

# Лекция №1

# Содержание

## Раздел 1. Механика

### Введение

### Глава 1. Кинематика

#### 1.1. Механическое движение

- Описание механического движения
- Виды движения

#### 1.2. Перемещение. Путь

- Вектор перемещения
- Сложение перемещений
- Путь

#### 1.3. Скорость

- Вектор скорости
- Средняя скалярная скорость
- Мгновенная скорость

#### 1.4. Равномерное прямолинейное движение

- Закон равномерного прямолинейного движения
- График пути равномерного прямолинейного движения

#### 1.5. Ускорение

- Изменение скорости
- Ускорение
- Тангенциальное и нормальное ускорения

#### 1.6. Равноускоренное прямолинейное движение

- Ускорение
- Закон равноускоренного прямолинейного движения

# Механика

## Основные определения

**Механика** (от греч. *mechanike* - искусство построения машин) - наука механическом движении материальных тел и происходящих при этом взаимодействиях между ними.

**Кинематика** (от греч. *kinematos* - движение) - раздел механики, в котором изучаются способы описания движений и связь между величинами, характеризующими эти движения.

Кинематика изучает движение тел без учета причин их вызывающих .

**Динамика** (от греч. *dynamis* – сила) - раздел механики, посвященный изучению движения материальных тел под действием приложенных к ним сил.

В динамике рассматриваются **два типа задач**:

- зная законы движения тела, определить действующие на него силы;
- зная начальное положение тела и его начальную скорость, по действующим на тело силам определить закон его движения

# Кинематика

## Механическое движение

### Описание механического движения

**Механическое движение** - изменение с течением времени взаимного положения тел или их частей в пространстве.

**Материальная точка** - это тело, обладающее массой, размерами которого в данной задаче можно пренебречь.

**Абсолютно твердое тело** - это система материальных точек, расстояние между которыми с течением времени не изменяется.

**Однородность пространства** означает равноправие всех его точек.

**Изотропность пространства** означает равноправие всех направлений в пространстве.

**Однородность времени** означает равноправие всех моментов времени.

**Тело отсчета** - это произвольно выбранное тело, относительно которого определяется положение движущейся материальной точки.

**Система отсчета** - это совокупность тела отсчета, связанной с ним системы координат и часов.

**Радиус вектор  $\vec{r}$**  - вектор, проведенный из начала системы координат в данную точку.

**Длина радиуса-вектора  $\vec{r}$ :**

$$|\vec{r}| = r,$$

определяет расстояние, на котором точка  $M$  находится от начала координат, а стрелка указывает направление на эту точку.

**Траектория** (от лат. trajectories - относящийся к перемещению) - непрерывная линия, которую описывает точка при своём движении.

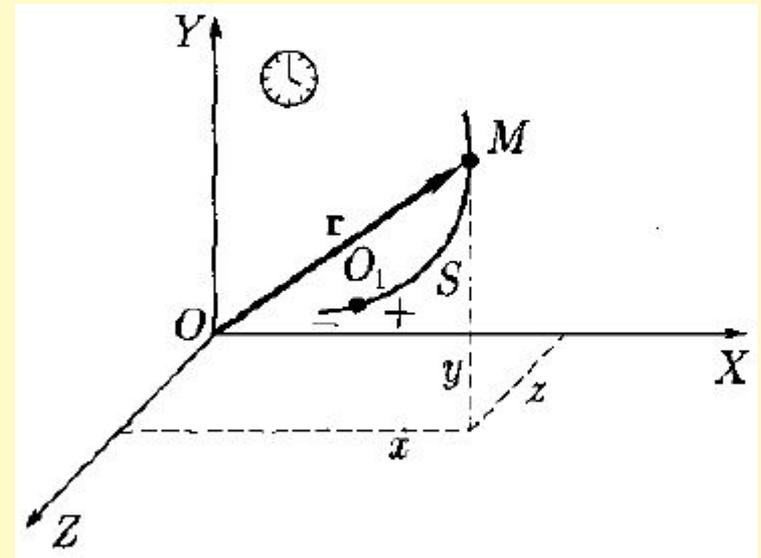


Рис.1.

# Виды движения

**Прямолинейное движение** - это движение, траекторией которого в выбранной системе отсчета является прямая линия.

**Криволинейное движение** - это движение, траектория которого в выбранной системе отсчета – некоторая кривая линия.

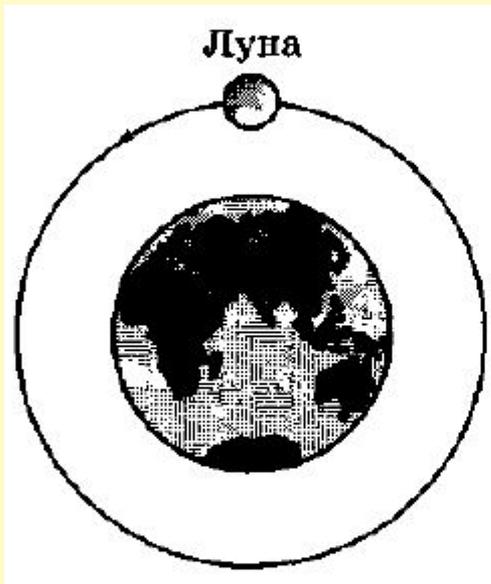


Рис.2.

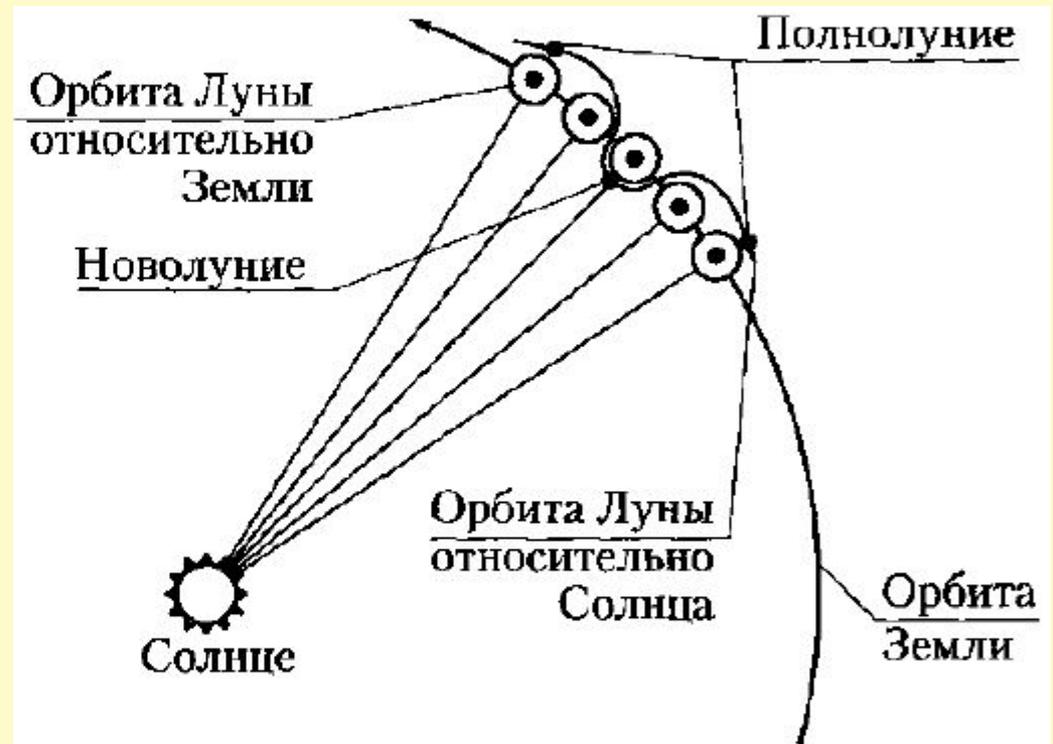


Рис.3.

**Поступательное движение** - это такое движение твердого тела, при котором прямая, соединяющая две любые точки тела, перемещается, оставаясь параллельной своему начальному положению.

**Вращательное движение вокруг неподвижной оси** - это такое движение твердого тела, при котором все его точки описывают окружности, центры которых лежат на одной неподвижной прямой - оси вращения, перпендикулярной плоскостям этих окружностей.

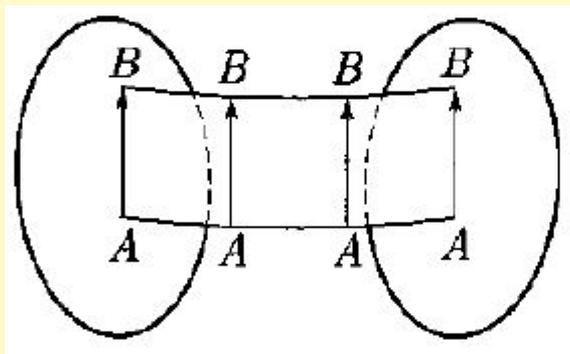


Рис.4.

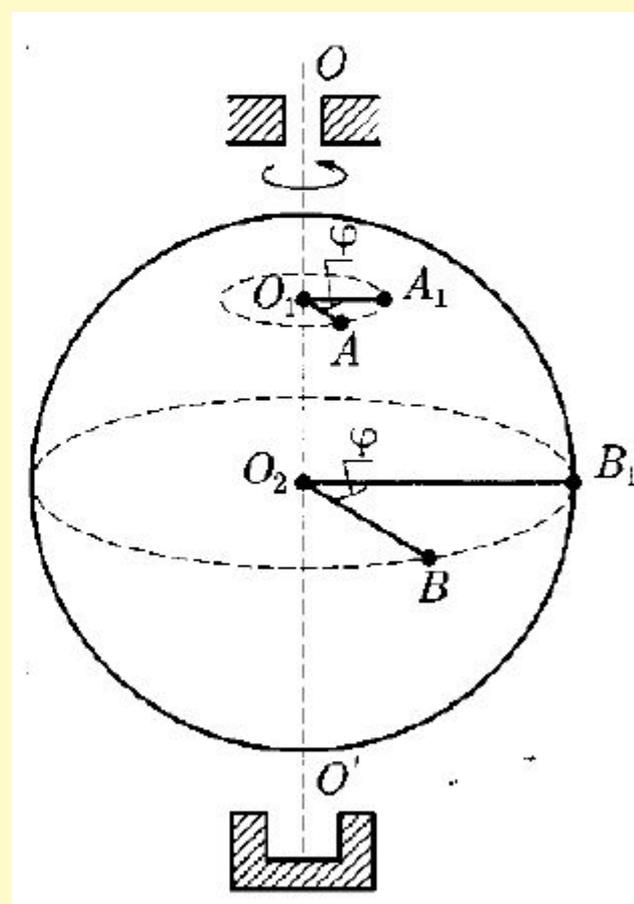


Рис.5.

# Перемещение. Путь

## Вектор перемещения

**Перемещение  $\Delta\vec{r}$** - это вектор, соединяющий положения движущейся точки в начале и в конце некоторого промежутка времени.

$$\Delta\vec{r} = \vec{r} - \vec{r}_0 \quad (1.1)$$

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \Delta\vec{r} \quad (1.2)$$

$$\Delta t = t - t_0$$

**Проекции вектора перемещения** - это изменение координат  $\Delta x$  и  $\Delta y$  движущейся точки

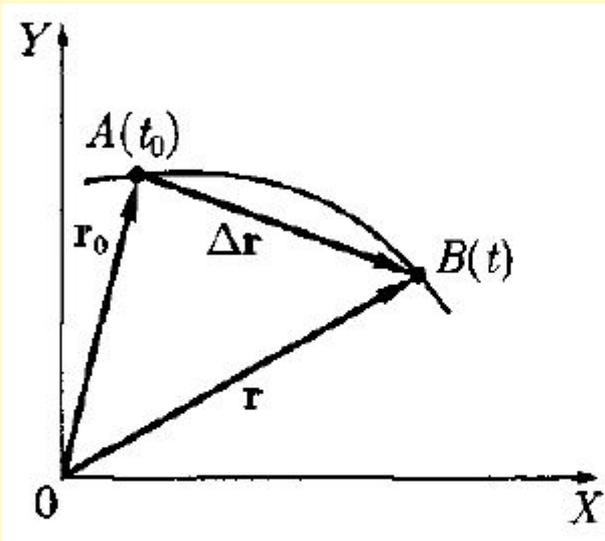


Рис.6.

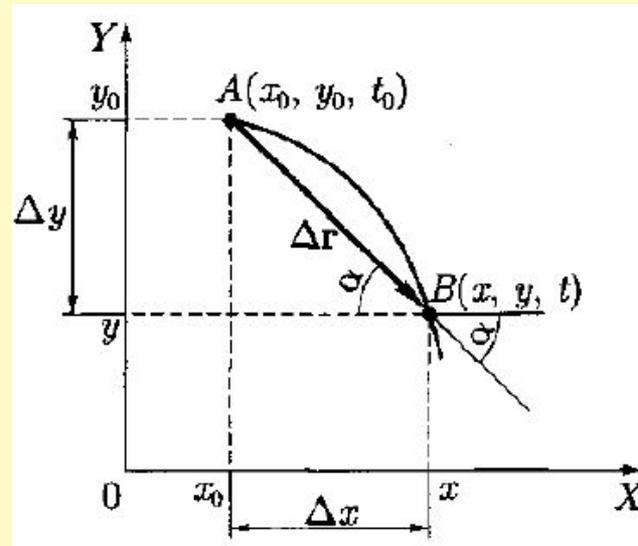


Рис.7.

$$(\Delta x = x - x_0 > 0)$$

$$\Delta y = y - y_0 < 0$$

$$x = x_0 + \Delta x, \quad y = y_0 + \Delta y.$$

$$z = z_0 + \Delta z.$$

Модуль вектора перемещения:  $|\Delta \mathbf{r}| = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}$ . (1.3)

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad (1.4)$$

### Сложение перемещений

Согласно **правилу параллелограмма**, суммарный вектор  $\vec{c}$  представляет собой диагональ параллелограмма, построенного на составляющих векторах ( $\vec{a}$  и  $\vec{b}$ ) как на сторонах, при этом начала всех трёх векторов ( $\vec{a}$ ,  $\vec{b}$ ,  $\vec{c}$ ) совпадают.

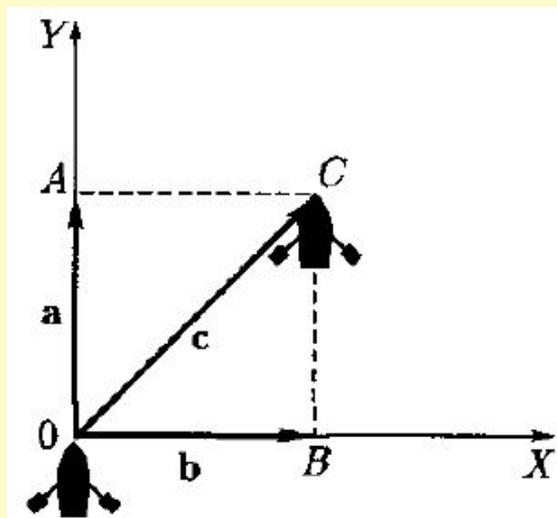


Рис.8.

По **правилу треугольника** необходимо с концом вектора  $\vec{a}$  совместить начало вектора  $\vec{b}$ .

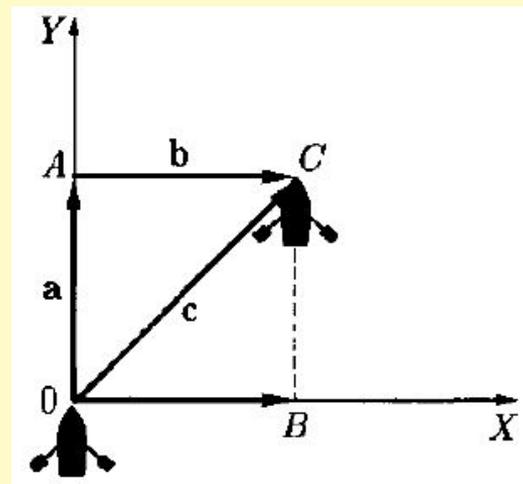


Рис.9.

Если необходимо сложить несколько векторов, то правило треугольника обобщается на **правило многоугольника**. Для нахождения результирующего перемещение  $\vec{a} + \vec{b} + \vec{c} + \vec{d} = \Delta\vec{r}$  надо соединить начало первого вектора (точку А) с концом последнего (точкой В).

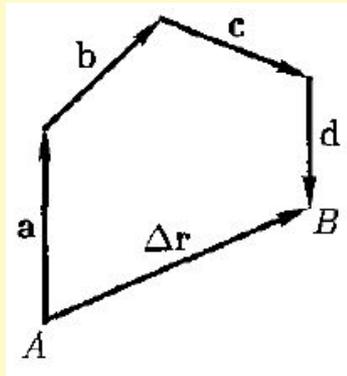


Рис.10.

## Путь

**Путь  $S$**  - это скаляр, равный длине участка траектории, пройденного движущейся точкой за заданный промежуток времени.

**Метр** - единица длины, равная расстоянию, которое проходит свет в вакууме за время  $1/299\,792\,458$  с.

График зависимости пути от времени  $S=f(t)$  называется **графиком пути**.

При движении материальной точки путь не может уменьшаться и не бывает отрицательным  $S \geq 0$ .

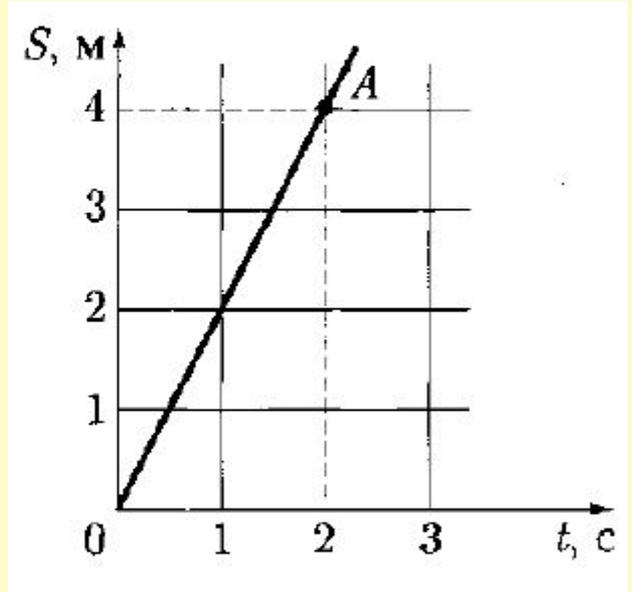


Рис.11

## Скорость

### Вектор скорости

**Скорость  $\mathbf{v}$**  - это векторная величина, характеризующая направление движения тела и быстроту его перемещения.

Скорость изображают направленным отрезком прямой, длина которого в выбранном масштабе характеризует модуль скорости.

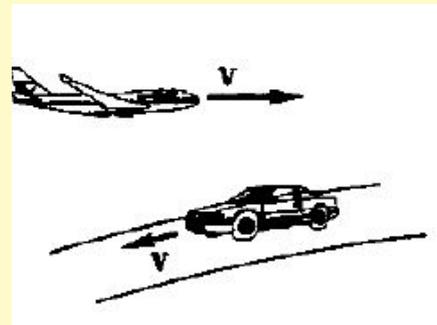


Рис.12

## Средняя скалярная скорость

Скорость пропорциональна пути и обратно пропорциональна времени движения:

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

(1.5)

**Средняя скалярная скорость** - это физическая величина, равная отношению пути  $\Delta S$ , пройденного телом за промежуток времени  $\Delta t$ , к длительности этого промежутка.

## Мгновенная скорость

Скорость в данный момент времени называют **мгновенной**.

$$\Delta t = t - t_0$$

$$\Delta \vec{r} = \vec{r} - \vec{r}_0$$

(1.6)

Если  $\Delta t$  будет стремиться к нулю, то модуль вектора перемещения равен пути  $|\vec{r}| = S$  и в предельном случае  $\Delta \vec{r}$  будет направлен по касательной к траектории движения материальной точки.

**Вектор мгновенной скорости направлен по касательной к траектории в направлении движения.**

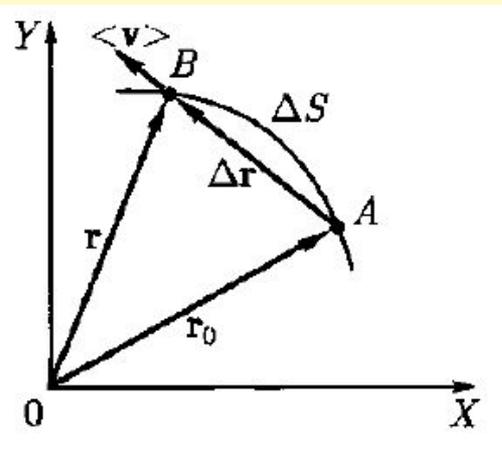


Рис.13

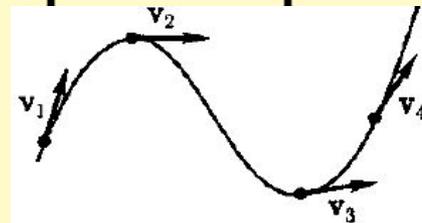


Рис.14

# Равномерное прямолинейное движение

## Закон равномерного прямолинейного движения.

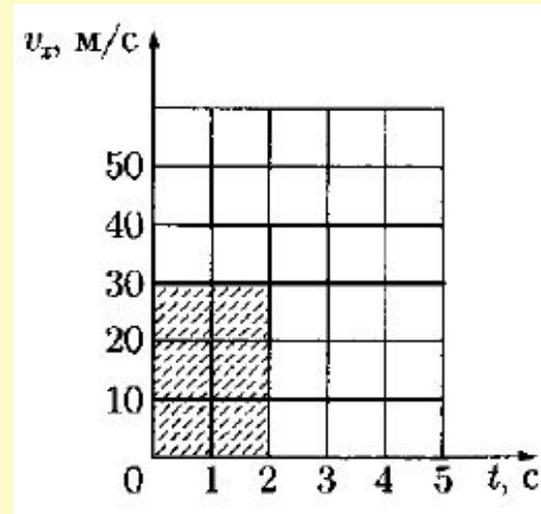
Если движение прямолинейное, то модуль вектора перемещения равен пути. Пусть материальная точка движется вдоль оси X, тогда:  $|\Delta \mathbf{r}| = \Delta S = \Delta x$  и скорость вычисляется по формуле:

$$v_x = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Если направление вектора скорости противоположно положительному направлению оси x:

$$v_x = -\frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Рис.1



Если модуль скорости тела с течением времени изменяется, движение называется **неравномерным (переменным)**.

**Равномерное прямолинейное движение** - это движение, при котором тело перемещается с постоянной по модулю скоростью.

**Равномерное движение** - это движение, при котором тело перемещается с постоянной по модулю и направлению скоростью:  $\mathbf{v} = \text{const}$

Единица скорости - метр в секунду (м/с).

1 м/с равен скорости прямолинейно и равномерно движущейся точки, при которой эта точка за время 1 с перемещается на 1 м.

Если тело движется равномерно вдоль положительного направления оси X и начальный момент времени  $t_0 = 0$  находилось в точке с координатой  $X_0$ , а в произвольный момент времени  $t$  в точке с координатой  $X$  то скорость движения равна:

$$v_x = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x - x_0}{t - t_0}$$

$$v_x = \frac{x - x_0}{t}$$

**Закон равномерного прямолинейного движения:**

$$x = x_0 + v_x t. \quad (1.1)$$

$$x - x_0 = v_x t.$$

Учитывая, что модуль разности координат равен пути, то:

$$\Delta S = v_x t. \quad (1.2)$$

**При равномерном прямолинейном движении зависимость пути от времени является линейной.**

Если начала отсчёта поместить в начало координат ( $x_0=0$ ), то закон равномерного прямолинейного движения будет иметь вид:

$$x = v_x t. \quad (1.3)$$

Путь численно равен площади под графиком зависимости скорости движения тела от времени.

Из уравнения (1.3) можно определить скорость движения  $V_x$ , если известна координата тела  $x$  в момент времени  $t$ , а начальная координата  $x_0=0$ :

$$v_x = \frac{x}{t} \quad (1.4)$$

## График пути равномерного прямолинейного движения.

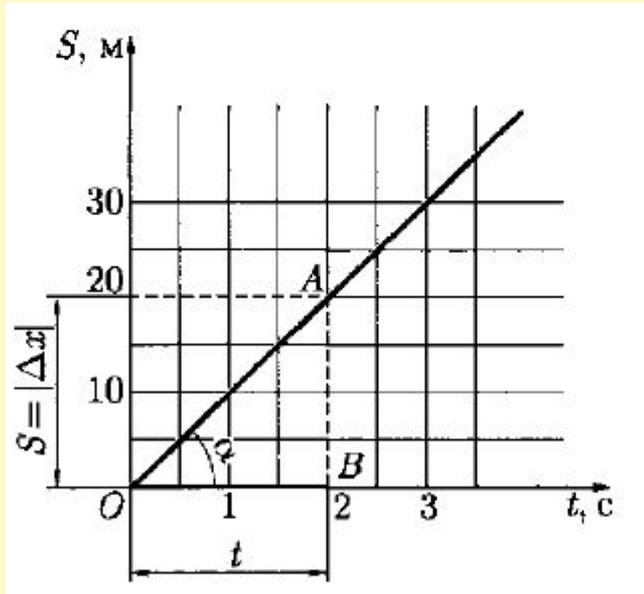


Рис.2

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{AB}{OB} = \frac{S}{t} = v_x; \quad v_x = \frac{20 \text{ м}}{2 \text{ с}} = 10 \text{ м/с.}$$

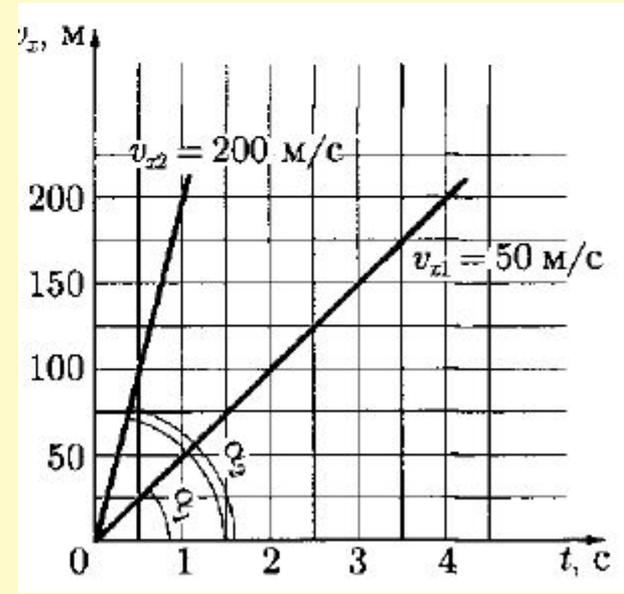


Рис.3

Угол наклона прямой зависит от скорости движения тела. Чем больше скорость движения, тем больше тангенс угла наклона и следовательно больше угол.

Углы отсчитываются от положительного направления координатной оси (в нашем случае – это ось времени) против часовой стрелки.

# Ускорение

## Изменение скорости.

**Ускорение** - это векторная величина, характеризующая быстроту изменения скорости материальной точки по модулю и направлению.

При прямолинейном равномерном движении скорость постоянна, т.е. скорость не изменяется ни по модулю, ни по направлению, поэтому ускорение при этом равно нулю.

При прямолинейном неравномерном движении скорость тела направлена вдоль прямой, соответствующей траектории движения, то есть направление скорости не изменяется, а изменяется только модуль скорости.

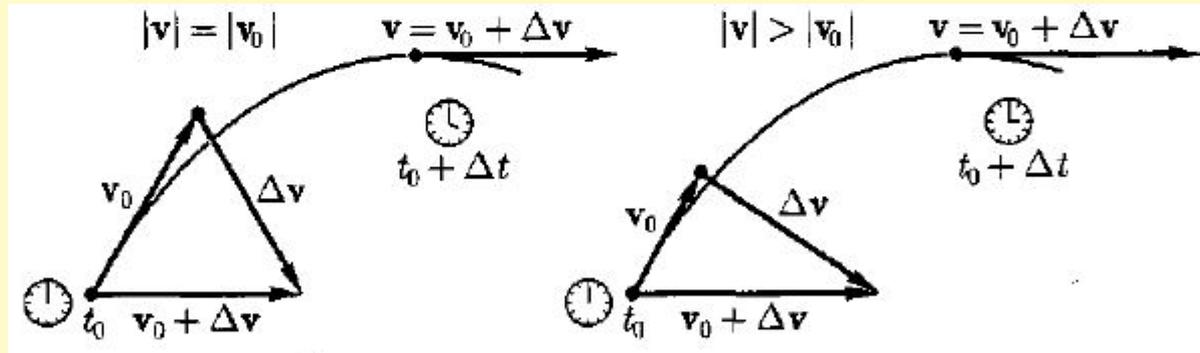


Рис.4

Совместив начала векторов  $V_0$  и  $V$ , можно найти их разность, т.е. изменение скорости за промежуток времени  $t-t_0$ :

$$\Delta \mathbf{v} = \mathbf{v} - \mathbf{v}_0$$

## Ускорение.

**Ускорение** - это векторная физическая величина, равная отношению изменения скорости материальной точки ( $\Delta \mathbf{v} = \mathbf{v} - \mathbf{v}_0$ ) к длительности промежутка времени ( $\Delta t = t - t_0$ ), в течение которого это изменение произошло:

$$\mathbf{a} = \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t}. \quad (1.6)$$

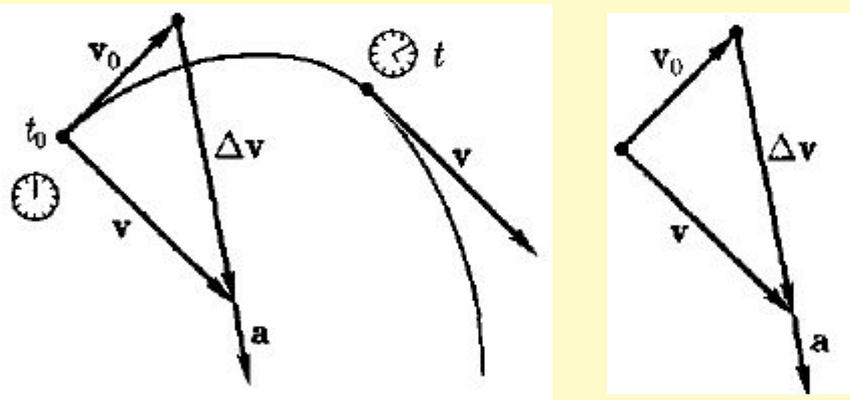


Рис.5

Вектор ускорения направлен в сторону вогнутости траектории движения материальной точки.

**Тангенциальное и нормальное ускорения.** Составляющая  $a_n$  вектора ускорения, направленная вдоль нормали к траектории в данной точке, называется **нормальным ускорением**. Нормальное ускорение характеризует изменение вектора скорости по направлению при криволинейном движении.

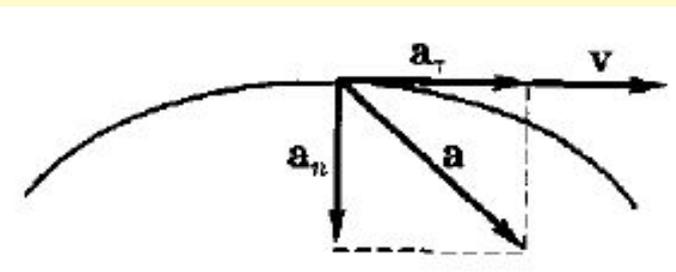


Рис.6

Составляющая вектора  $a_t$ , направленная вдоль касательной к траектории в данной точке, называется **тангенциальным, или касательным ускорением**. Тангенциальное ускорение характеризует изменение вектора скорости по модулю.

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}. \quad (1.7)$$



Рис.7

Векторы скорости и ускорения коллинеарны. При прямолинейном ускоренном движении вектор скорости и вектор ускорения имеют одно и то же направление, т.е. они равнонаправленные.

При прямолинейном замедленном движении вектор скорости и вектор ускорения имеют противоположные направления.

## Равноускоренное прямолинейное движение

Если необходимо сложить несколько векторов, то правило треугольника  $\vec{a} = const$  обобщается на правило многоугольника. Для нахождения результирующего

(1.8)

перемещение  $\vec{a} + \vec{b} + \vec{c} + \vec{d} = \Delta \vec{a} = const; \vec{v} \uparrow \uparrow \vec{a}, a > 0$ . Ичало первого вектора (точку А) с концом последнего (точкой В).

Учитывая формулу (1.6) можно записать формулу для ускорения в виде:

$$\mathbf{a} = \frac{\mathbf{v} - \mathbf{v}_0}{t - t_0} \quad (1.9)$$

Из формулы (1.9) следует:

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}_0 + \mathbf{a}t \text{ или } v = v_0 + at \quad (1.10)$$

Если направление движения совместить с осью X, то уравнению (1.10) будет соответствовать формула для проекции вектора скорости на эту координатную ось:

$$v_x = v_{0x} + at.$$

**При равноускоренном прямолинейном движении зависимость скорости движения материальной точки от времени является линейной.**

$$v_x = at \quad (1.11)$$

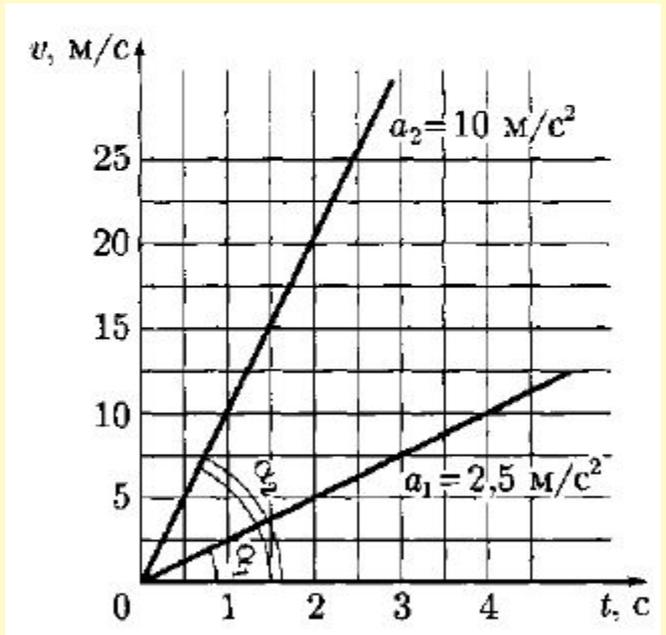


Рис.8

## Закон равноускоренного прямолинейного движения.

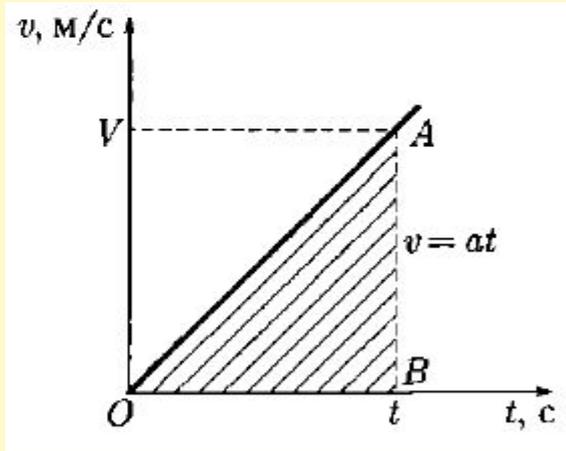


Рис.9

Разность координат  $\Delta x$  движущегося тела в момент времени  $t$  численно равна площади прямоугольного треугольника  $AOB$ , катетами которого являются время движения  $t$  и скорость в этот момент времени. Используя формулу (1.11) для скорости запишем:

$$v = at.$$

$$S = \frac{AB \cdot OB}{2} = \frac{at^2}{2}$$

Разность координат  $\Delta x$  в момент времени  $t$  будет равна:

$$\Delta x = \frac{at^2}{2}. \quad (1.12)$$

Учитывая, что при прямолинейном движении изменение координаты движущегося тела равно пути имеем:

$$S = \frac{at^2}{2}. \quad (1.13)$$

Если начальная координата движущегося тела  $x_0=0$ , то

$$x = \frac{at^2}{2}. \quad (1.14)$$

**Спасибо за внимание!**