

# Механика

Механика - раздел физики, изучающий движение тел.

Механическое движение - изменение положения тела или его частей в пространстве относительно других тел с течением времени.

# Механика

1. Кинематика
2. Динамика
3. Законы сохранения в механике
4. Статика. Гидростатика. Гидродинамика. Механические колебания и волны

# Кинематика

1. Основные понятия и определения кинематики
2. Способы задания положения тела в пространстве
3. Перемещение и путь
4. Скорость
5. Равномерное движение
6. Закон сложения скоростей
7. Ускорение
8. Равнопеременное движение
9. Равномерное движение по окружности

# Кинематика

## 1. Основные понятия и определения кинематики

Кинематика - раздел механики, изучающий движение тел без учета причин, вызвавших это движение.

Описать движение тела значит указать способ определения его положения в пространстве в любой момент времени.

Материальная точка - тело, размерами которого можно пренебречь по сравнению с размерами других тел в рассматриваемой задаче.

Тело отсчета - тело, относительно которого рассматривается движение других тел.

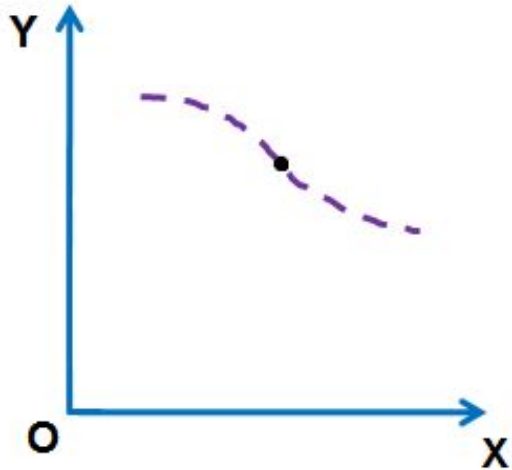
Система отсчета - совокупность тела отсчета, системы координат, связанной с телом отсчета, и часов, неподвижных относительно тела отсчета.

Траектория - линия, по которой движется материальная точка.

# Кинематика

## 2. Способы задания положения тела в пространстве

### 1) Координатный



Уравнения движения в координатном виде

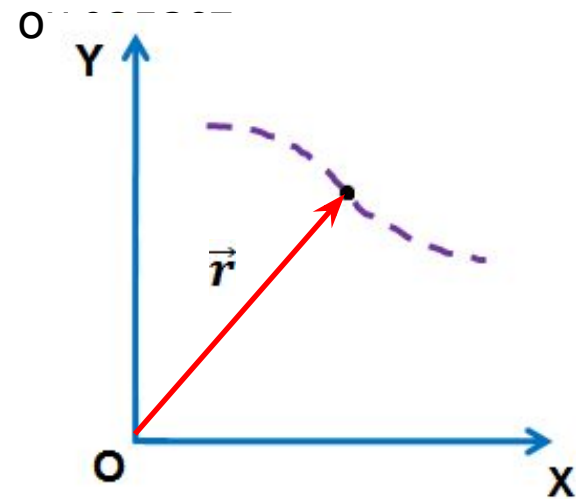
$$\begin{cases} x(t) = \dots \\ y(t) = \dots \\ z(t) = \dots \end{cases}$$

# Кинематика

## 2. Способы задания положения тела в пространстве

### 2) Векторный

Радиус-вектор - вектор, проведенный из начала координат в точку, расположение которой



Уравнение движения в векторном виде

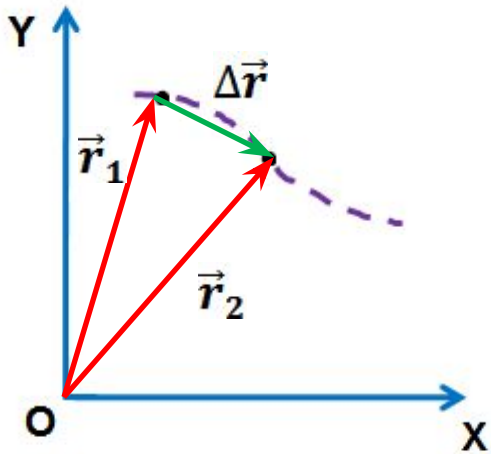
$$\vec{r}(t) = \dots$$

# Кинематика

## 3. Перемещение и путь

Перемещение - векторная физическая величина, равная вектору, проведенному из начального в конечное положение тела.

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$$



Путь - скалярная физическая величина, равная длине траектории, пройденной телом.

# Кинематика

## 4. Скорость

Скорость - векторная физическая величина, равная пределу отношения перемещения ко времени, за которое это перемещение было совершено, при стремлении этого времени к нулю.

Или  $\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \vec{r}'(t)$  есть производная радиус-вектора по времени.

Средняя скорость перемещения - векторная физическая величина, равная отношению перемещения ко времени, за которое это перемещение совершено.

Ср.  $\vec{v} = \frac{S}{t}$  путевая скорость - скалярная физическая величина, равная отношению времени, за который этот путь пройден



# Кинематика

## 5. Равномерное движение

Равномерное движение - движение, при котором тело за любые равные промежутки времени проходит одинаковые пути.

Путь при равномерном движении

$$S = v \cdot t$$

Равномерное прямолинейное движение - движение, при котором тело за любые равные промежутки времени совершает одинаковые перемещения.

При равномерном прямолинейном движении модуль перемещения и путь совпадают.

Для  $\Delta \vec{r} = \vec{v} \cdot t$  ие для равномерного прямолинейного движения

Координата при равномерном прямолинейном движении вдоль оси X:

$$x(t) = x_0 + v_x \cdot t$$

# Кинематика

## 6. Закон сложения скоростей

Скорость тела относительно системы отсчета  $K_1$  равна геометрической сумме скорости этого тела относительно системы отсчета  $K_2$  и скорости, с которой система отсчета  $K_2$

ДВ  $\vec{v}_{T/НСО} = \vec{v}_{T/ПСО} + \vec{v}_{ПСО/НСО}$  системы отсчета  $K_1$ .

Относительная скорость первой точки относительно второй равна геометрической разности скоростей первой и второй точки относительно некоторой системы отсчета  $K$ .

$$\vec{v}_{1/2} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2$$

# Кинематика

## 7. Ускорение

Ускорение - векторная физическая величина, равная пределу отношения изменения скорости ко времени, за которое это изменение было совершено, при стремлении этого времени к нулю.

Иначе говоря, ускорение есть первая производная скорости по времени и вторая производная радиус-вектора по времени.

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \vec{v}'(t) = \vec{r}''(t)$$

# Кинематика

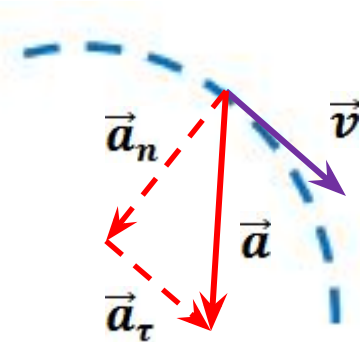
## 7. Ускорение

Рассмотрим движение с ускорением по некоторой криволинейной траектории.

Вектор скорости при этом всегда направлен по касательной к траектории.

Вектор ускорения же можно представить как геометрическую сумму двух векторов: тангенциального и нормального ускорений.

$$\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$$



# Кинематика

## 7. Ускорение

Нормальное (центростремительное) ускорение - составляющая полного ускорения, направленная перпендикулярно вектору скорости и характеризующая быстроту изменения вектора скорости.

Модуль нормального ускорения равен отношению квадрата модуля скорости к радиусу кривизны траектории в данной точке.

$$|\vec{a}_n| = \frac{|\vec{v}|^2}{r}$$

Тангенциальное ускорение - составляющая полного ускорения, направленная параллельно

вектору скорости и характеризующая быстроту изменения модуля вектора скорости.

$$|\vec{a}_\tau| = \left| \frac{d|\vec{v}|}{dt} \right|$$

# Кинематика

## 7. Ускорение

Важным частным случаем движения с ускорением является свободное падение.

Свободное падение - движение тела только под влиянием притяжения его к Земле.

Ускорение, сообщаемое Землей телу, постоянно, всегда направлено вниз и называется ускорением свободного падения.

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

# Кинематика

## 8. Равнопеременное движение

Равнопеременное движение - движение тела с постоянным ускорением.

Если направление вектора ускорения и скорости совпадают на всем рассматриваемом участке пути, такое движение называют равноускоренным прямолинейным.

Если же направление вектора ускорения и скорости направлены противоположно на всем рассматриваемом участке пути, то такое движение называют равнозамедленным прямолинейным.

# Кинематика

## 8. Равнопеременное движение

Перемещение при равнопеременном движении:

$$\Delta \vec{r} = \vec{v}_0 \cdot t + \frac{\vec{a} \cdot t^2}{2}$$

Скорость при равнопеременном движении:

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

Координата и проекция скорости при равнопеременном движении вдоль оси X:

$$x(t) = x_0 + v_{0x} \cdot t + \frac{a_x \cdot t^2}{2} \qquad v_x(t) = v_{0x} + a_x \cdot t$$

Для равноускоренного и равнозамедленного прямолинейных движений (для этой формулы проекция ускорения положительна при равноускоренном и отрицательна при равнозамедленном движениях)

$$s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a_x}$$

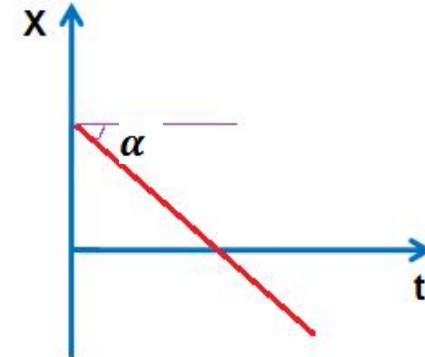
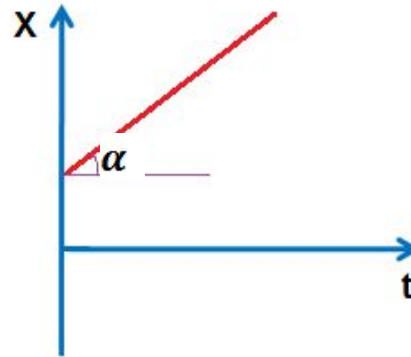


# Кинематика

## 5. Равномерное движение

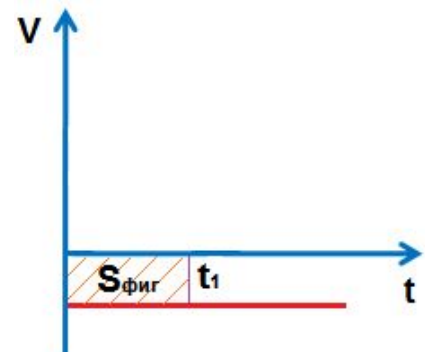
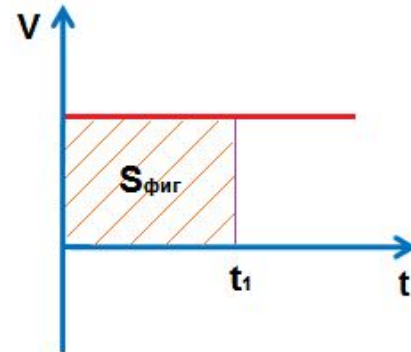
Координата от времени

$$\operatorname{tg} \alpha = |v|$$

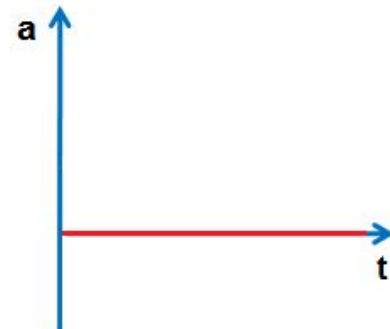


Скорость от времени

$$S_{\text{фиг}} = S$$



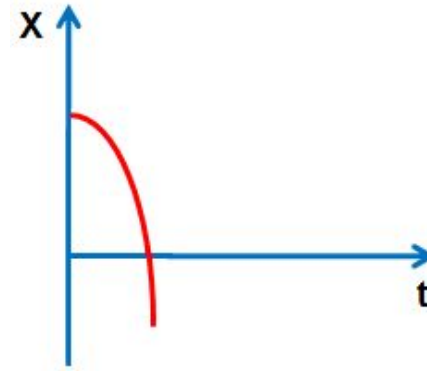
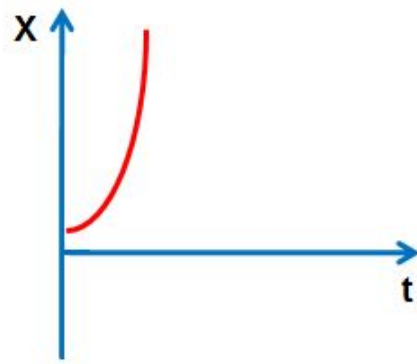
Ускорение от времени



# Кинематика

## 8. Равнопеременное движение

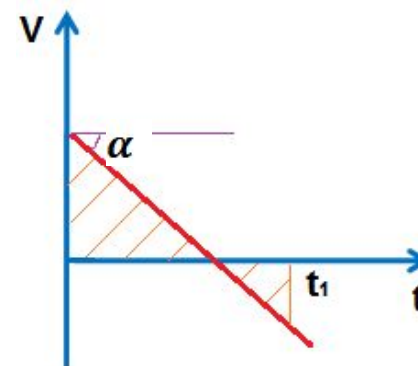
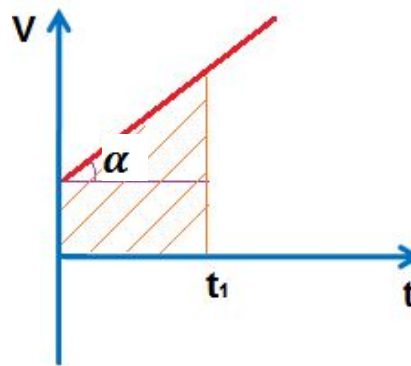
Координата от времени



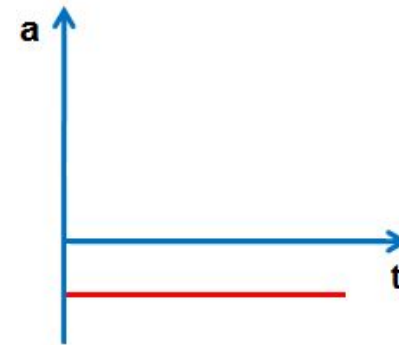
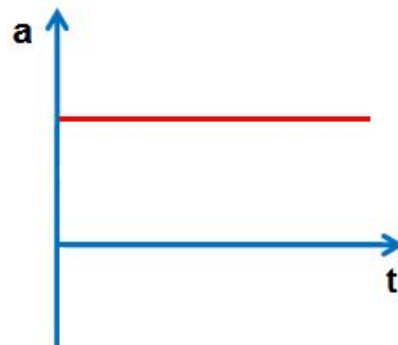
Скорость от времени

$$S_{\text{фиг}} = S$$

$$\text{tg}\alpha = |a|$$



Ускорение от времени



# Кинематика

## 9. Равномерное движение по окружности

Равномерным движением материальной точки по окружности называется движение, при котором точка при движении по окружности за любые равные промежутки времени поворачивается на одинаковые углы.

Угловое перемещение - угол, на который поворачивается точка.

Угловая скорость - отношение углового перемещения ко времени за которое это перемещение было совершено.

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{t}$$

# Кинематика

## 9. Равномерное движение по окружности

Период вращения - время, за которое точка совершает один полный оборот.

$$T = \frac{t}{N}$$

где  $t$  - время, за которое происходит  $N$  оборотов.

Частота вращения - число оборотов, совершаемых за единицу времени.

$$\nu = \frac{1}{T}$$

# Кинематика

## 9. Равномерное движение по окружности

Связь угловой скорости с периодом вращения и частотой

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$$

Связь угловой скорости с линейной

$$v = \omega \cdot r$$

При равномерном движении по окружности тангенциальное ускорение равно нулю.

Точка

обладает только нормальным (центростремительным) ускорением, которое в любой

момент времени направлено к центру окружности.

$$a_{\text{ц}} = \frac{v^2}{r}$$