - это раздел физики, который изучает движение тел вне зависимости от причин, вызывающих это движение.  
*(Где? Когда?)*
- **Динамика** изучает законы движения тел и причины, которые вызывают или изменяют это движение.  
*(Почему?)*
- **Статика** изучает законы равновесия системы тел.

# КИНЕМАТИКА

(греч. "кинематос" – движение) – это раздел физики, изучающий способы математического описания движения тел.

-не интересуется тем, почему тело движется так, а не иначе. Она лишь отвечает на вопрос: "**Как** движение этого тела описать математически?"

-Устанавливает связь между величинами, характеризующими движение, с помощью формул и графиков

# Содержание.

- Основные понятия кинематики.
- Способы задания положения тела.
- Способы описания движения.
- Перемещение.
- Скорость равномерного прямолинейного движения. Графическое представление равномерного движения.

# Основные понятия кинематики

**Материальная точка**- тело, имеющее массу ,  
размерами которого в данном случае можно  
пренебречь,.

**Условия:**

если размеры тела малы по сравнению с  
расстоянием, которое оно проходит,  
и если тело движется поступательно

**Абсолютно твердым телом** называется тело,  
которое ни при каких условиях не может  
деформироваться и при всех условиях  
расстояние между двумя точками (или точнее  
между двумя частицами) этого тела остается  
постоянным.

# ОТВЕТИМ НА ВОПРОСЫ



- В каких случаях автомобиль можно считать материальной точкой?
- Автомобиль движется из Новосибирска в Томск
- Производится заправка бензином автомобиля;
- Автомобиль совершает обгон

# ОТВЕТИМ НА ВОПРОСЫ

- В каких случаях самолет можно считать материальной точкой:
- самолет летит из Москвы в Новосибирск;
- самолет выруливает на взлетную полосу;
- происходит посадка пассажиров в самолет?



Можно ли считать материальными точками тела, описанные в следующих предложениях:

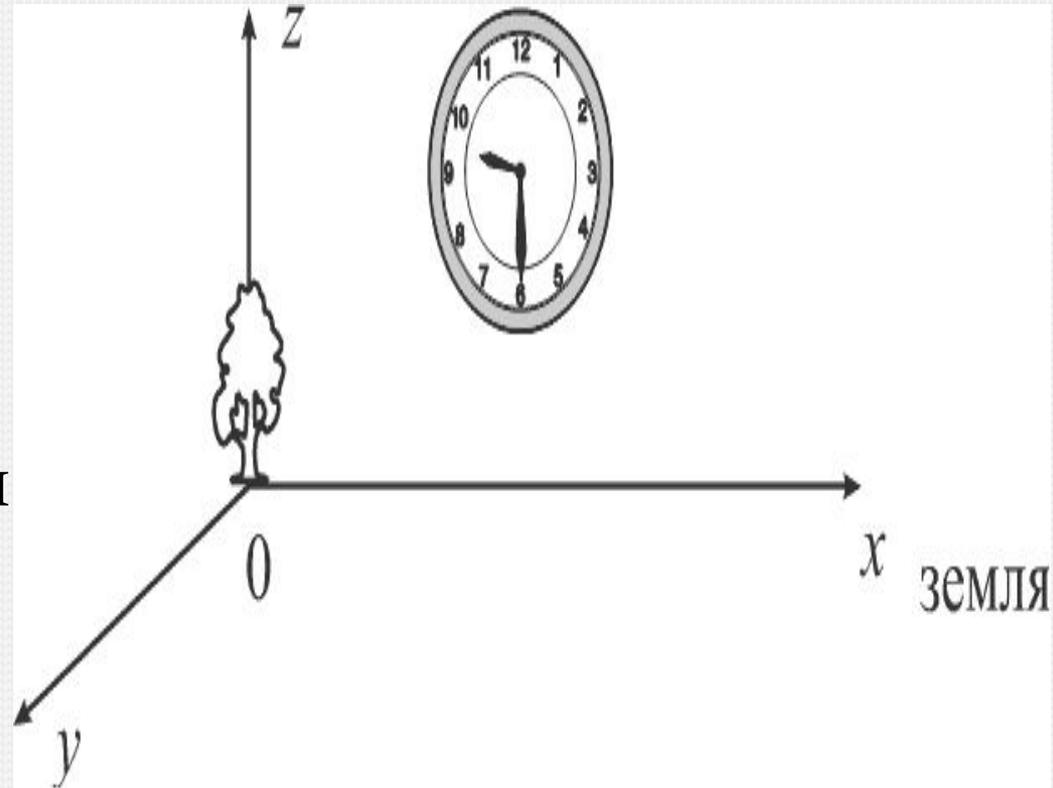
- ✓ Рассчитывают путь Земли по орбите вокруг Солнца.
- ✓ Рассчитывают возможность столкновения спутника с метеоритом.
- ✓ Для определения объема шарика его опускают в мензурку.
- ✓ Для измерения массы лимона его кладут на весы.

# Основные понятия кинематики

- Система координат, тело отсчета, прибор для измерения времени образуют систему координат.
- Путь – величина скалярная.
- Перемещением тела называется вектор, соединяющий начальное положение тела с его последующим положением.

# Чтобы определить положение тела (материальной точки) в пространстве надо:

- задать тело отсчета;
- выбрать систему координат;
- иметь прибор для отсчёта времени (часы)



$$CO = TO + CK + Ч$$

$$CO = TO + CK + Ч$$

**Тело отсчета**

+

**Система координат**

+

**Часы**

=

**СИСТЕМА ОТСЧЕТА**

**Одномерная**

**Двухмерная**

**Трехмерная**



# Способы задания положения тела.

- С помощью координат:  
На рисунке показано положение точек А, В, С, в системе координат ХОУ. Найдите координаты этих точек.

Ответ:

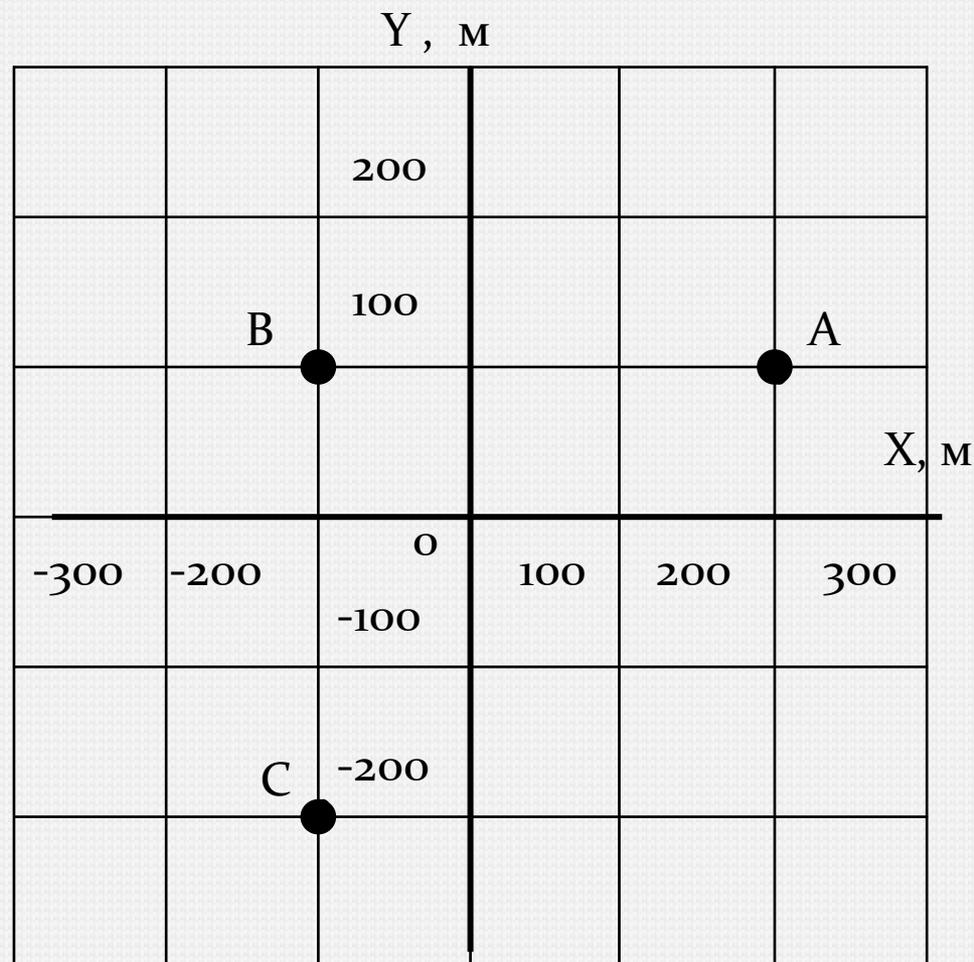
Координаты

точек:

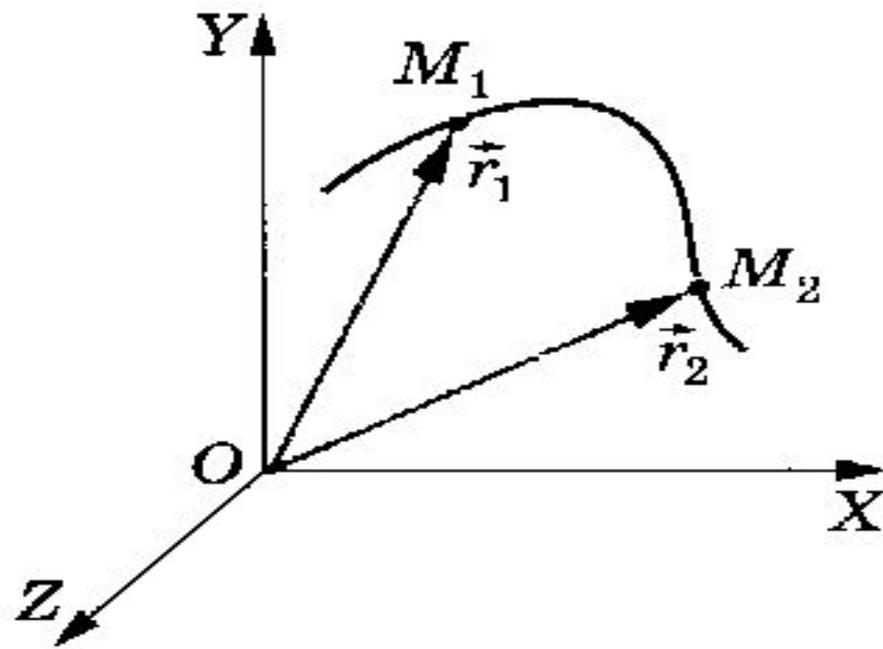
А (200;100)

В (-100;100)

С (-100;-200)

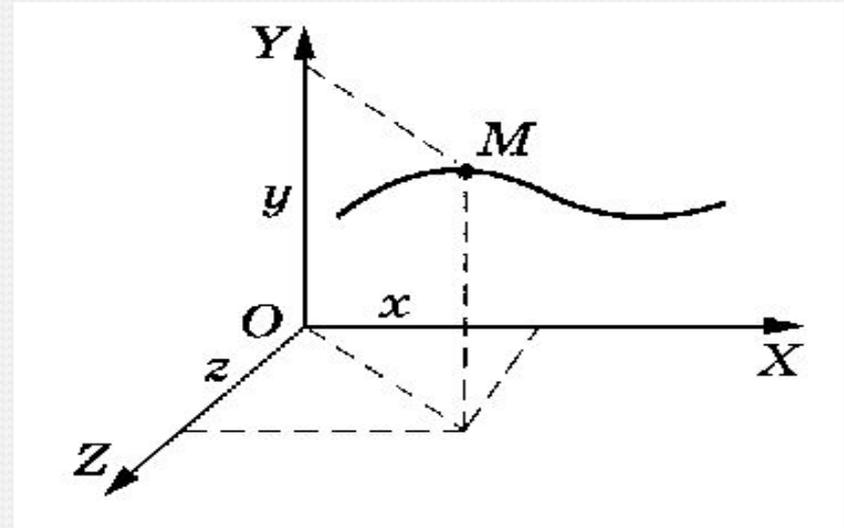


- С помощью радиус-вектора.



# Способы описания движения.

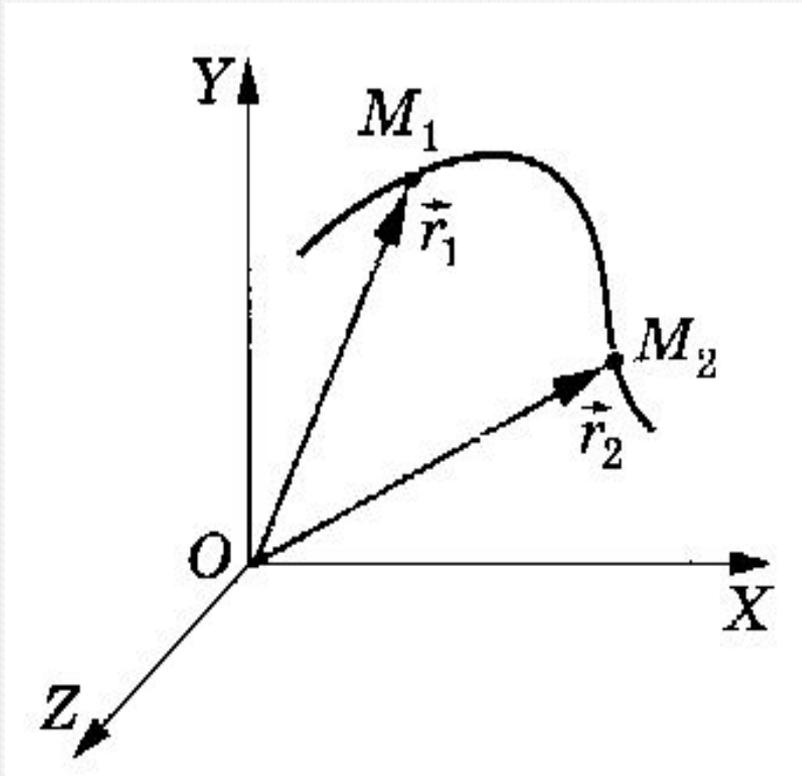
1. Координатный способ:



2. Кинематическое уравнение

$$\begin{cases} x = x(t), \\ y = y(t), \\ z = z(t), \end{cases}$$

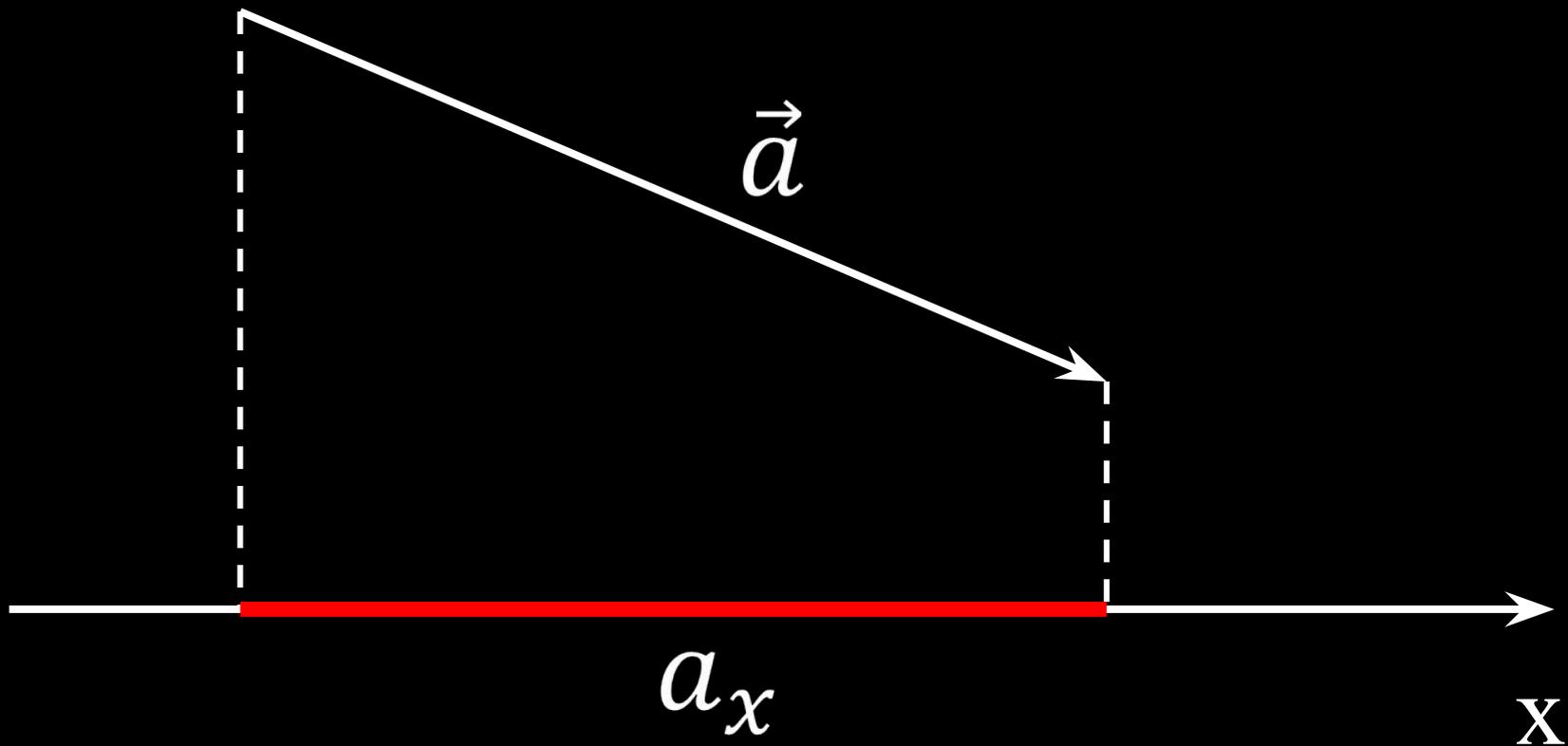
### 3. Векторный способ:

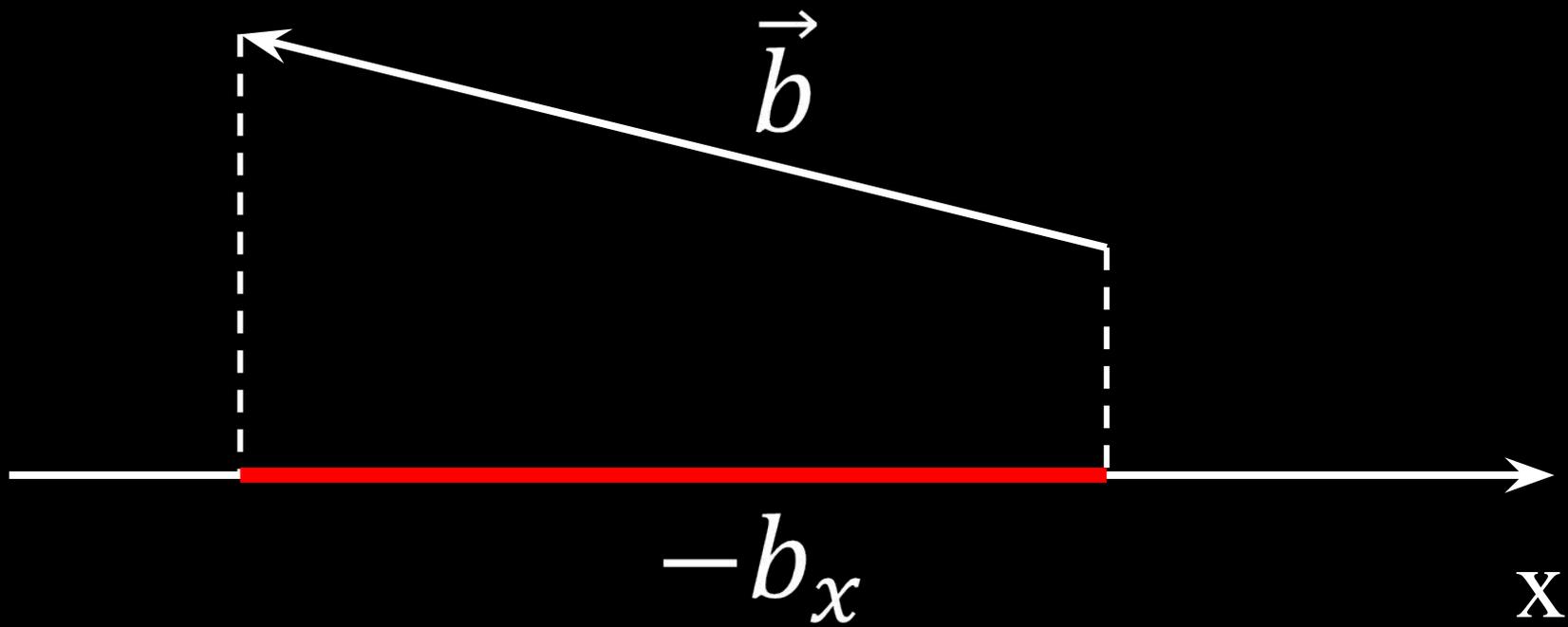


$$\vec{r} = \vec{r}(t)$$

# ПРОЕКЦИЯ ВЕКТОРА

---

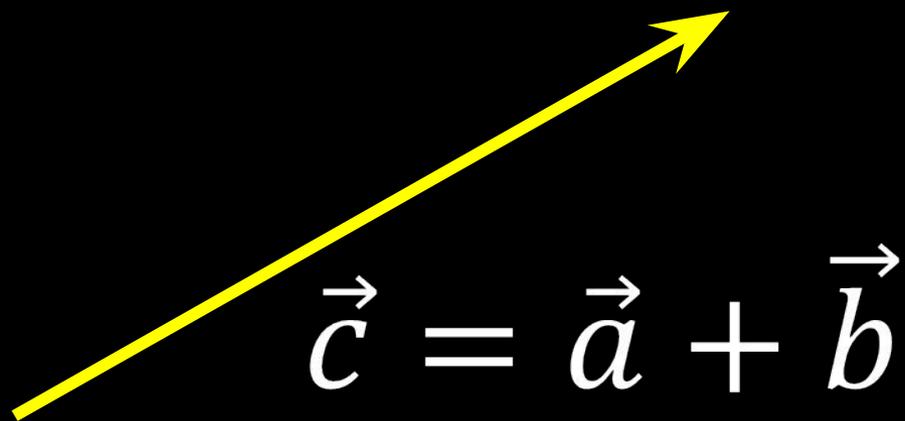
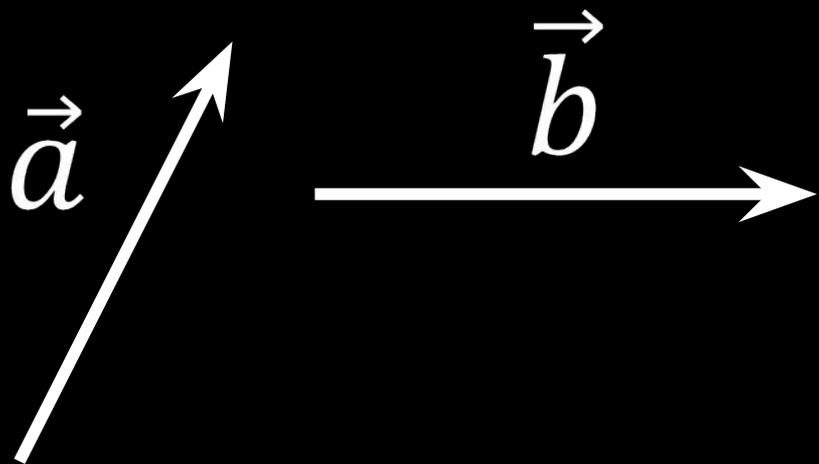




# СЛОЖЕНИЕ ВЕКТОРОВ

---

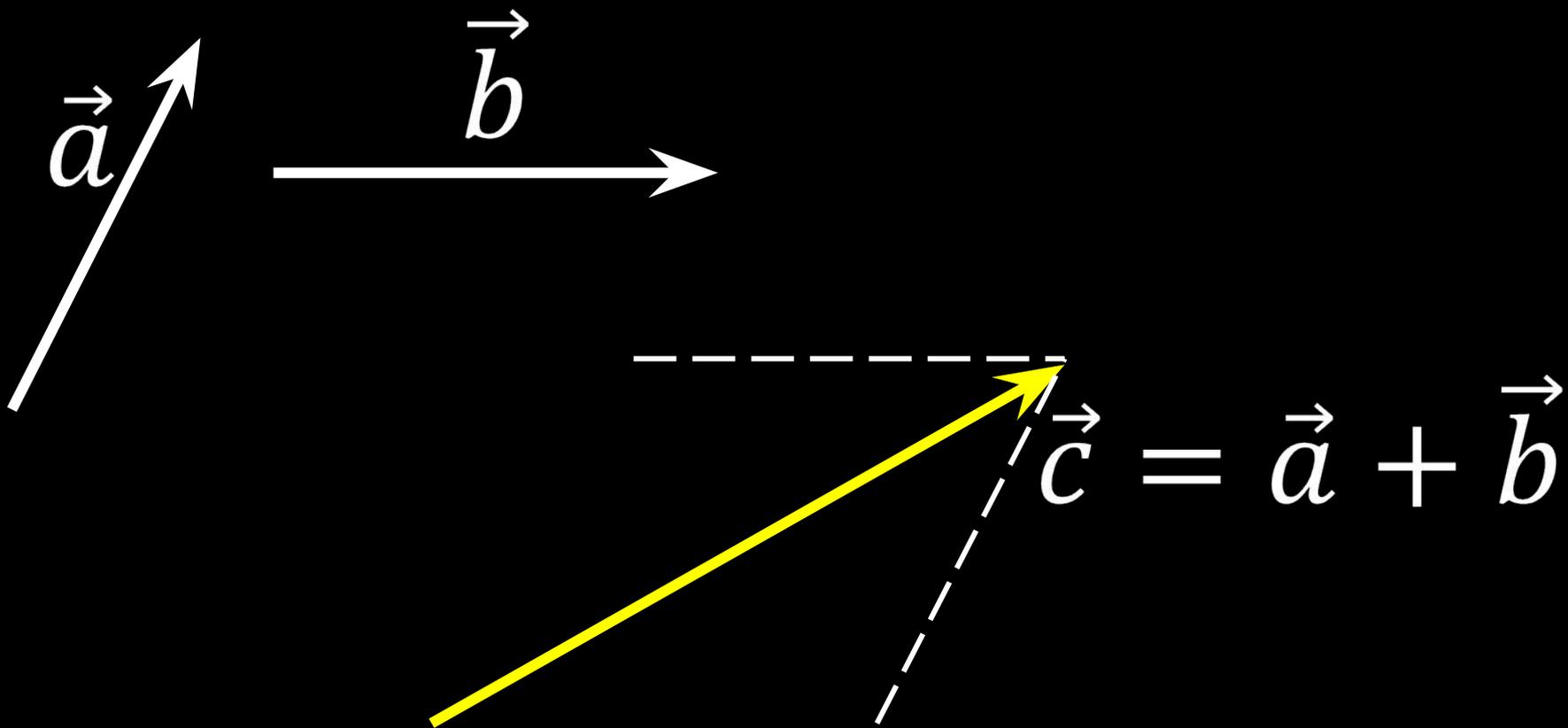
Правило треугольника



# СЛОЖЕНИЕ ВЕКТОРОВ

---

Правило  
параллелограмма



# Определите проекции векторов на оси OX и OY

**Проекции векторов на ось OX:**

$$S_1 = 4\text{м}$$

$$S_2 = 4\text{м}$$

$$S_3 = -4\text{м}$$

$$S_4 = 3\text{м}$$

$$S_5 = 0\text{м}$$

**Проекции векторов на ось OY:**

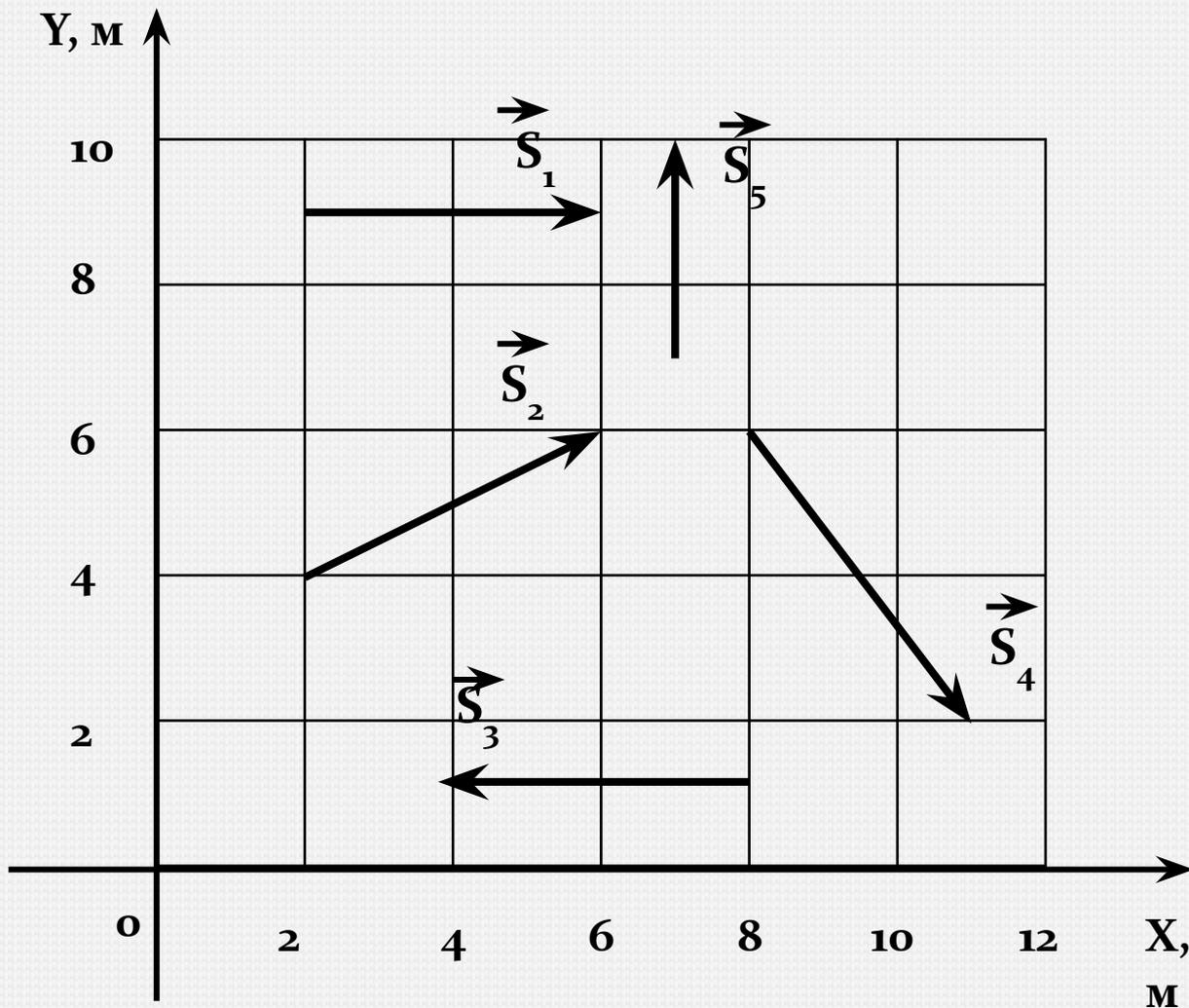
$$S_1 = 0\text{м}$$

$$S_2 = 2\text{м}$$

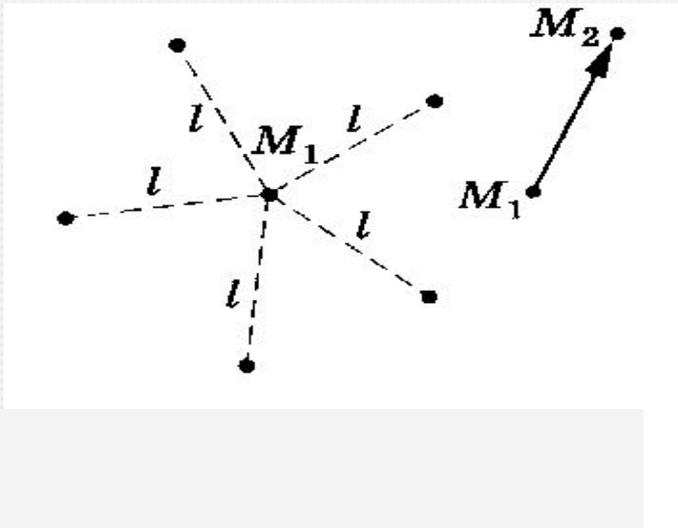
$$S_3 = 0\text{м}$$

$$S_4 = -4\text{м}$$

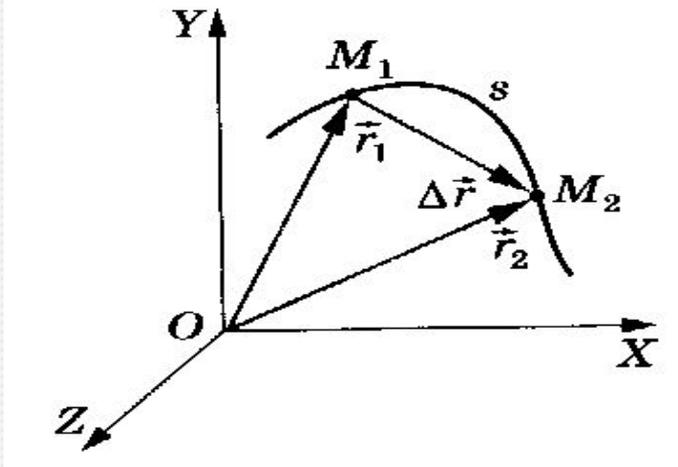
$$S_5 = 3\text{м}$$



# Перемещение



Перемещением тела называется вектор, соединяющий начальное положение тела с его последующим положением



# 1) Путь $l$ -

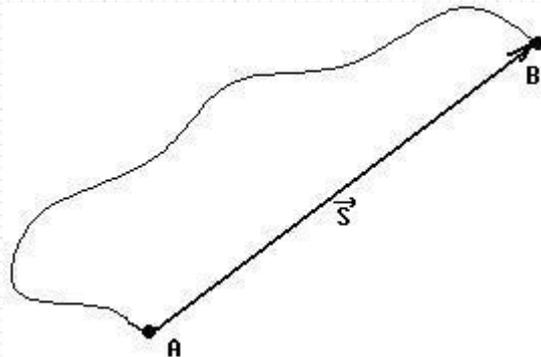
- длина линии,  
по которой двигалось тело .

$$[l] = \text{м (метр)}$$

# 2) Перемещение $\vec{S}$ -

- вектор, соединяющий  
начальную и конечную точки  
пути.

$$[S] = \text{м}$$

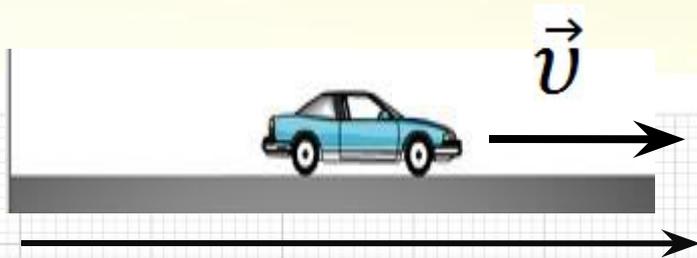




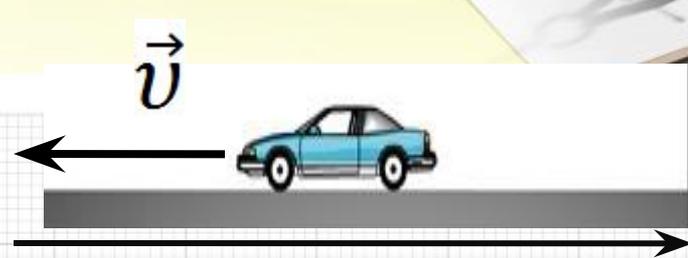
3) Скорости  $\vec{v}$  - векторная величина, равная отношению перемещения тела за любой промежуток времени к значению этого времени.

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

$$[v] = \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



$$v > 0$$



$$v < 0$$

$t$  – время,  $[t] = \text{с}$  (секунда)

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

$$36 \frac{\text{км}}{\text{час}} = \frac{36 \cdot 1000}{3600} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

# Закон сложения скоростей

$$\vec{v}_2 = \vec{v}_1 + \vec{v}$$

- $v_1$  - скорость подвижной системы отсчёта, относительно неподвижной
- $v$  - скорость тела относительно этой подвижной системы отсчёта
- $v_2$  - скорость того же тела относительно неподвижной системы отсчёта



## 2. Равномерное прямолинейное движение -

-это движение, при котором тело за равные промежутки времени проходит одинаковые расстояния, скорость при этом не меняется.

$x_0$  – начальная координата

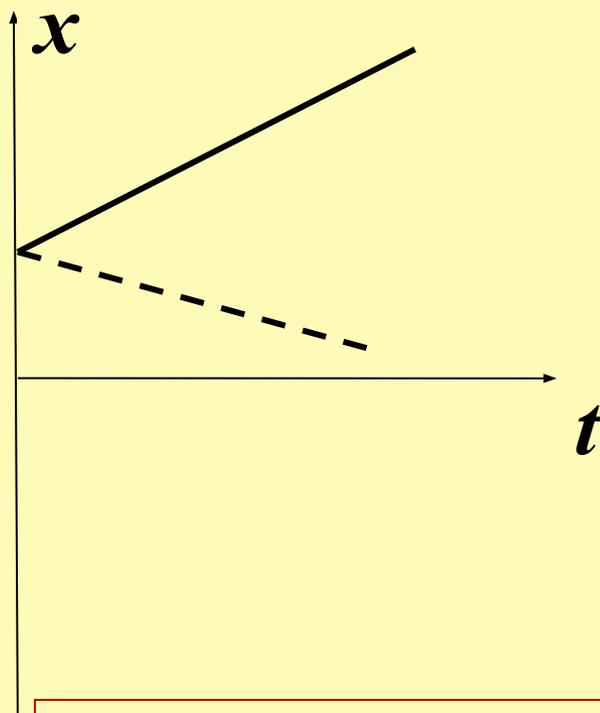
$x$  – конечная координата

$$S = x - x_0$$

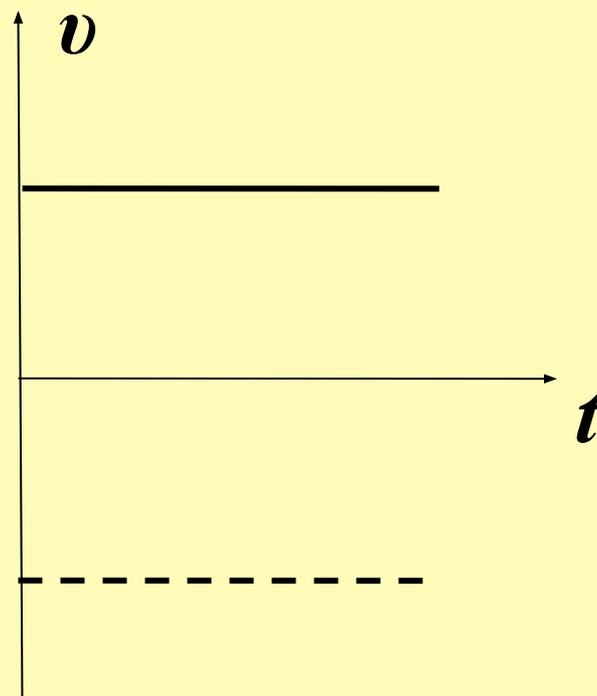
# Уравнения равномерного движения

$$\begin{cases} x = x_0 + vt \\ v = \frac{s}{t} \end{cases}$$

# Графики равномерного движения



*График  
координаты*



*График  
скорости*

# 3. Равнопеременное движение

- это движение, при котором скорость за любые равные промежутки времени изменяется одинаково.



# Ускорение $\vec{a}$ -

- векторная величина, равная отношению изменения скорости к промежутку времени, в течение которого это изменение произошло.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$[a] = \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\Delta v = v - v_0$$

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

# Уравнения равнопеременного движения

$$\begin{cases} x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2} \\ v = v_0 + at \end{cases}$$

равноускоренное

равнозамедленно  
е

Скорость  
увеличивается  $v \uparrow$

Скорость  
уменьшается  $v \downarrow$

Направление

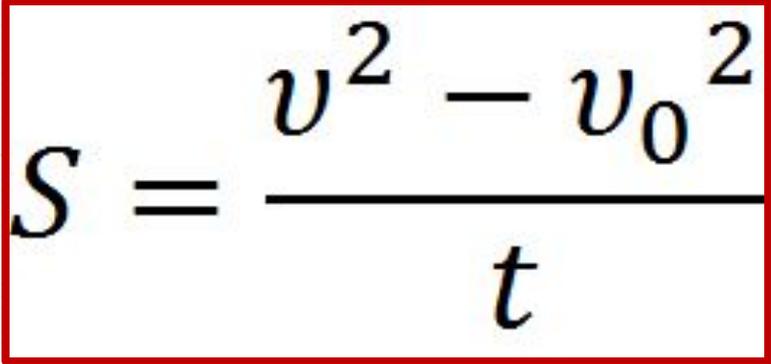
векторов  $\vec{v}$  и  $\vec{a}$

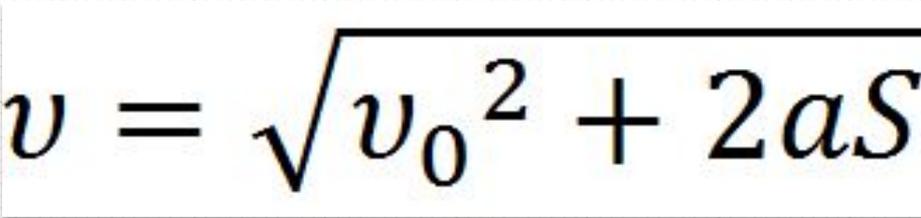
совпадает  $\vec{v} \uparrow \uparrow \vec{a}$

Направление

векторов  $\vec{v}$  и  $\vec{a}$

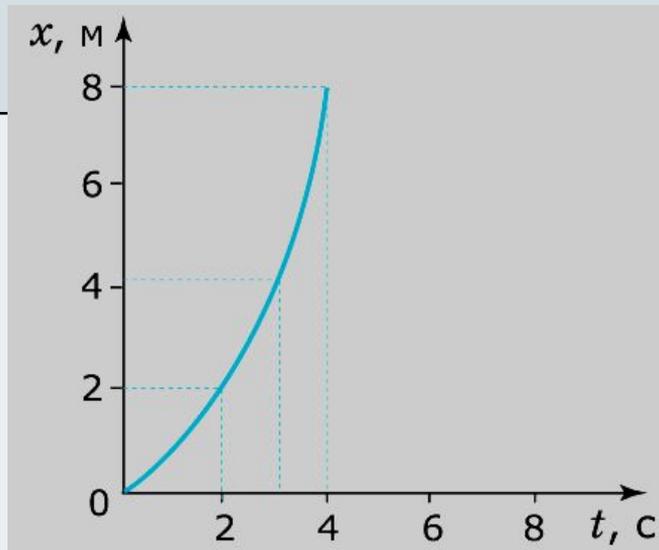
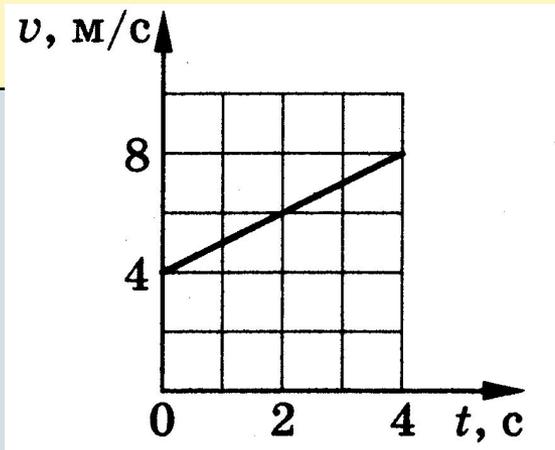
не совпадает  $\vec{v} \uparrow \downarrow \vec{a}$


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

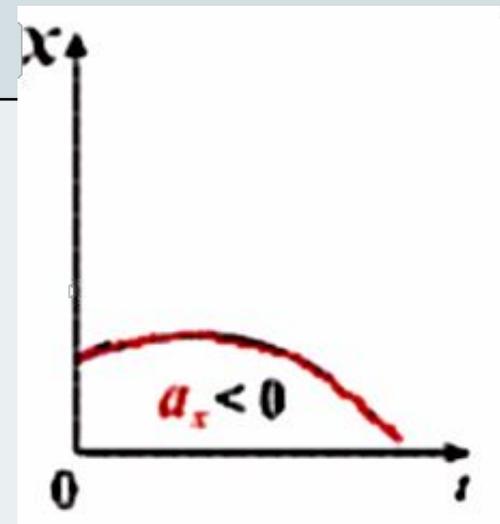
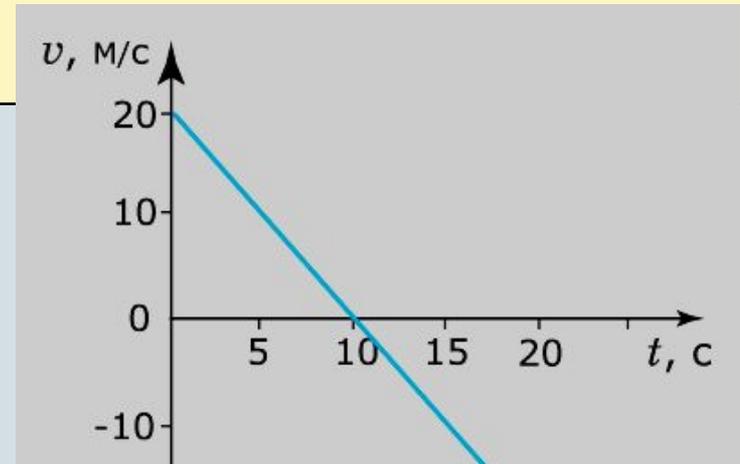

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2aS}$$

# Графики равнопеременного движения

## равноускоренно



## равнозамедленн



## Равноускоренное движение

Характеристики движения:

1) ускорение;

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

2) мгновенная  
скорость;

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

3) перемещение;

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

$$\vec{s} = \frac{\vec{v}^2 - \vec{v}_0^2}{2\vec{a}}$$

$$\vec{s} = \frac{\vec{v}_0 + \vec{v}}{2} t$$

4) координата.

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

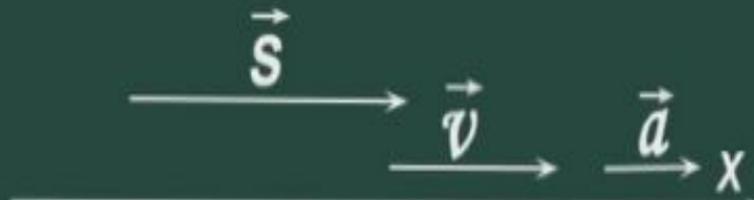
уравнение движения

# ФОРМУЛЫ для РУД при $V=0$

<b>скорость</b>	$\overset{\wedge}{v} = \overset{\wedge}{v}_0 + \overset{\wedge}{a}t$	$\overset{\wedge}{v} = \overset{\wedge}{a}t$
<b>путь или перемещение</b>	$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$ $s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$	$s = \frac{at^2}{2}$ $s = \frac{v^2}{2a}$
<b>координата</b>	$x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$	$x = x_0 + \frac{at^2}{2}$

### Задача 1.

Автомобиль, остановившись перед светофором, набирает затем скорость 54 км/ч на пути 60 м. С каким ускорением он должен двигаться? Сколько времени длится разгон?

$v_0 = 0$	SI	$\vec{s} = \frac{\vec{v}^2 - \vec{v}_0^2}{2\vec{a}}$	$\vec{s} = \frac{\vec{v}^2}{2\vec{a}} \Rightarrow s = \frac{v^2}{2a} \Rightarrow \boxed{a = \frac{v^2}{2s}}$	
$v = 54 \frac{\text{KM}}{\text{ч}} = 15 \frac{\text{M}}{\text{с}}$				
$s = 60 \text{ м}$				
$a - ?$				
$t - ?$		$\vec{s} = \frac{\vec{v}_0 + \vec{v}}{2} t \Rightarrow s = \frac{v}{2} t \Rightarrow \boxed{t = \frac{2s}{v}}$		

$$a = \frac{15^2}{2 \cdot 60} \approx 1,9 \left(\frac{\text{M}}{\text{с}^2}\right) \quad t = \frac{2 \cdot 60}{15} = 8 (\text{с}) \quad \text{Ответ: } a \approx 1,9 \frac{\text{M}}{\text{с}^2}; t = 8 \text{ с}$$

# Проверь свои знания !

A1. Какая величина среди перечисленных ниже скалярная?

- 1) сила;
- 2) скорость;
- 3) перемещение;
- 4) ускорение;
- 5) путь.

A2. Изменение положения тела относительно другого тела с течением времени называют:

- 1) пройденным путем;
- 2) траекторией;
- 3) механическим движением.

A3. Относительно какого тела или частей тела пассажир, сидящий в движущемся вагоне, находится в состоянии покоя?

- 1) вагона;
- 2) земли;
- 3) колеса вагона.

A4. Материальная точка – это:

- 1) тело, размерами которого в условиях рассматриваемой задачи можно пренебречь;
- 2) тело, размеры которого малы;
- 3) тело, которое нельзя измерить.

A5. Какая из формул является определением скорости при равномерном прямолинейном движении?

- 1)  $V = \frac{S}{t}$ ;
- 2)  $\vec{V} = \frac{\vec{S}}{t}$ ;
- 3)  $\vec{V} = \frac{S}{t}$ .

# Правильные ответы

- A1- 5
- A2- 3
- A3- 1
- A4- 1
- A5- 2

# Решите задачу

1. Определите модуль и направление скорости точки, если при равномерном движении вдоль оси  $Ox$  ее координата за время  $t_1 = 4$  с изменилась от  $x_1 = 5$  м до  $x_2 = -3$  м.

Решение. Модуль и направление вектора можно найти по его проекциям на оси координат. Так как точка движется равномерно, то проекцию ее скорости на ось  $Ox$  найдем по формуле

$$v_x = \frac{x_2 - x_1}{t_1}; \quad v_x = \frac{-3 - 5}{4} \text{ м/с} = -2 \text{ м/с.}$$

Отрицательный знак проекции скорости означает, что скорость точки направлена противоположно положительному направлению оси  $Ox$ . Модуль скорости равен  $v = |v_x| = |-2 \text{ м/с}| = 2 \text{ м/с}$ .

# Домашнее задание.

- Физика 10 класс п 3-6.
- Рымкевич 11,13,16

# Скорость равномерного прямолинейного движения.

- Движение тела (точки) называется равномерным, если оно за любые равные промежутки времени проходит одинаковые пути.
- Скорость равномерного прямолинейного движения - это постоянная векторная величина, равная отношению перемещения тела за любой промежуток времени к значению этого промежутка.

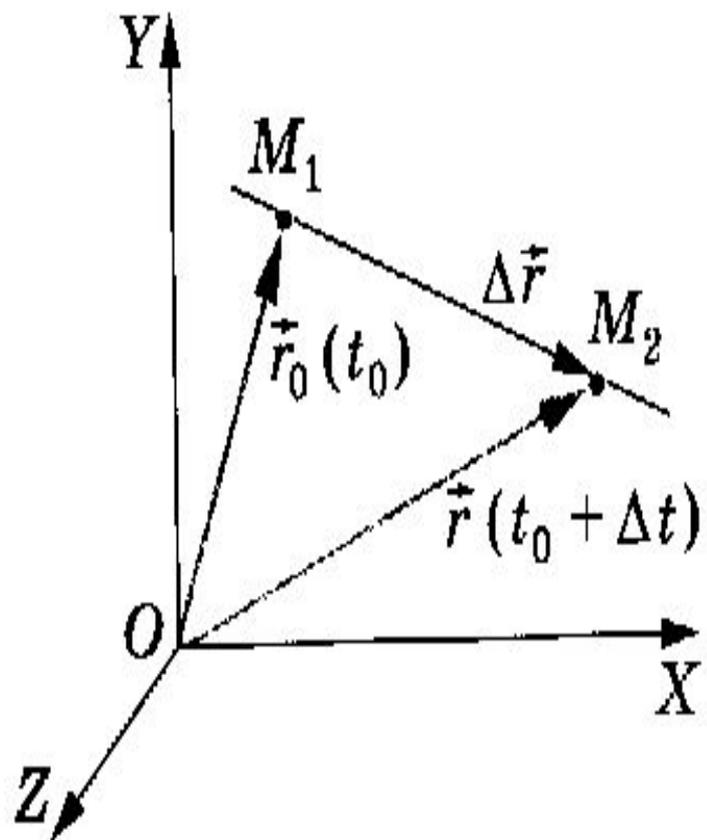


Рис. 1.12

$$\vec{U} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

# Уравнение равномерного

Пусть радиус-вектор  $\vec{r}_0$  задает положение точки в начальный момент времени  $t_0$ , а радиус-вектор  $\vec{r}$  — в момент времени  $t$ . Тогда  $\Delta t = t - t_0$ ,  $\Delta \vec{r} = \vec{r} - \vec{r}_0$ , и выражение для скорости принимает вид  $\vec{v} = \frac{\vec{r} - \vec{r}_0}{t - t_0}$ .

Если начальный момент времени  $t_0$  принять равным нулю, то

$$\vec{v} = \frac{\vec{r} - \vec{r}_0}{t}.$$

Отсюда

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}t.$$

(1.4)

$$x = x_0 + v_x t.$$

# Графическое представление равномерного движения.

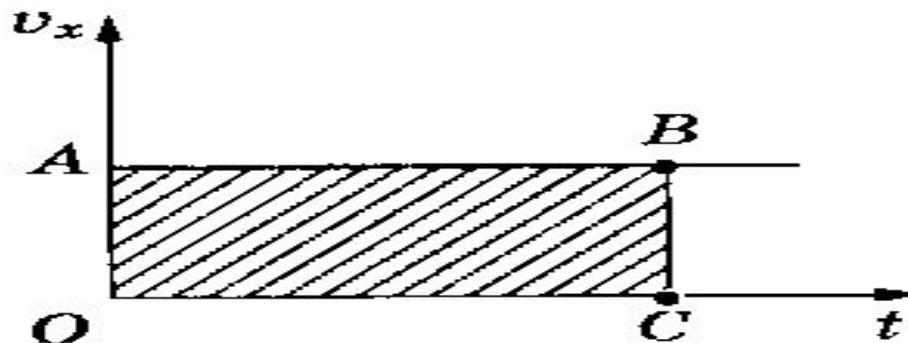
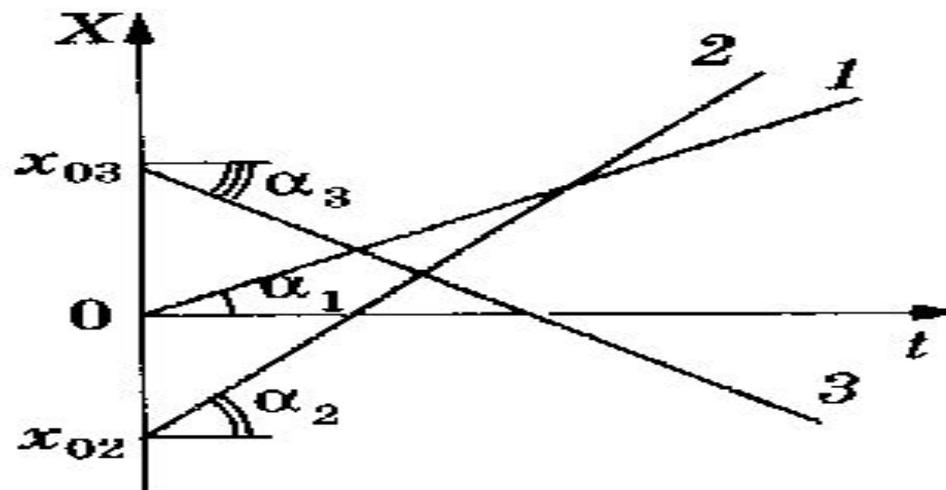


Рис. 1.14



# Проверь свои знания!

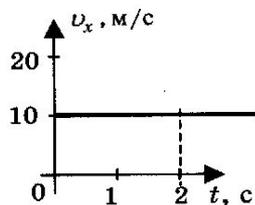
6. Два велосипедиста стартуют одновременно на дистанции 2,2 км. Скорость первого велосипедиста равна 10 м/с, второго — 11 м/с. На сколько секунд второй велосипедист опередит первого?

- 1) 10 с
- 2) 20 с
- 3) 30 с
- 4) 40 с

7. Тело, двигаясь прямолинейно и равномерно в плоскости, переместилось из точки А с координатами (0; 2) в точку В с координатами (4; - 1) за время, равное 5 с. Определите модуль скорости тела.

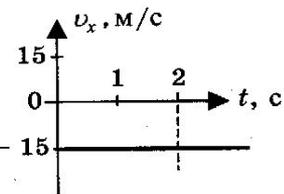
- 1) 0,5 м/с
- 2) 1 м/с
- 3) 1,5 м/с
- 4) 2 м/с

8. Тело движется вдоль оси  $Ox$ . Проекция его скорости  $v_x(t)$  меняется по закону, приведенному на графике. Путь, пройденный телом за 2 с, равен



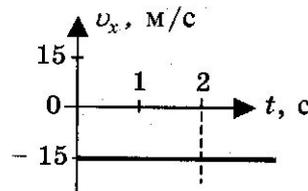
- 1) 10 м
- 2) 20 м
- 3) 40 м
- 4) 80 м

9. Тело движется вдоль оси  $Ox$ . Проекция его скорости  $v_x(t)$  меняется по закону, приведенному на графике. Проекция перемещения тела за 2 с равна



- 1) - 15 м
- 2) - 30 м
- 3) 15 м
- 4) 30 м

10. Тело движется вдоль оси  $Ox$ . Проекция его скорости  $v_x(t)$  меняется по закону, приведенному на графике. Путь, пройденный телом за 2 с, равен



- 1) - 15 м
- 2) - 30 м
- 3) 15 м
- 4) 30 м

# Правильные ответы

- 6- 2
- 7- 2
- 8- 2
- 9- 2
- 10- 4

# Реши задачу!

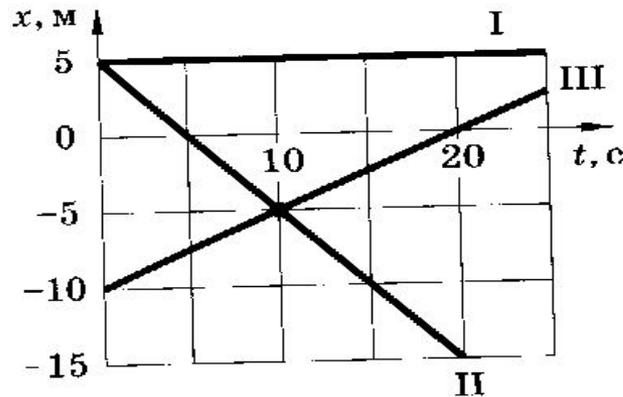


Рис. 9

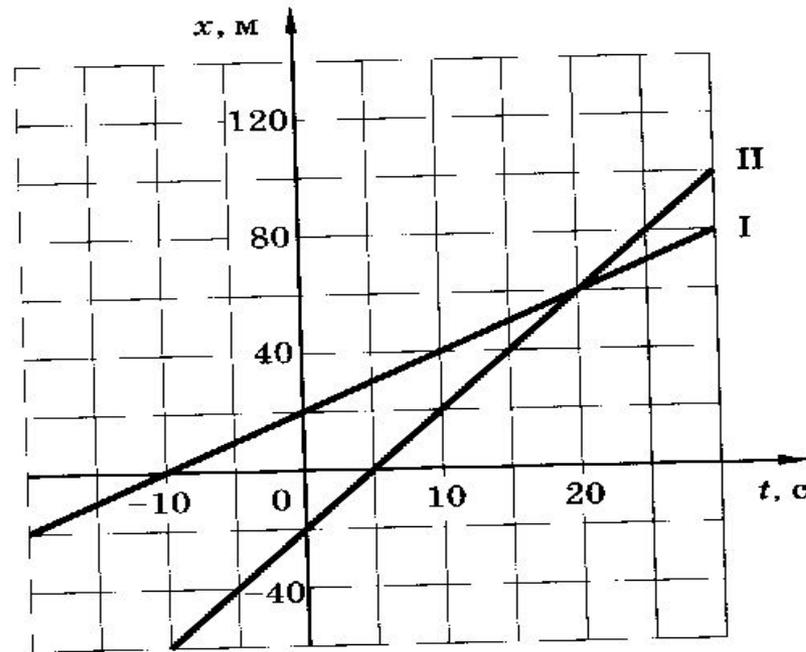


Рис. 10

**22.** По заданным графикам (рис. 9) найти начальные координаты тел и проекции скорости их движения. Написать уравнения движения тел  $x = x(t)$ . Из графиков и уравнений найти время и место встречи тел, движения которых описываются графиками II и III.

**23.** Движения двух велосипедистов заданы уравнениями:  $x_1 = 5t$ ,  $x_2 = 150 - 10t$ . Построить графики зависимости  $x(t)$ . Найти время и место встречи.

**24.** Графики движения двух тел представлены на рисунке 10. Написать уравнения движения  $x = x(t)$ . Что означают точки пересечения графиков с осями координат?

# Проверь решение!

№ 22.

По графику видно, что начальные координаты *I* тела : 5 м, *II*: 5 м  
*III*: — 10 м. Скорости движения *I*:  $v_1 = \frac{5 \text{ м} - 5 \text{ м}}{20 \text{ с}} = 0$ ,

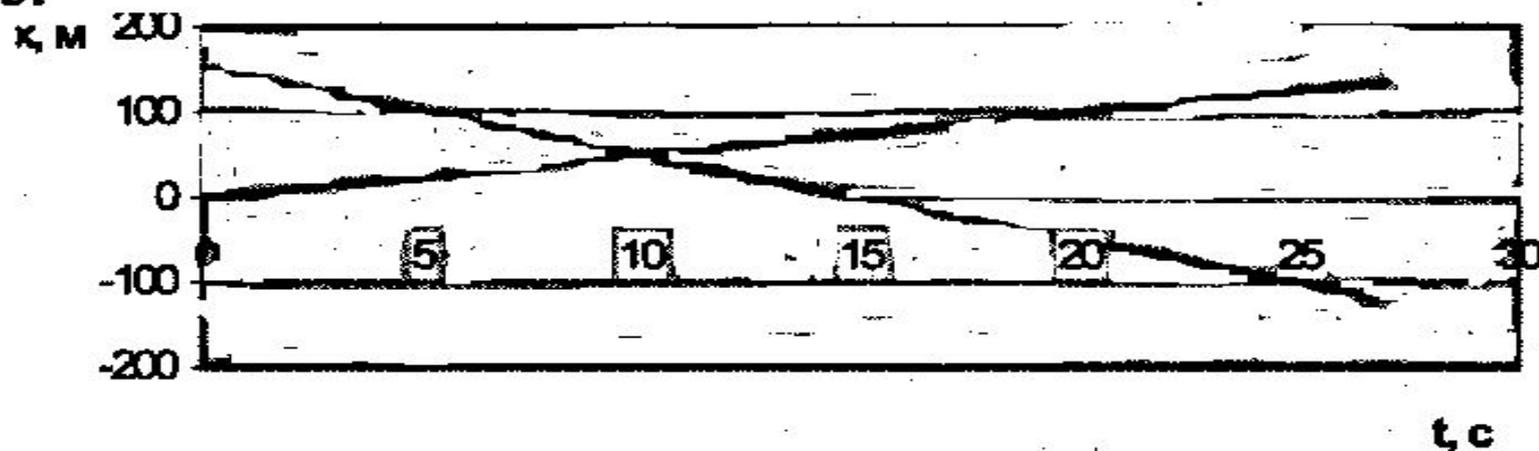
*II*:  $v_2 = \frac{-15 \text{ м} - 5 \text{ м}}{20 \text{ с}} = -1 \text{ м/с}$ , *III*:  $v_3 = \frac{0 - (-10 \text{ м})}{20 \text{ с}} = 0,5 \text{ м/с}$ . Уравнения дви

жения: *I*:  $x_1 = 5$ ; *II*:  $x_2 = -t + 5$ ; *III*:  $x_3 = 0,5t - 10$ .

Т.к. движение равномерное вдоль оси *X*, то найденные нами скорости  $v_1, v_2, v_3$  являются проекциями на ось *X*.

По графикам уравнения движения тел *II* и *III* видно, что они пересекутся в точке  $x = -5$  м в момент времени  $t = 10$  с. Найдем это из уравнений движения.  $x_2(t) = x_3(t)$ ;  $-t + 5 = 0,5t - 10$ ;  $t = 10$  с;  
 $x_2(t) = x_2(10) = -10 \text{ м} + 0,5 \text{ м/с} \cdot 10 \text{ с} = -5 \text{ м}$ .

№ 23.



Дано:

$$x_1(t) = 5t;$$

$$x_2(t) = 150 - 10t.$$

Найти:  $x$ ,  $t$ .

Решение.

$$x_1(t) = x_2(t); 5t = 150 - 10t; t = 10 \text{ с.}$$

$$x = x_1(t) = 5 \text{ м/с} \cdot 10 \text{ с} = 50 \text{ м.}$$

Ответ:  $x = 50 \text{ м}$ ,  $t = 10 \text{ с}$ .

№ 24. Начальные координаты тела I:  $x_{10} = 20$  м, тела II:  $x_{20} = -20$  м. Скорость тела I:  $v_1 = \frac{60 \text{ м} - 20 \text{ м}}{20 \text{ с}} = 2 \text{ м/с}$ ,

тела II:  $v_2 = \frac{60 \text{ м} - (-20 \text{ м})}{20 \text{ с}} = 4 \text{ м/с}$ . Тогда уравнения движения имеют вид:  $x_1(t) = x_{10} + v_1 t = 20 + 2t$ ;  $x_2(t) = x_{20} + v_2 t = -20 + 4t$ .

Точки пересечения графиков с осью X показывают соответствующую координату в момент времени  $t = 0$ , то есть начальную координату. Точки пересечения графиков с осью  $t$  показывают моменты времени, когда тело имеет координату  $x = 0$ .

# ЕГЭ - 2018

## Тематический блок № 1 «Кинематика»

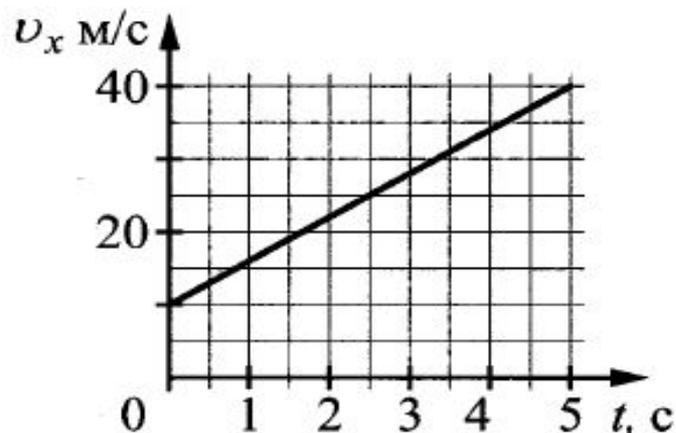
1.1. Два автомобиля движутся по прямой дороге в одном направлении: один со скоростью 40 км/ч, а другой – со скоростью 60 км/ч. Чему равна скорость второго автомобиля относительно первого?

Ответ: \_\_\_\_\_ км/ч

1.2. Моторная лодка движется на противоположный берег по кратчайшему пути в системе отсчета, связанной с берегом. Скорость течения реки 6 км/ч, а скорость лодки относительно воды 10 км/ч. Чему равен модуль скорости лодки относительно берега?

Ответ: \_\_\_\_\_ км/ч

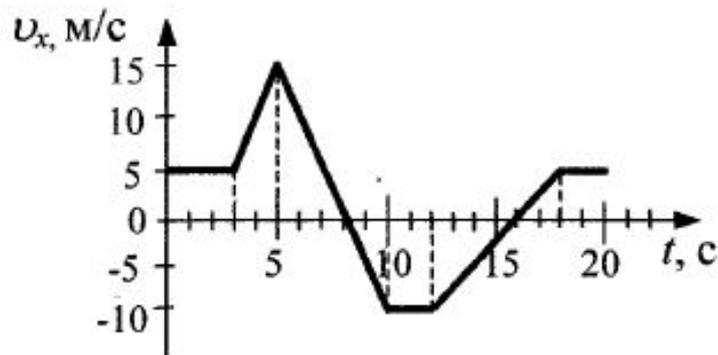
1.3. На графике приведена зависимость проекции скорости тела  $v_x$  от времени при прямолинейном движении. Определите ускорение тела.



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>

# ЕГЭ - 2018

1.4. На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела от времени.



Выберите два верных утверждения из приведенных. В ответе укажите номера утверждений.

- 1) За время наблюдения тело двигалось равномерно 6 с
- 2) Максимальное по модулю ускорение тело было на интервале от 12 с до 18 с
- 3) Модули ускорений на интервале от 3 с до 5 с и от 5 до 10 с отличаются
- 4) Путь, пройденный телом с 3 по 5 с равен 20 м
- 5) На интервале от 5 до 10 с тело двигалось против оси  $x$

Ответ:

1.5. Находящемуся на горизонтальной поверхности стола бруску сообщили скорость 5 м/с. Под действием сил трения брусок движется с ускорением  $1 \text{ м/с}^2$ . Чему равен путь, пройденный бруском за 6 с?

Ответ: \_\_\_\_\_ м

# ЕГЭ - 2018

1.6. Установите соответствие между зависимостью проекции скорости тела от времени (все величины выражены в СИ) и зависимостью координаты этого тела от времени (начальная координата тела равна 0).

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

СКОРОСТЬ

А)  $v_x = -2$

Б)  $v_x = 5 - t$

КООРДИНАТА

1)  $x = -2t$

2)  $x = -2t^2$

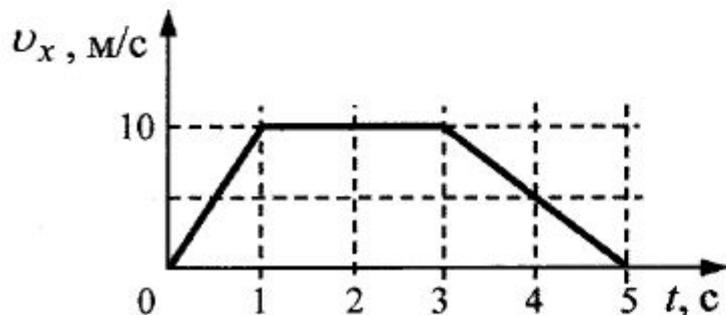
3)  $x = 5t - 0,5t^2$

4)  $x = 5t + 2t^2$

Ответ:

А	Б

1.8. (Б, КО). На рисунке представлен график зависимости проекции скорости  $v_x$  автомобиля от времени  $t$  при его прямолинейном движении. Найдите путь, пройденный автомобилем за 5 с.



Ответ: \_\_\_\_\_ м