

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:

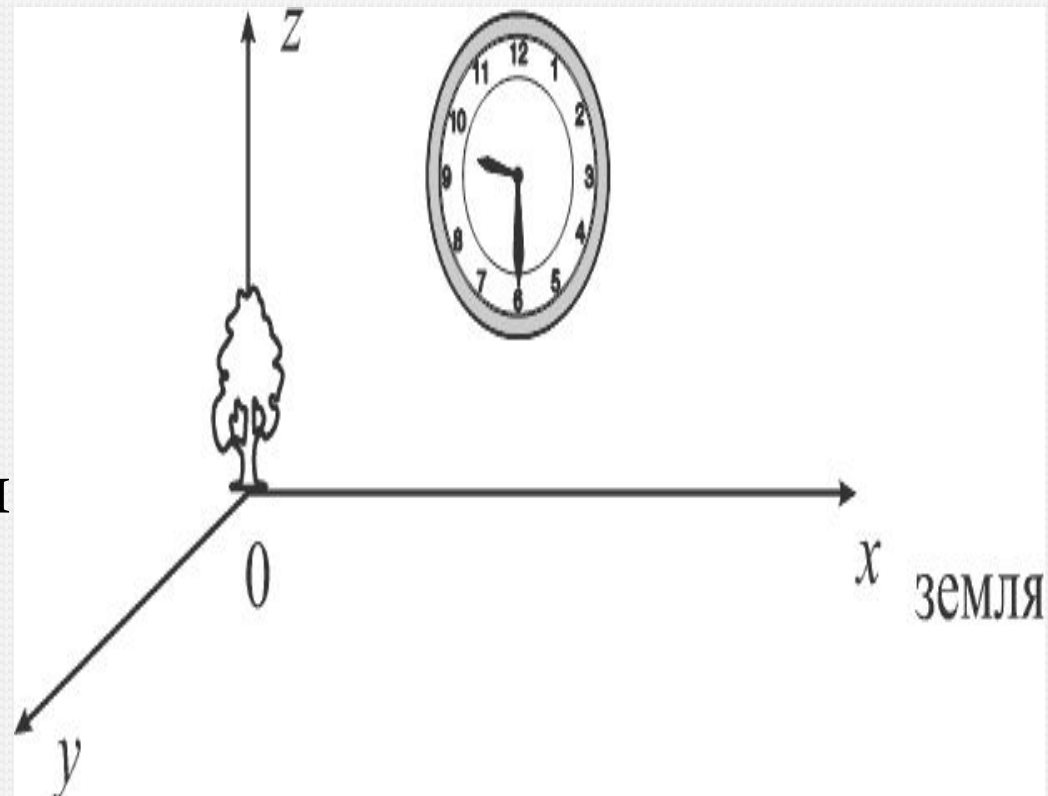
- ✓ Рассчитывают путь Земли по орбите вокруг Солнца.
- ✓ Рассчитывают возможность столкновения спутника с метеоритом.
- ✓ Для определения объема шарика его опускают в мензурку.
- ✓ Для измерения массы лимона его кладут на весы.

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

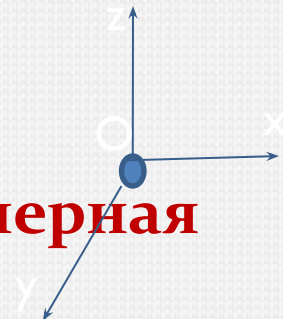
=

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:

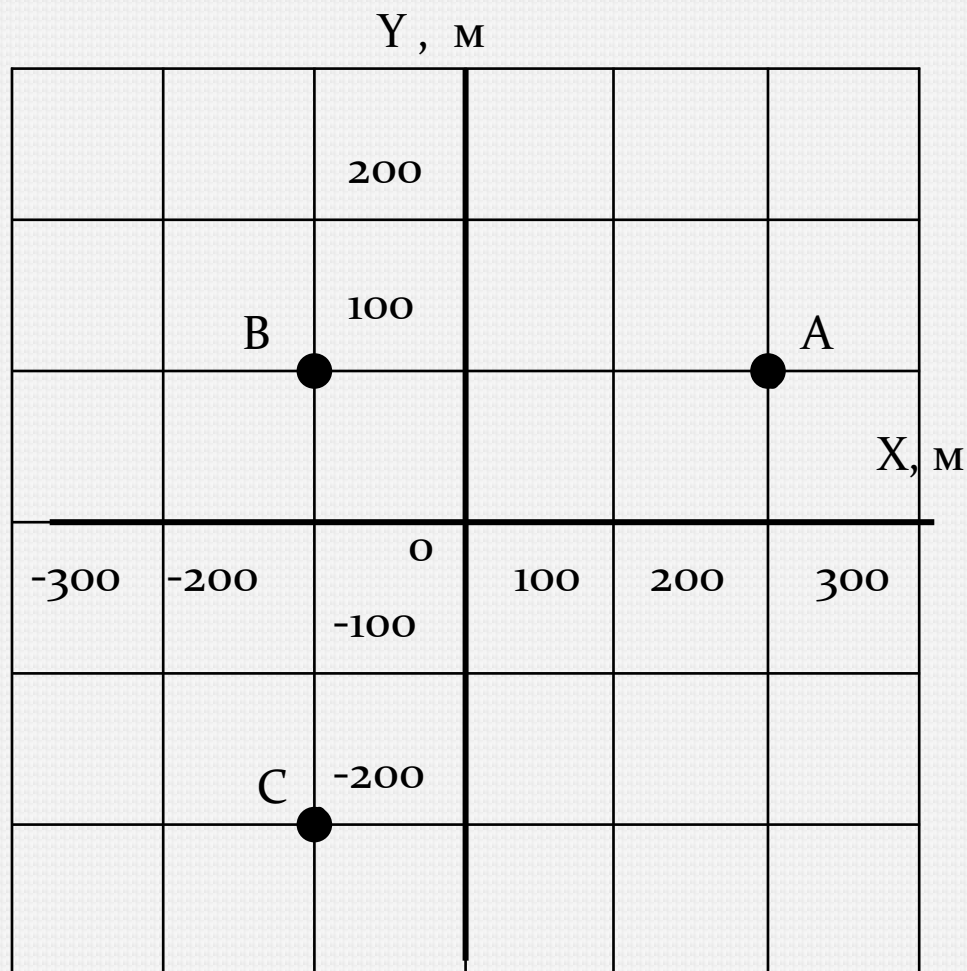
Координаты

точек:

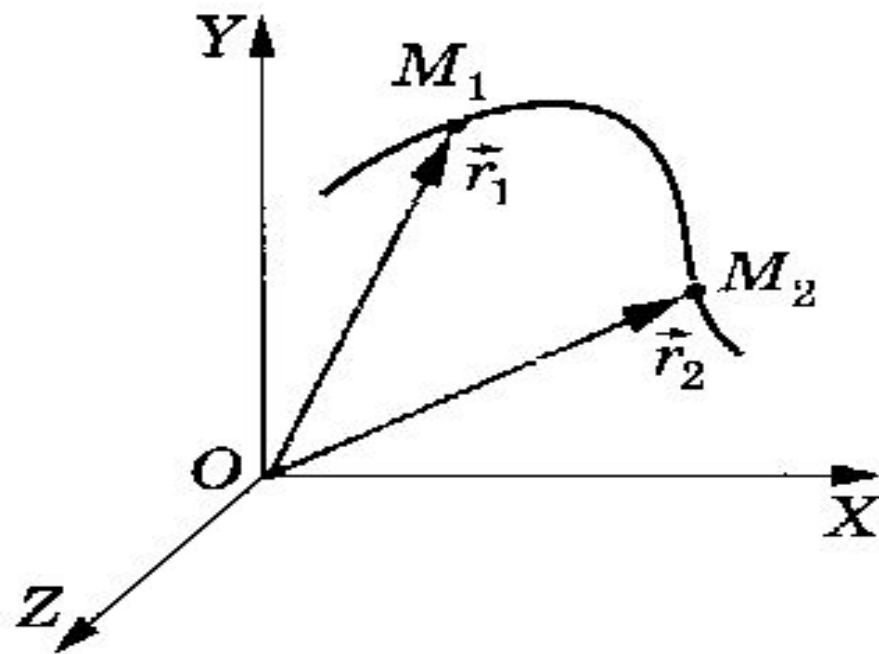
А (200;100)

В (-100;100)

С (-100;-200)

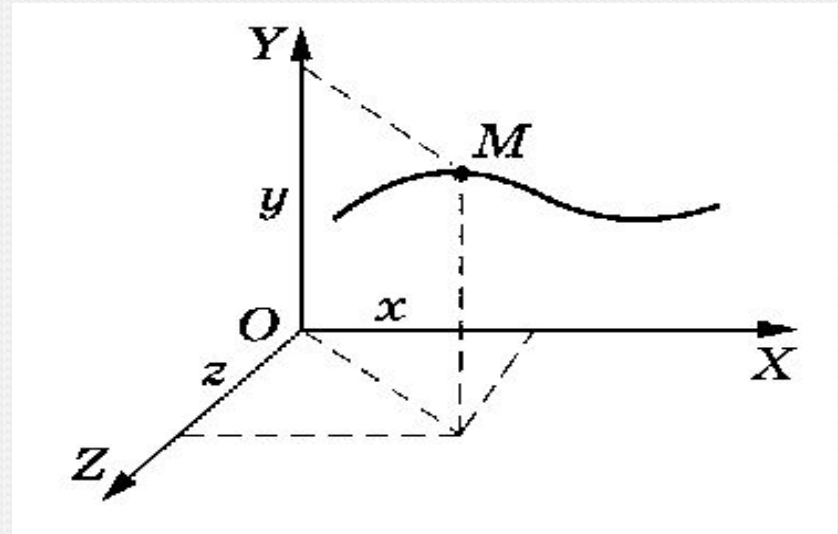


- С помощью радиус-вектора.



Способы описания движения.

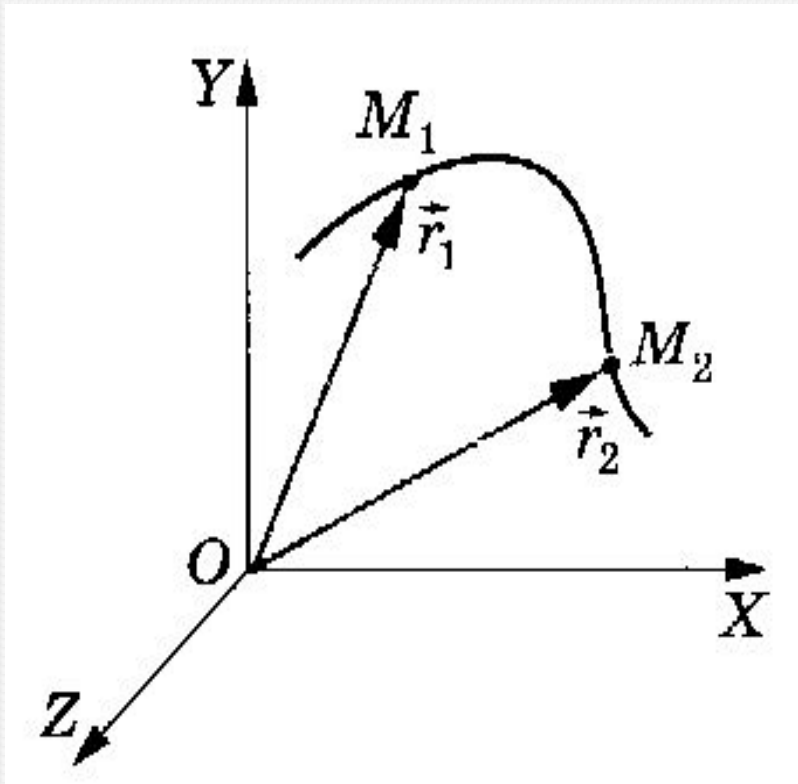
1. Координатный способ:



2. Кинематическое уравнение

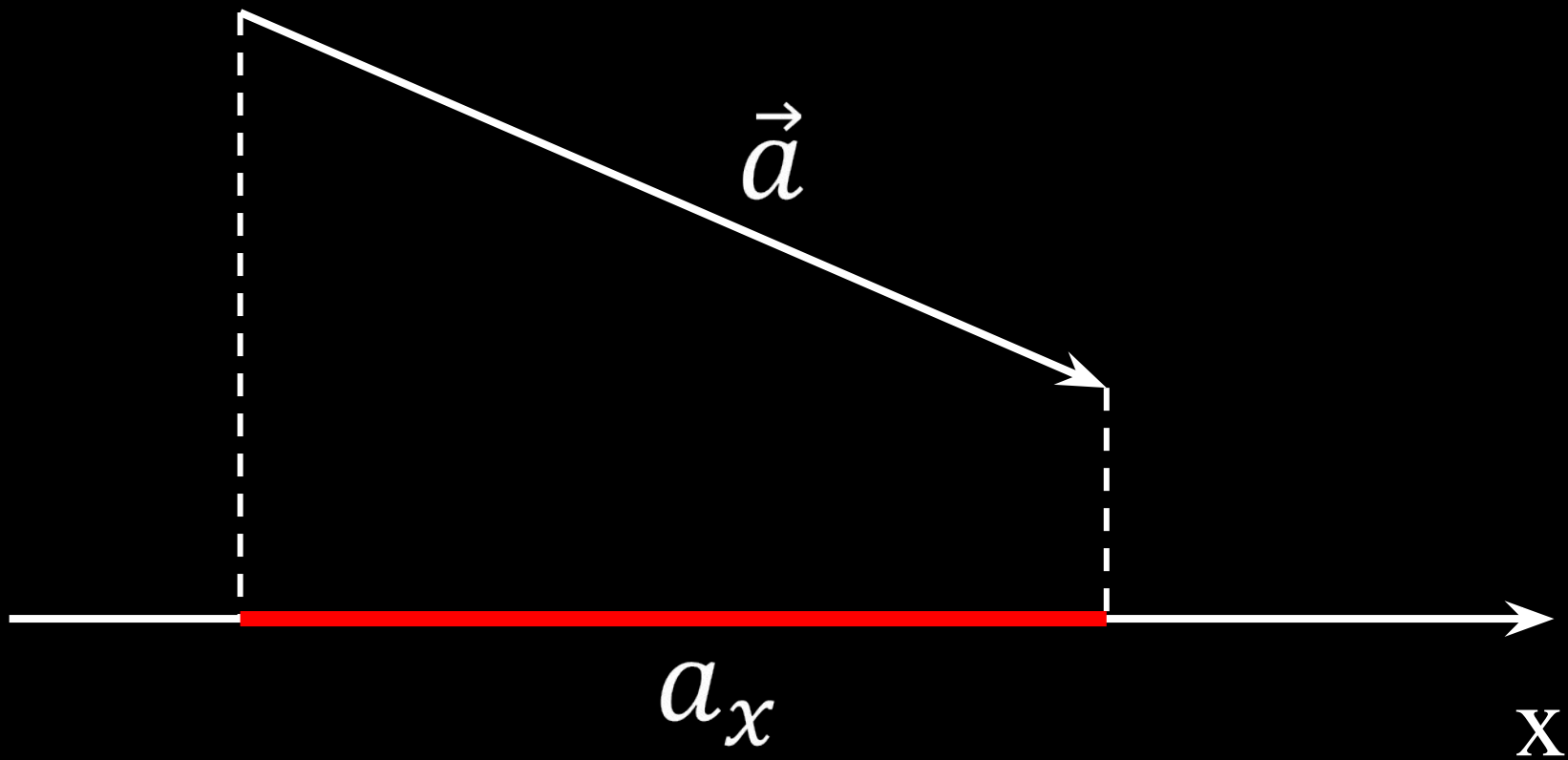
$$\begin{cases} x = x(t), \\ y = y(t), \\ z = z(t), \end{cases}$$

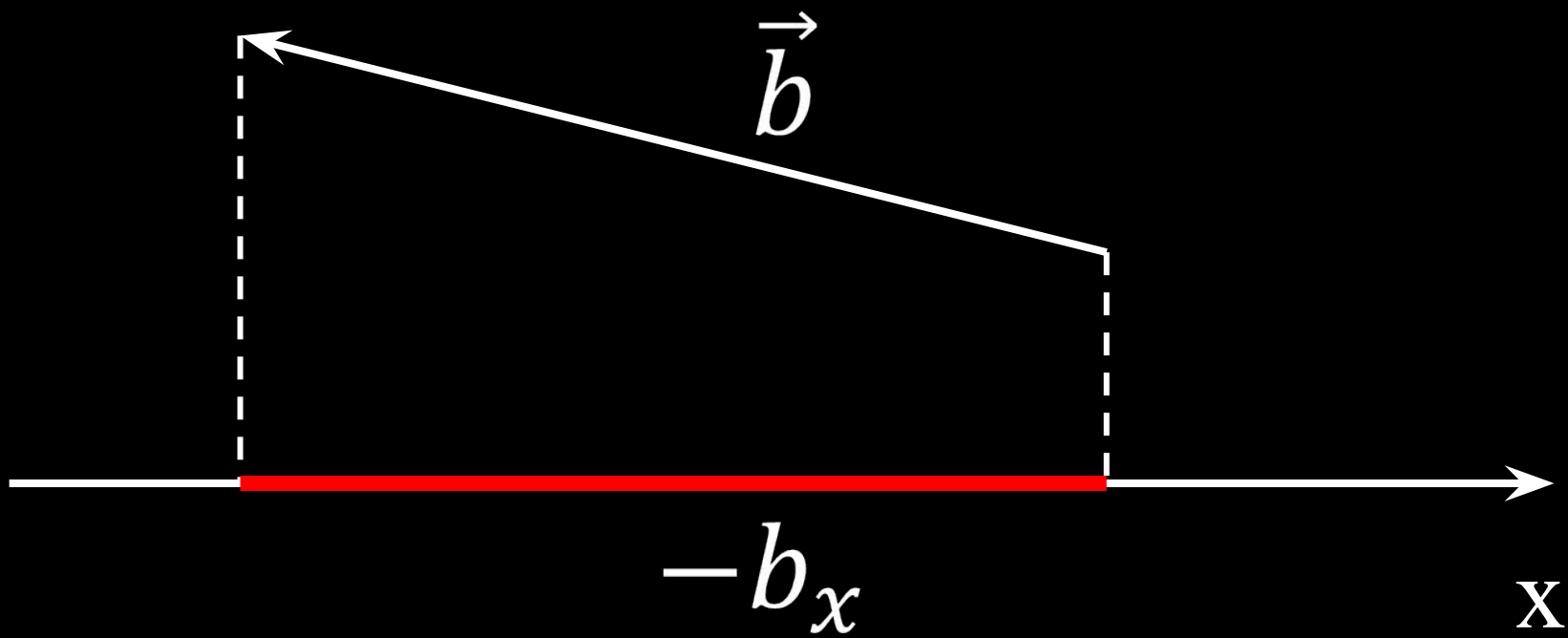
3. Векторный способ:



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

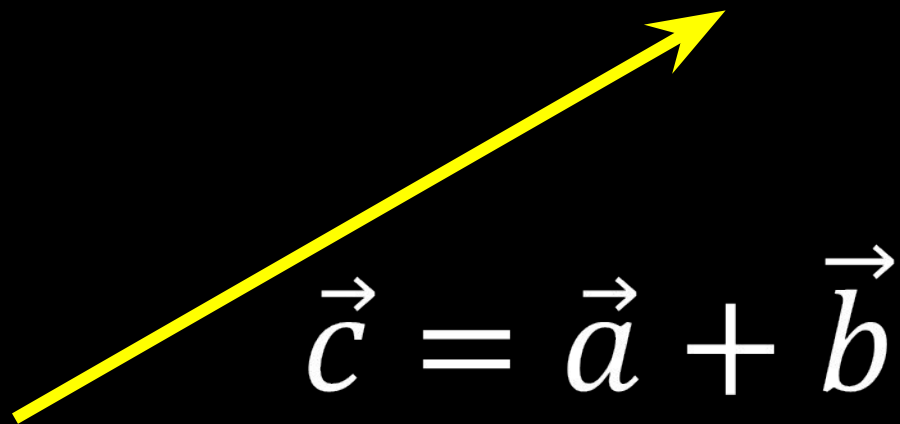
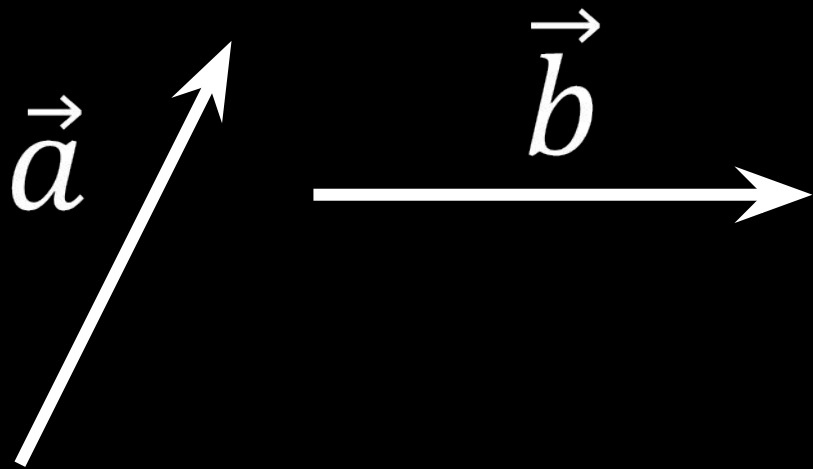
ПРОЕКЦИЯ ВЕКТОРА





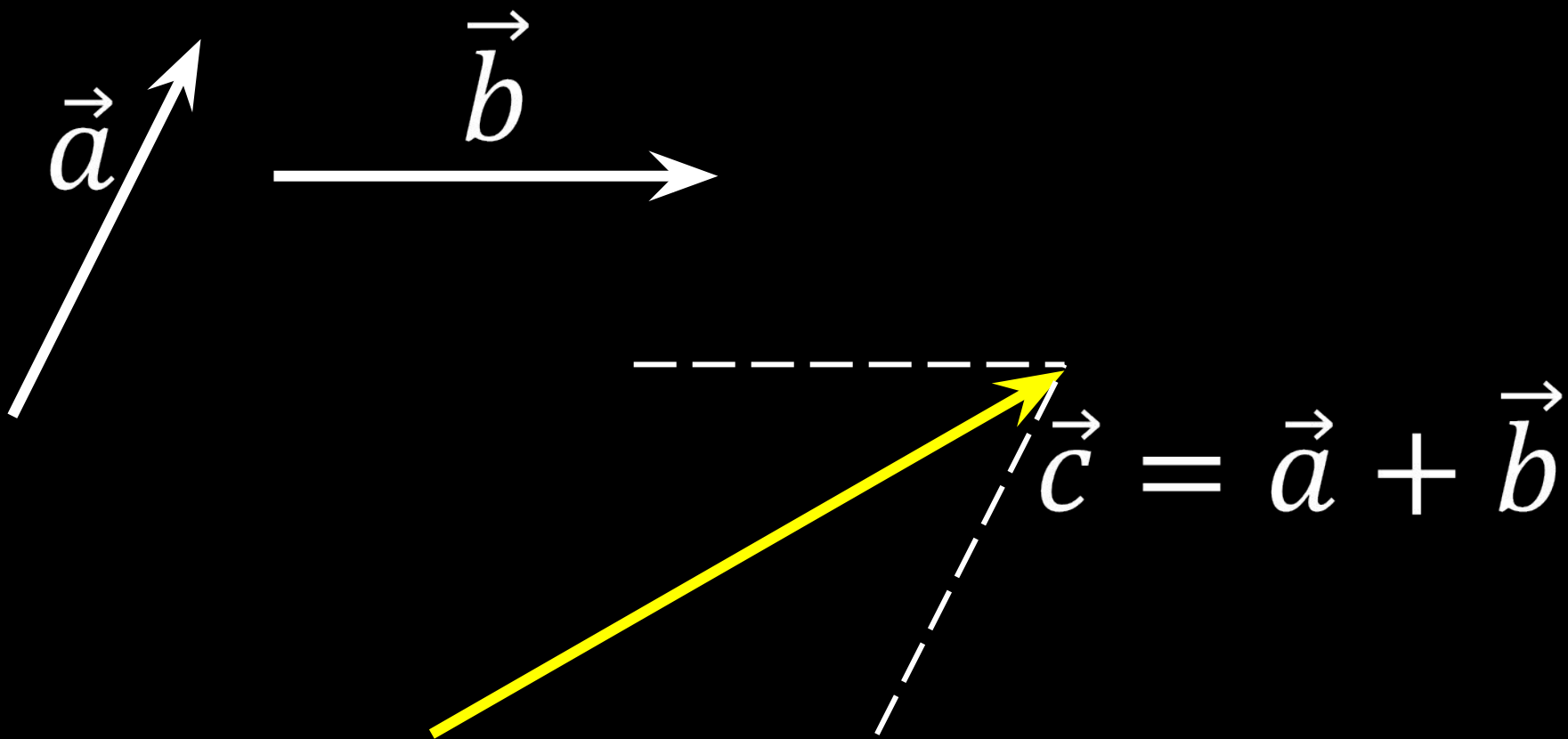
СЛОЖЕНИЕ ВЕКТОРОВ

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:**

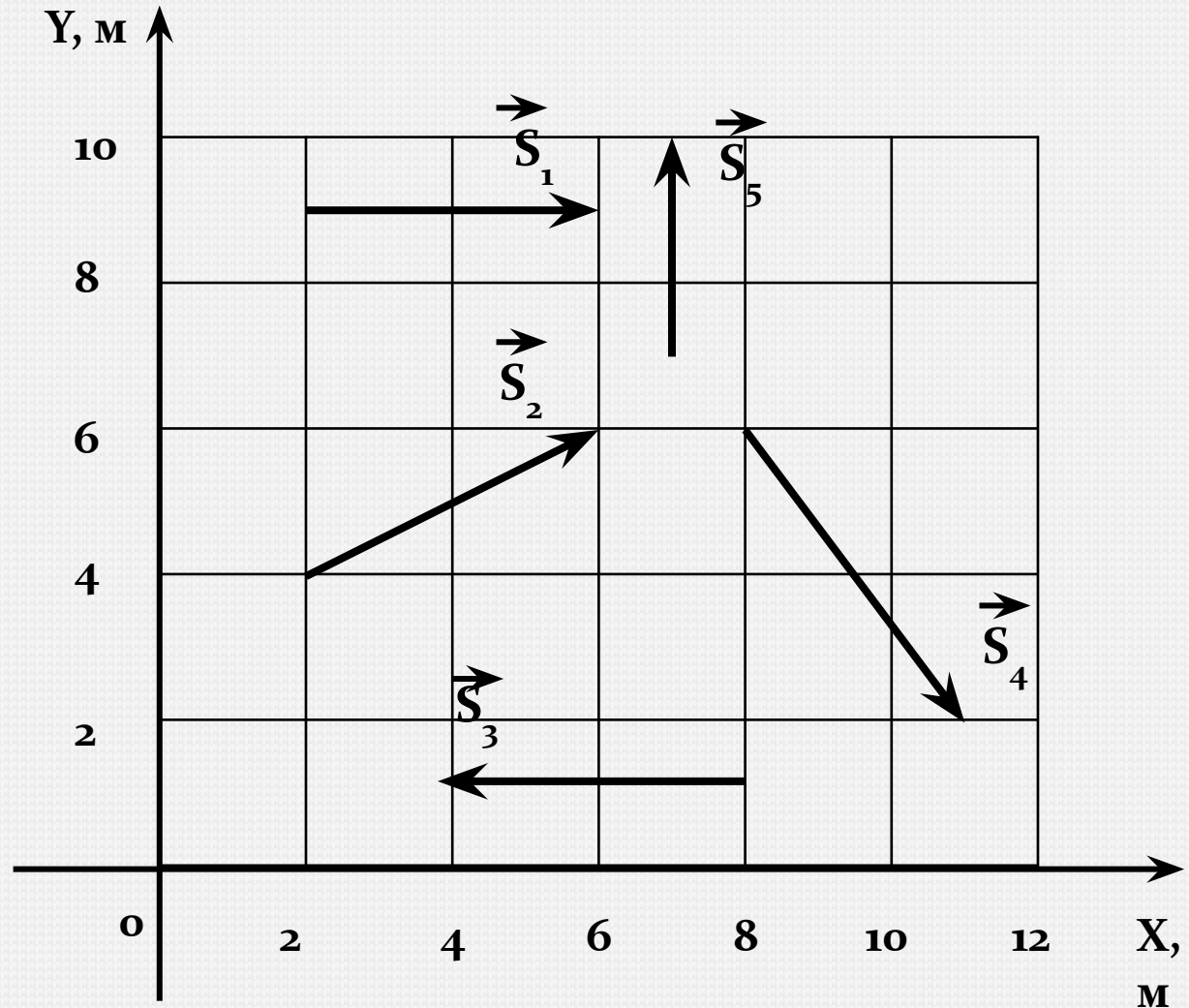
$$S_1 = 0\text{м}$$

$$S_2 = 2\text{м}$$

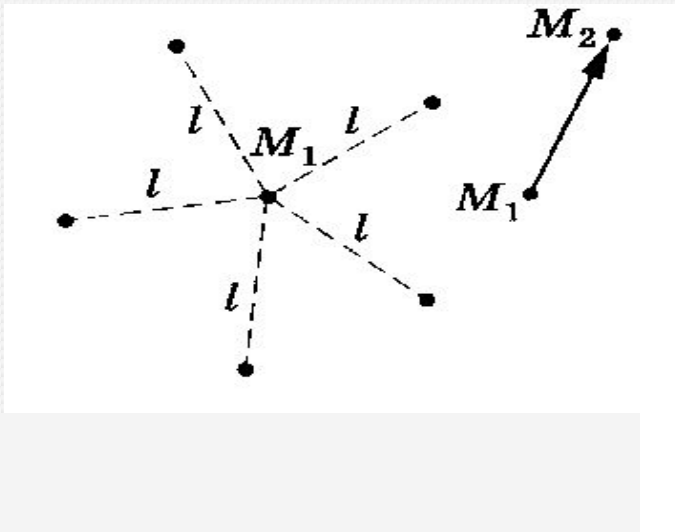
$$S_3 = 0\text{м}$$

$$S_4 = -4\text{м}$$

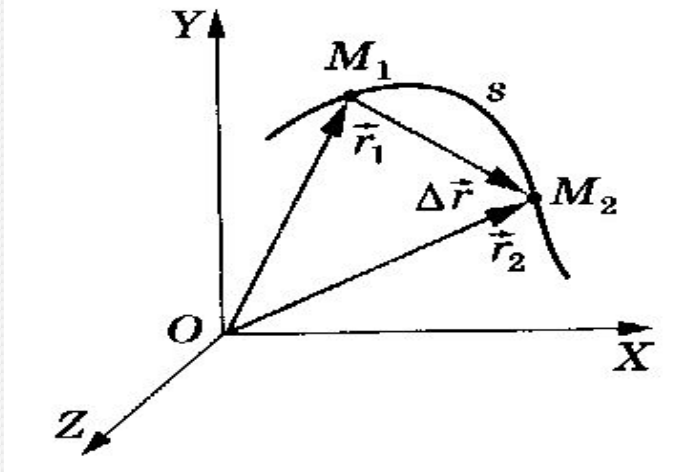
$$S_5 = 3\text{м}$$



Перемещение



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



1) Путь l -

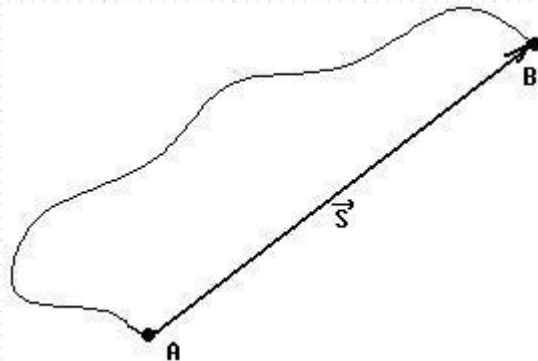
- длина линии,
по которой двигалось тело .


$$[l] = \text{м (метр)}$$

2) Перемещение \vec{S} -

- вектор, соединяющий
начальную и конечную точки
пути.

$$[S] = \text{м}$$

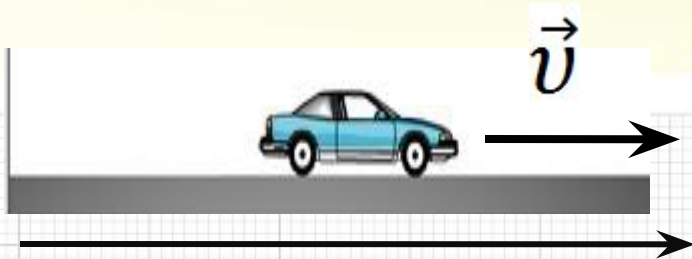




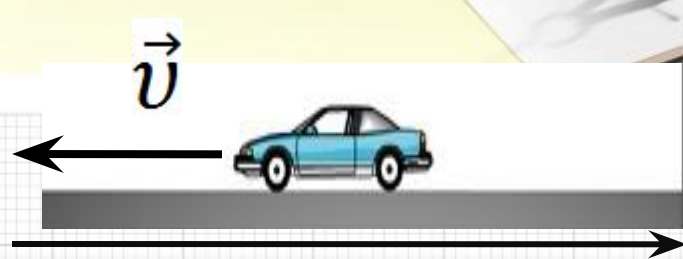
3) Скорости \vec{v} - векторная величина, равная отношению перемещения тела за любой промежуток времени к значению этого времени.

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

$$[v] = \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



$$v > 0$$



$$v < 0$$

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

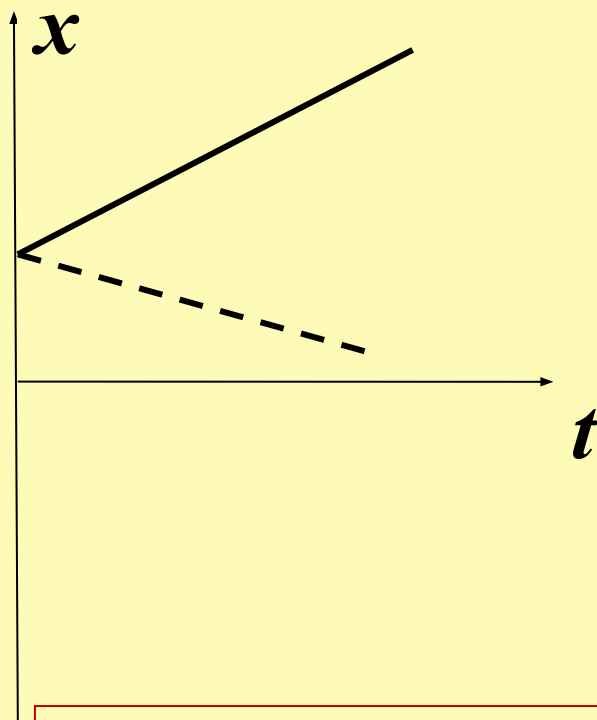
x – конечная координата

$$S = x - x_0$$

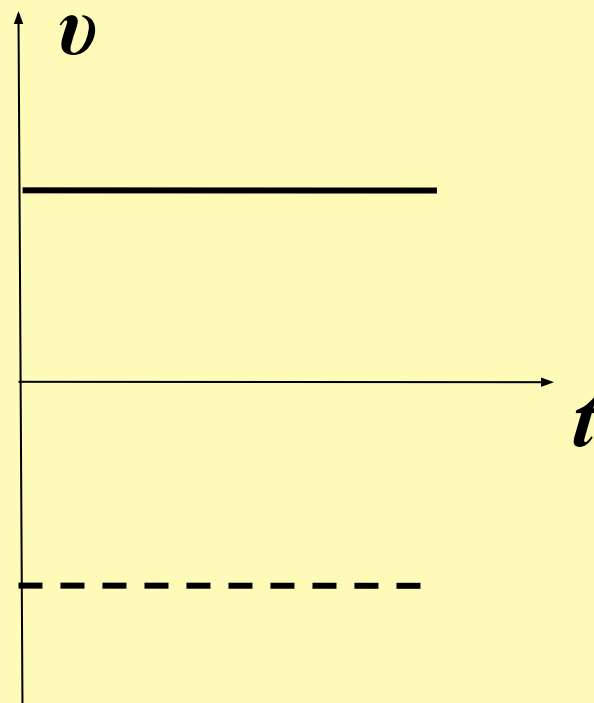
Уравнения равномерного движения

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

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

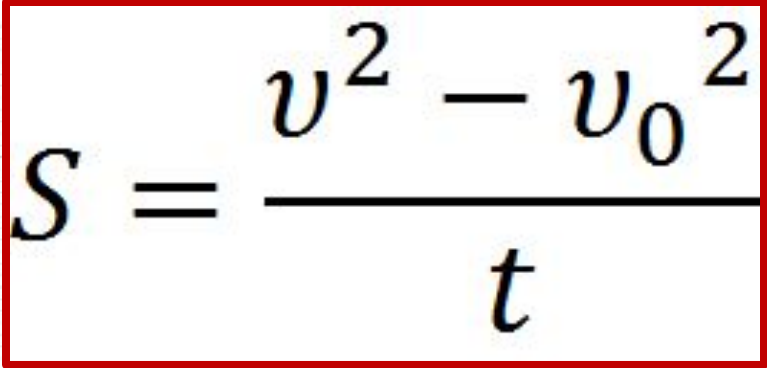
векторов \vec{v} и \vec{a}

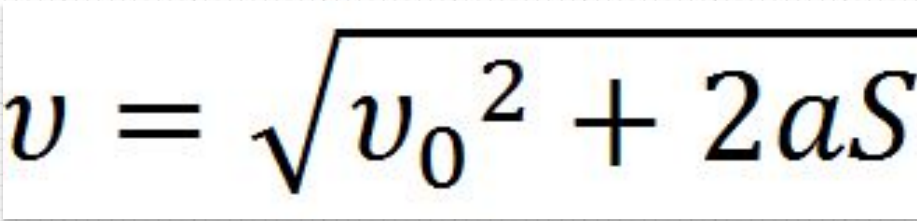
совпадает $\vec{v} \uparrow \uparrow \vec{a}$

Направление

векторов \vec{v} и \vec{a}

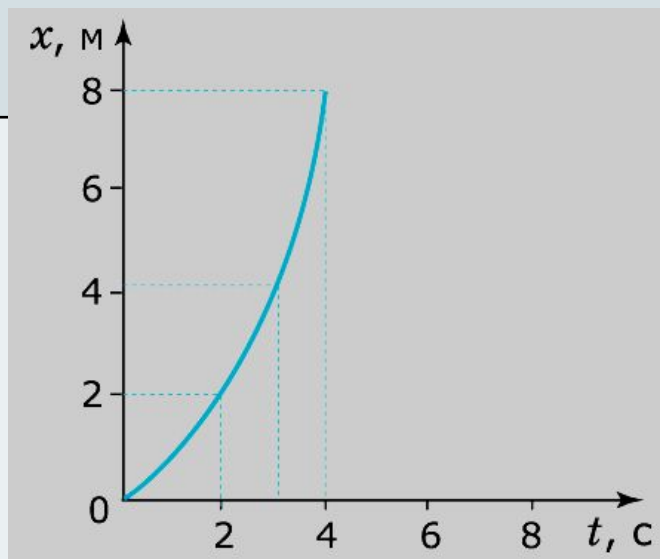
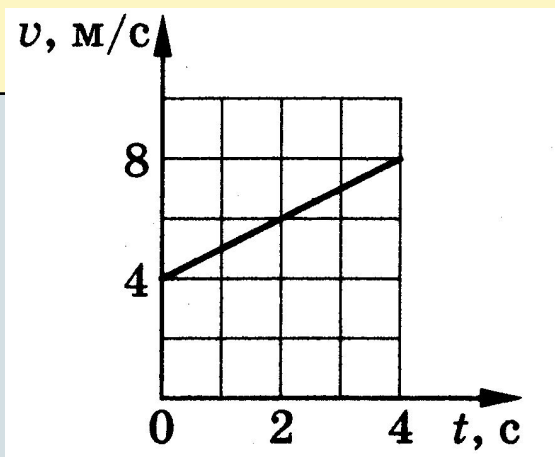
не совпадает $\vec{v} \uparrow \downarrow \vec{a}$


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

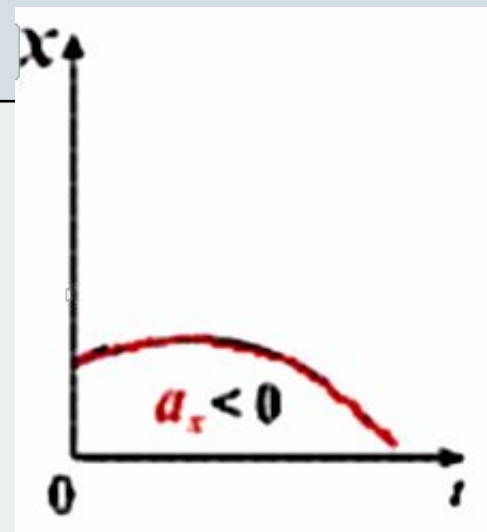
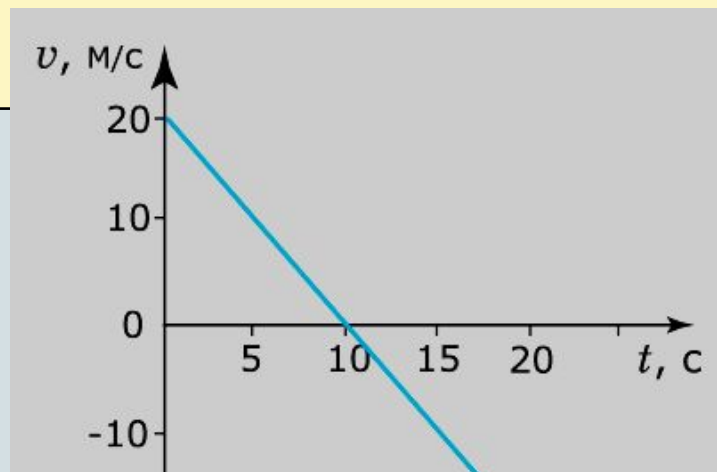

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2aS}$$

Графики равнопеременного движения

равноускоренно



равнозамедленно



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.

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

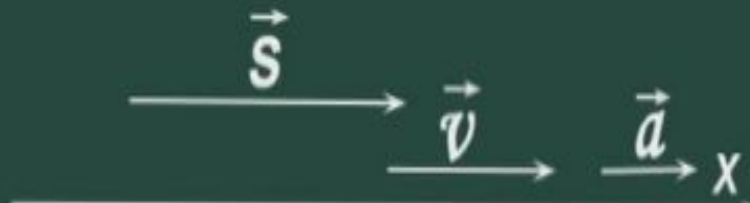
уравнение движения

ФОРМУЛЫ для РУД при $V=0$

скорость	$\hat{v} = \hat{v}_0 + \hat{a}t$	$\hat{v} = \hat{a}t$
путь или перемещени е	$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$ $s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$	$s = \frac{at^2}{2}$ $s = \frac{v^2}{2a}$
координата	$x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$	$x = x_0 + \frac{at^2}{2}$

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

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

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 проходят одинаковые пути.
- Скорость равномерного прямолинейного движения- это постоянная векторная величина, равная отношению перемещения тела за любой промежуток времени к значению этого промежутка.

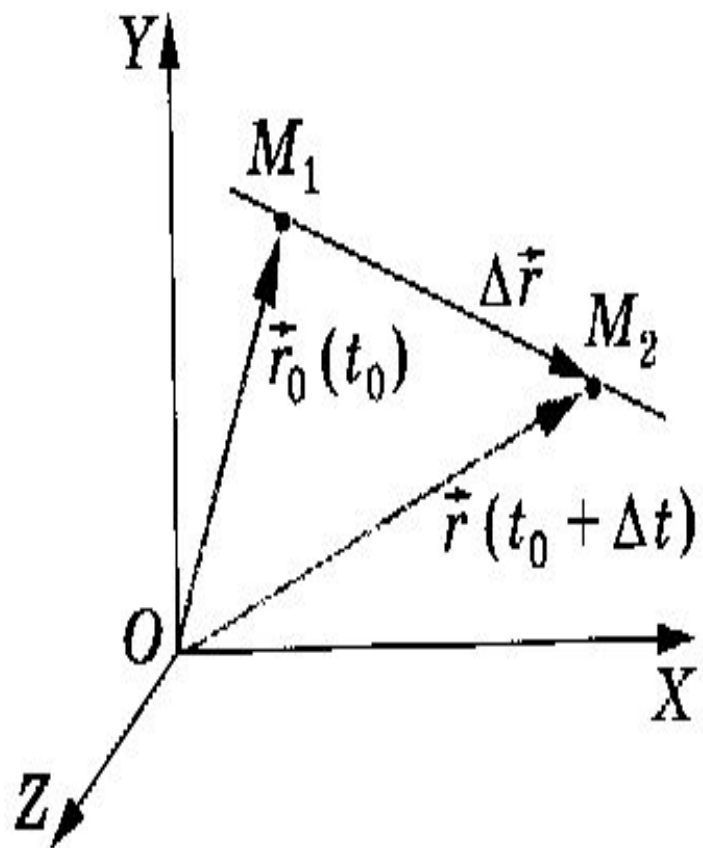


Рис. 1.12

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

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.

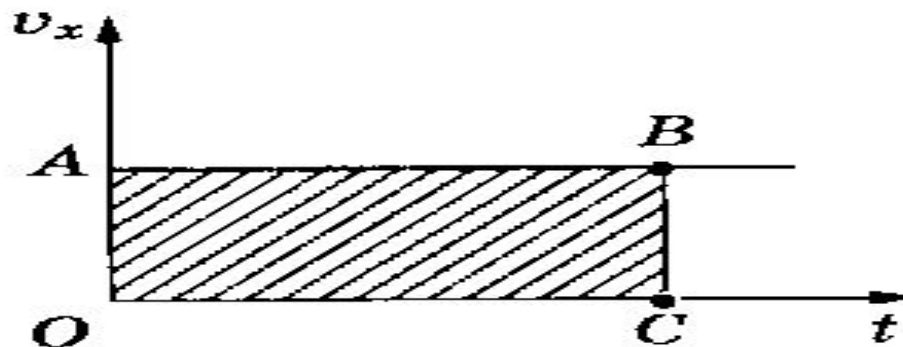
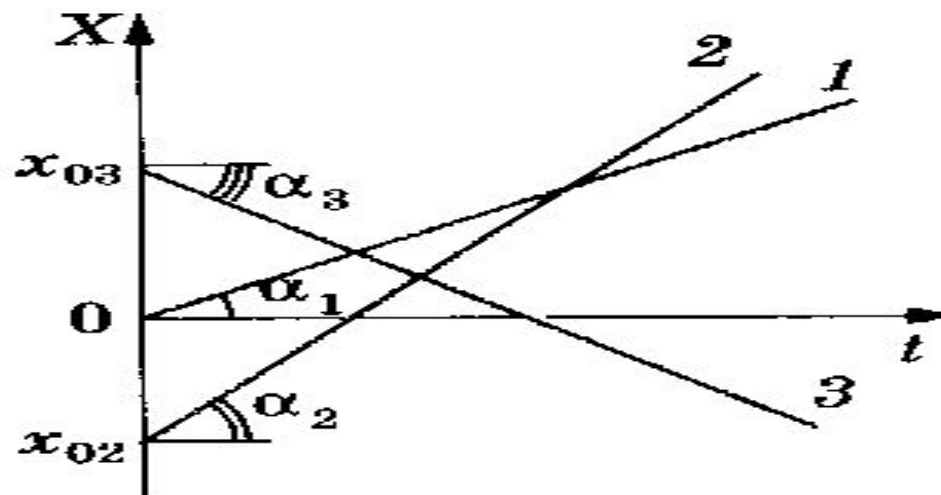


Рис. 1.14



Проверь свои знания!

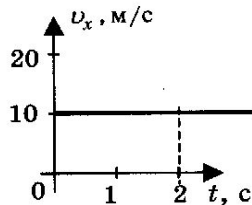
6. Два велосипедиста стартуют одновременно на дистанции 2,2 км. Скорость первого велосипедиста равна 10 м/с, второго — 11 м/с. На сколько секунд второй велосипедист опередит первого?

- 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.

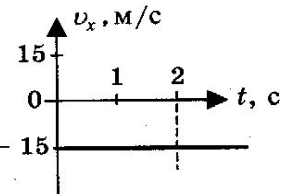
- 1) 0,5 м/с
- 2) 1 м/с
- 3) 1,5 м/с
- 4) 2 м/с

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



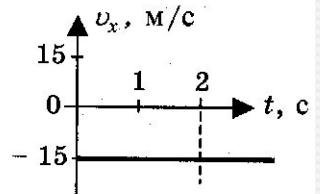
- 1) 10 м
- 2) 20 м
- 3) 40 м
- 4) 80 м

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!

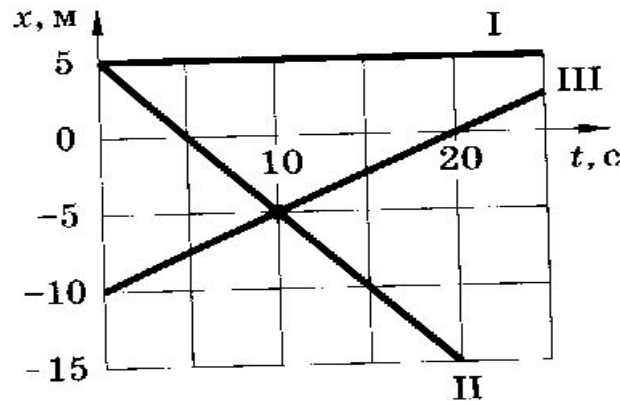


Рис. 9

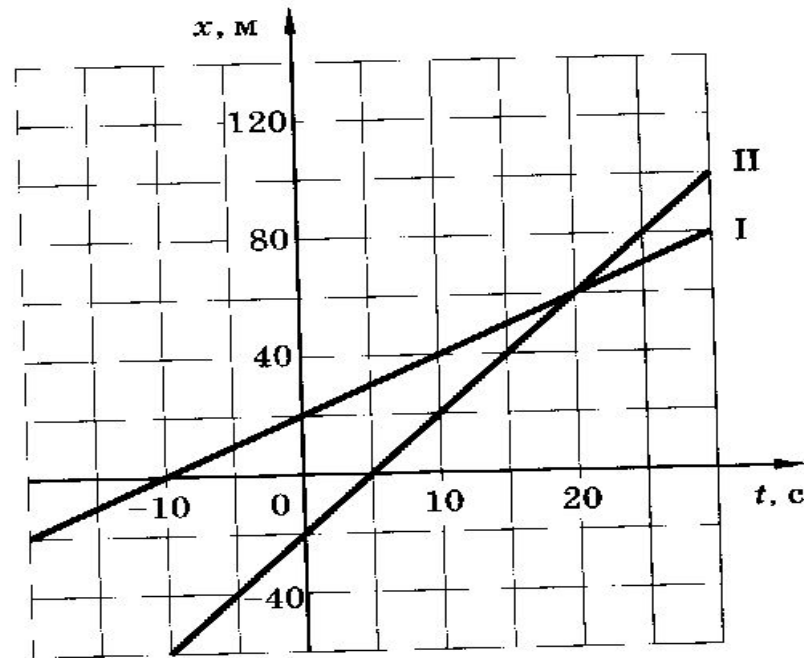


Рис. 10

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*: $v_1 = \frac{5 \text{ м} - 5 \text{ м}}{20 \text{ с}} = 0$,

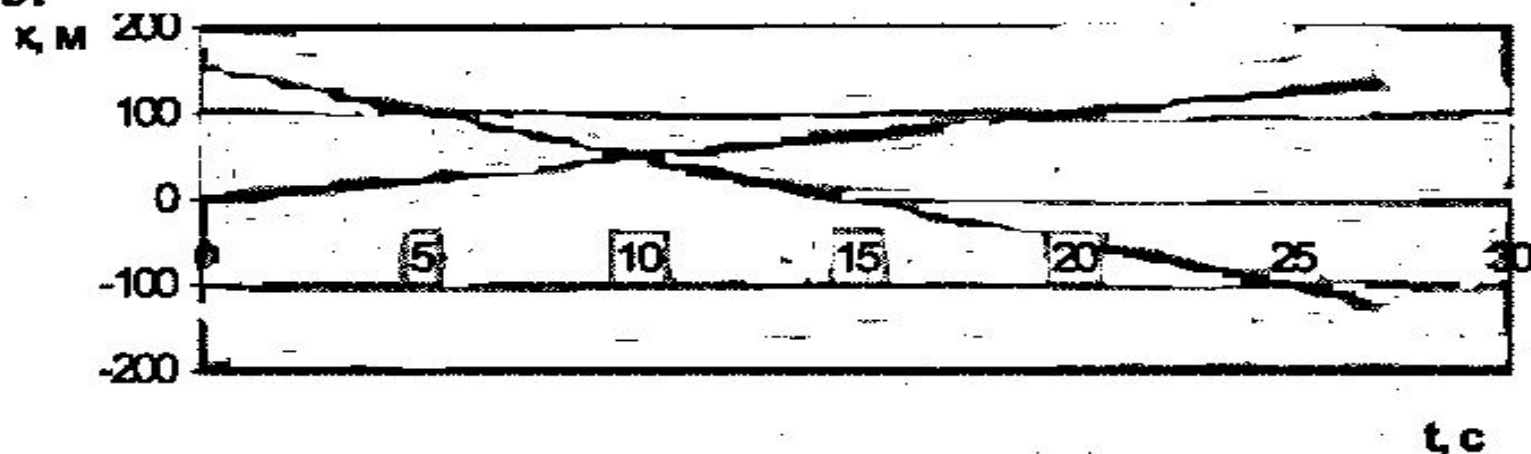
II: $v_2 = \frac{-15 \text{ м} - 5 \text{ м}}{20 \text{ с}} = -1 \text{ м/с}$, *III*: $v_3 = \frac{0 - (-10 \text{ м})}{20 \text{ с}} = 0,5 \text{ м/с}$. Уравнения дви

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»

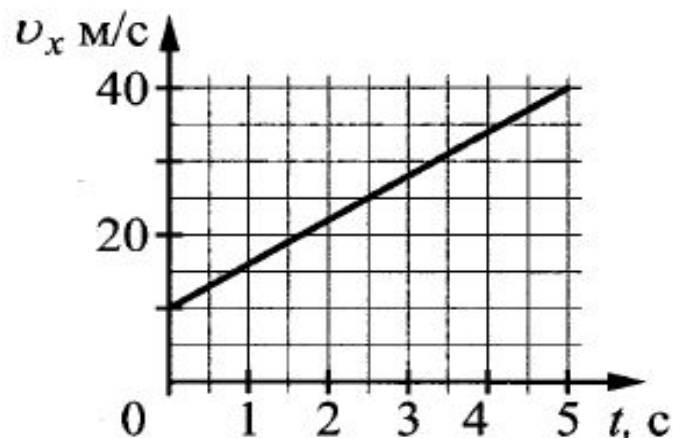
1.1. Два автомобиля движутся по прямой дороге в одном направлении: один со скоростью 40 км/ч, а другой – со скоростью 60 км/ч. Чему равна скорость второго автомобиля относительно первого?

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

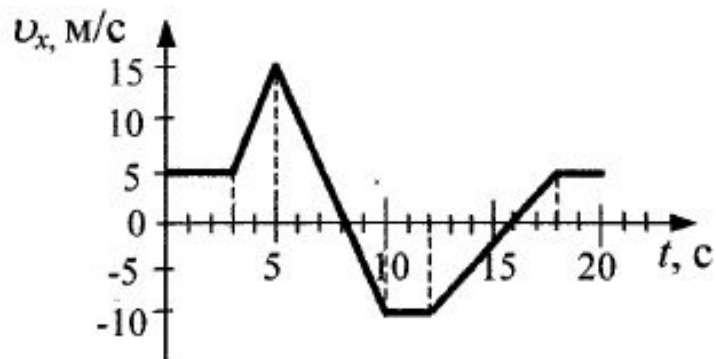
1.3. На графике приведена зависимость проекции скорости тела v_x от времени при прямолинейном движении. Определите ускорение тела.



Ответ: _____ м/с²

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 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) $x = -2t^2$

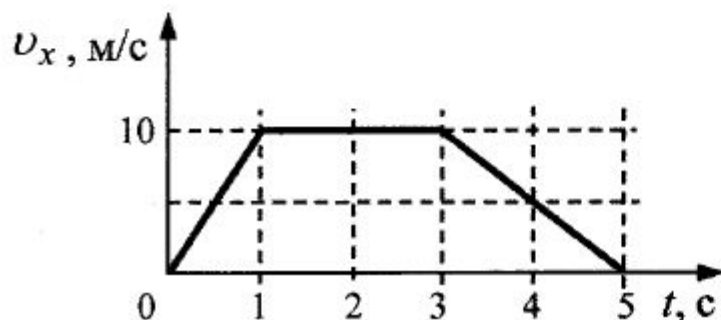
3) $x = 5t - 0,5t^2$

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