

Вектор средней скорости – это отношение перемещения к промежутку времени, за который это перемещение произошло.

$$\vec{V}_{\text{cp}} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

Средняя скорость на пути – это отношение пути к промежутку времени, за который тело прошло этот путь.

$$V_{\text{cp}} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Мгновенная скорость – это скорость в данный момент времени или в данной точке траектории.

V_x - быстрота изменения функции $x(t)$.

$$\vec{V} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}; \quad V_x = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Быстроту изменения скорости характеризует физическая величина – ускорение $\vec{a}$.

Ускорение – это отношение изменения скорости к промежутку времени, за который это изменение произошло.

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}; \quad a_x = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta V_x}{\Delta t}$$

Единицы измерения физических величин

Единицы длины

1 м (метр)

1 см (сантиметр) 1 м = 100 см

1 км (километр) 1 км = 1000 м = 100000 см

Единицы времени

1 с (секунда)

1 мин (минута) 1 мин = 60 с

1 ч (час) 1 ч = 60 мин = 3600 с

1 сут (сутки) 1 сут = 24 ч = _____ мин = _____ с

Единицы скорости

1 м/с (метр в секунду)

1 см/с (сантиметр в секунду)

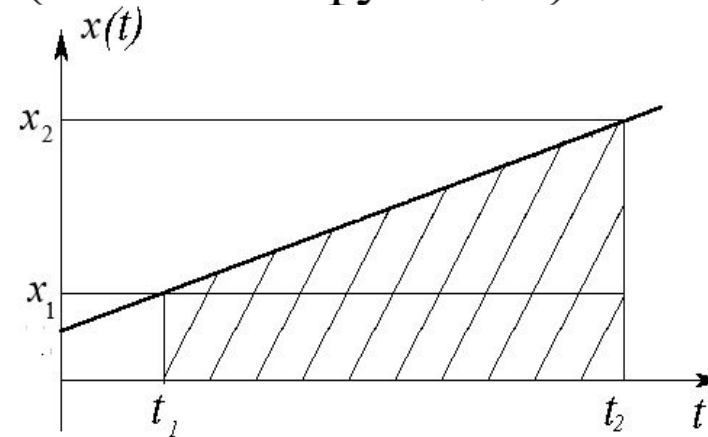
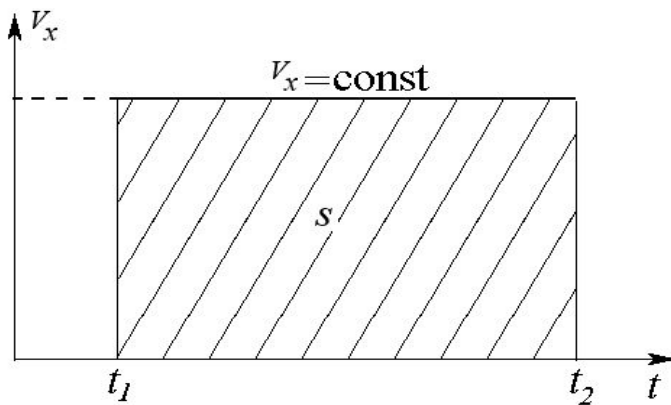
1 км/ч (километр в час) 1 км/ч = _____ м/с; 1 м/с = _____ км/ч

Равномерное прямолинейное движение – это движение с постоянной скоростью. Материальная точка проходит равные пути за любые равные промежутки времени.

Рассмотрим равномерное прямолинейное движение вдоль оси OX .

$$V = V_{\text{ср}}; \quad V_x = \text{const}; \quad a_x = 0;$$

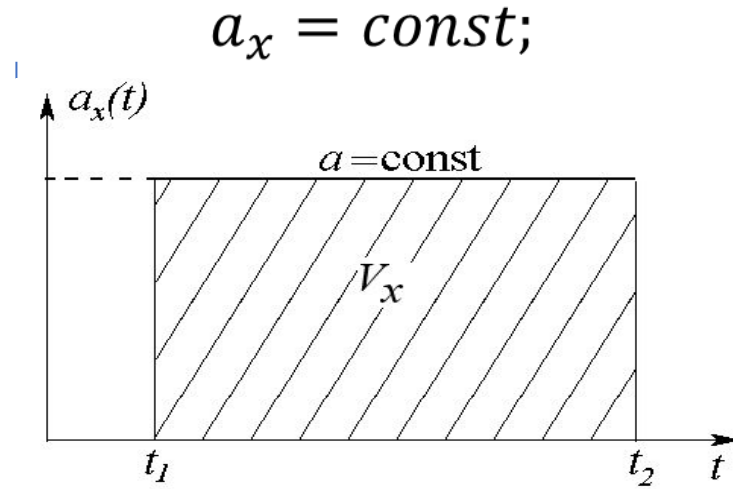
$$s = tV_x; \quad x(t) = x_1 + tV_x \text{ (линейная функция)}$$



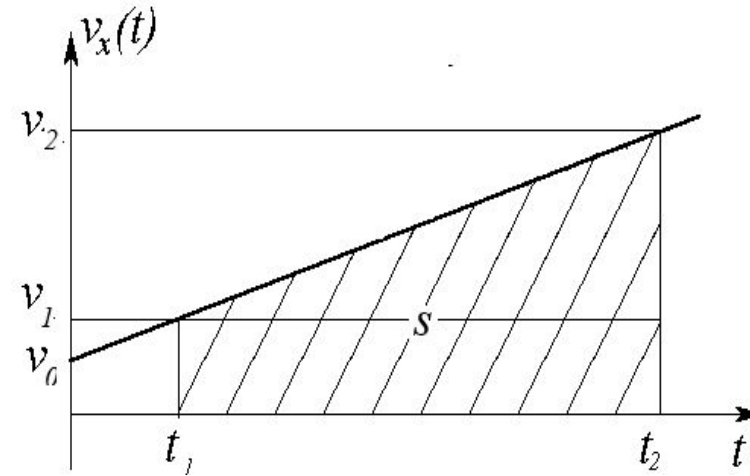
$$t = t_2 - t_1$$

Равноускоренное (равнозамедленное) прямолинейное движение – это движение с постоянным ускорением $\vec{a} = const$.

Рассмотрим равноускоренное прямолинейное движение вдоль оси OX .



$$t = t_2 - t_1$$



$$V_x(t) = V_{x1} + ta_x$$

$$x(t) = x_1 + tV_{x1} + \frac{a_x t^2}{2}$$

(квадратичная функция)

Единицы ускорения

1 м/с² (метр в (на) секунду в квадрате); $g = 9,8 \text{ м/с}^2 \cong 10 \text{ м/с}^2$

Рассмотрим *равноускоренное движение в плоскости OXY*.

$$\vec{a} = \text{const}; \quad \vec{V}(t) = \vec{V}_1 + t\vec{a} \quad \vec{r}(t) = \vec{r}_1 + t\vec{V}_1 + \frac{\vec{a}t^2}{2}$$

Пусть ускорение направлено вертикально вниз и равно g .

Направим ось OY вертикально вверх, а ось OX направим горизонтально.

$$a_x = 0; \quad V_x(t) = V_{x1}; \quad x(t) = x_1 + tV_{x1};$$

$$a_y = -g \quad V_y(t) = V_{y1} - gt; \quad y(t) = y_1 + tV_{y1} - \frac{gt^2}{2}$$

ЗАДАЧИ

1. С поверхности Земли из точки с координатами $x = 0$, $y = 0$ бросают мяч под углом $\alpha = 45^\circ$ к вертикали с начальной скоростью $V=20$ м/с.

Найдите:

- a) время T полета мяча до точки наивысшего подъема.
- b) максимальную высоту H , на которую поднимется мяч над поверхностью Земли,
- c) расстояние L , на которое улетит мяч по горизонтали,
- d) Скорость мяча при падении на Землю.

Равномерное движение точки по окружности.

Рассмотрим движение точки по окружности радиусом r с постоянной скоростью V .

Точка совершает один оборот за время T (***период обращения*** точки по окружности).

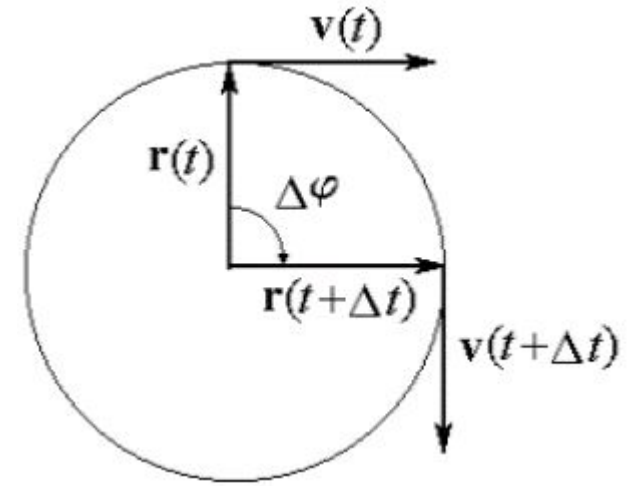
Обратная периоду величина $f = \frac{1}{T}$ – ***частота*** (обороты в секунду).

Путь S , который проходит точка за время T – длина окружности $S = 2\pi r$.

Из определения скорости следует, что $V = \frac{2\pi r}{T} = 2\pi r f$.

Положение точки в полярной системе координат определяется расстоянием r от центра окружности (т. е. длиной радиус-вектора $\vec{r}$) и углом φ между радиус-вектором и некоторым фиксированным направлением.

Радиус-вектор $\vec{r}$ поворачивается на угол $\Delta\varphi$ за промежуток времени Δt . Отношение этих величин $\omega = \Delta\varphi/\Delta t$ – ***угловая скорость или угловая частота*** (радианы в секунду).



$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f = \frac{V}{r}.$$

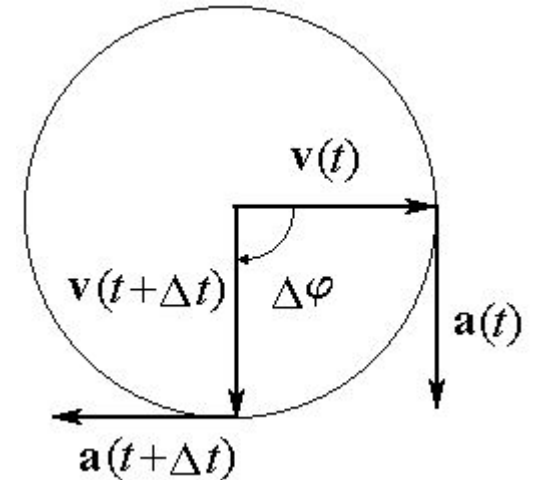
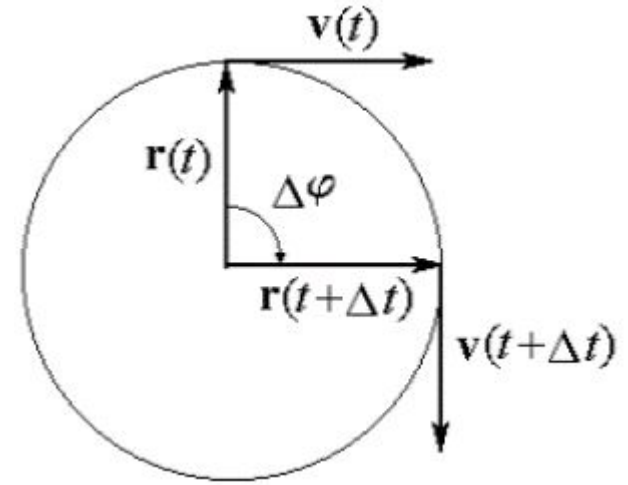
Центростремительное ускорение

При равномерном движении точки по окружности вектор ускорения всегда направлен перпендикулярно вектору скорости.

При повороте вектора скорости на некоторый угол вектор ускорения поворачивается на такой же угол.

Следовательно, ускорение связано со скоростью так же, как скорость связана с радиусом

$$V = \frac{2\pi r}{T} = \omega r \rightarrow a = \frac{2\pi V}{T} = \omega V = \omega^2 r = \frac{V^2}{r}$$



ЗАДАЧИ

2. Диск радиусом $R = 1$ м вращается с постоянной угловой скоростью $\omega = 0,3 \text{ с}^{-1}$. Муха ползет по радиусу диска от его центра с постоянной скоростью $V = 1 \text{ см/с}$ относительно диска. Найдите величину скорости (и ускорения) мухи относительно Земли в зависимости от времени.

2. Динамика

2.1. Инерциальные системы отсчета.

1 закон Ньютона – существуют инерциальные системы отсчета!!!

Инерциальная система отсчета (ИСО) – система отсчета, в которой свободное (можно пренебречь внешним воздействием) тело движется равномерно и прямолинейно.

Инерциальные системы отсчета

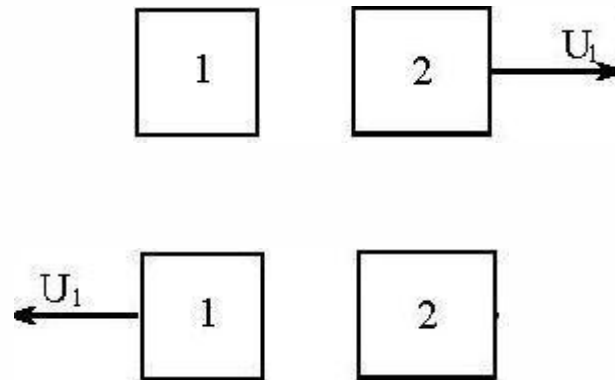
Сколько инерциальных систем отсчета существует?

Стандартный ответ – существует бесконечно много ИСО!

Все системы отсчета, которые движутся относительно инерциальной с постоянной скоростью (то есть равномерно и прямолинейно), будут инерциальными.

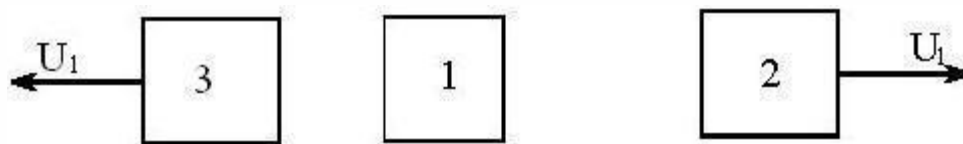
Инерциальные системы отсчета 1

Предположим, что две, движущиеся друг относительно друга со скоростями U_1 в противоположных направлениях:



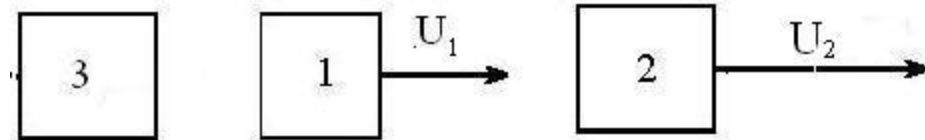
Инерциальные системы отсчета 2

Но, в силу изотропности пространства, система отсчета 3, движущаяся налево со скоростью U_1 тоже инерциальна!



Инерциальные системы отсчета 3

С точки зрения наблюдателя в системе отсчета 3, система 1 движется направо со скоростью U_1 , а система отсчета 2 – со скоростью $U_2 > U_1$.



Инерциальные системы отсчета 4

Заметим, что $U_2 > U_1$, но нет никаких оснований априори считать, что $U_2 = 2U_1$. Обозначим результат символически:

$$U_2 = U_1 \oplus U_1$$

Инерциальные системы отсчета 5

Продолжая эту процедуру, получим растущую последовательность относительных скоростей инерциальных систем отсчета:

$$U_1, U_2, \dots, U_k, U_{k+1}, \dots$$
$$U_{k+1} = U_k \oplus U_1$$

Инерциальные системы отсчета 6

У этой последовательности может существовать предел – некоторая скорость «С». При этом все скорости относительного движения различных инерциальных систем отсчета должны быть меньше «С».

Представим такое «сложение» в виде:

$$U_{k+1} = U_k \oplus U_1 = (U_{k-1} \oplus U_1) \oplus U_1$$

и потребуем выполнения очевидного условия (ассоциативность):

$$U_{k+1} = U_{k-1} \oplus U_2 = U_{k-1} \oplus (U_1 \oplus U_1)$$

Инерциальные системы отсчета 7

Это последнее требование позволяет однозначно определить вид операции «сложения» двух скоростей:

$$W = U \oplus V = \frac{U + V}{1 + \frac{UV}{c^2}}$$

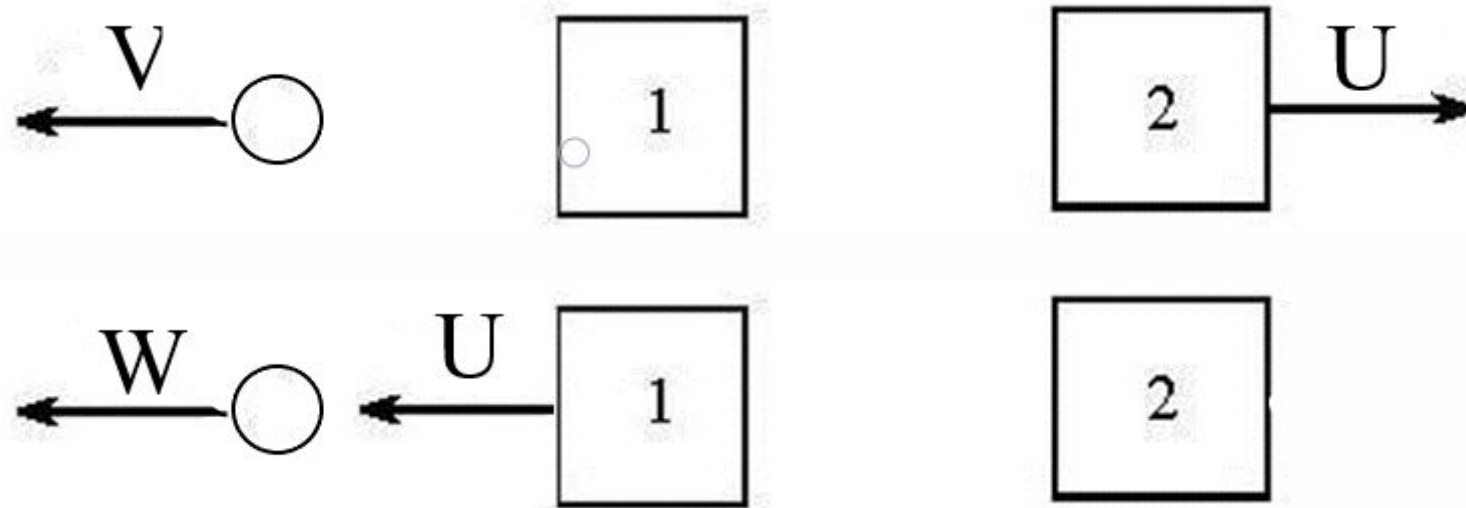
Это равенство есть ни что иное как
релятивистский закон сложения скоростей!!!

Инерциальные системы отсчета 8

$$W = U \oplus V = \frac{U + V}{1 + \frac{UV}{c^2}}$$

В это равенство буквы U и V входят абсолютно симметрично, но их физический смысл может быть различным.

Инерциальные системы отсчета 9



Пусть U - скорость относительного движения двух инерциальных систем отсчета, а V - скорость произвольного тела в одной из этих систем отсчета. Тогда W - скорость этого же тела в другой инерциальной системе отсчета.

Инерциальные системы отсчета 10

Свойства новой формулы сложения скоростей:

1. Если $|U| < C$ и $|V| = C$, то $|W| = C$ «фотоны»
2. Если $|U| < C$ и $|V| < C$, то $|W| < C$ «брадионы»
3. Если $|U| < C$ и $|V| > C$, то $|W| > C$ «тахионы»

$$W = U \oplus V = \frac{U + V}{1 + \frac{UV}{C^2}}$$