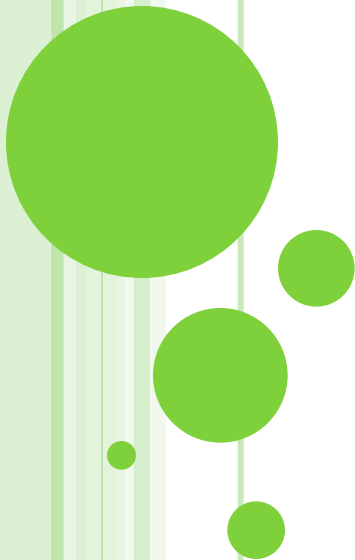


ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ КИНЕМАТИКИ. КИНЕМАТИКА ТОЧКИ

Лекция 9



ОСНОВНЫЕ КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

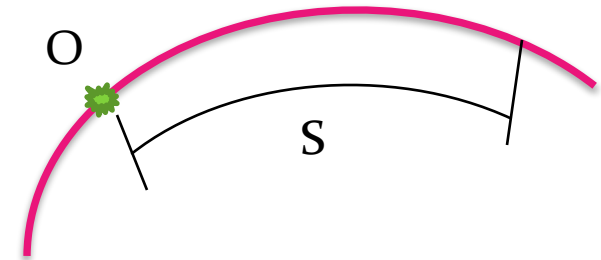
- **Траектория** - линия, которую очерчивает материальная точка при движении в пространстве.

Траектория может быть прямой и кривой, плоской и пространственной линией.

Уравнение траектории при плоском движении:

$$y = f(x).$$

- **Пройденный путь** - измеряется вдоль траектории в направлении движений. обозначение — S , единицы измерения — метры.



УРАВНЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТОЧКИ

– УРАВНЕНИЕ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ ДВИЖУЩЕЙСЯ ТОЧКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВРЕМЕНИ

- Положение точки в каждый момент времени можно определить по расстоянию, пройденному вдоль траектории от некоторой неподвижной точки, рассматриваемой как *начало отсчета*.
- Такой способ задания движения называется *естественным*.

Таким образом, уравнение движения можно представить в виде $S = f(t)$.

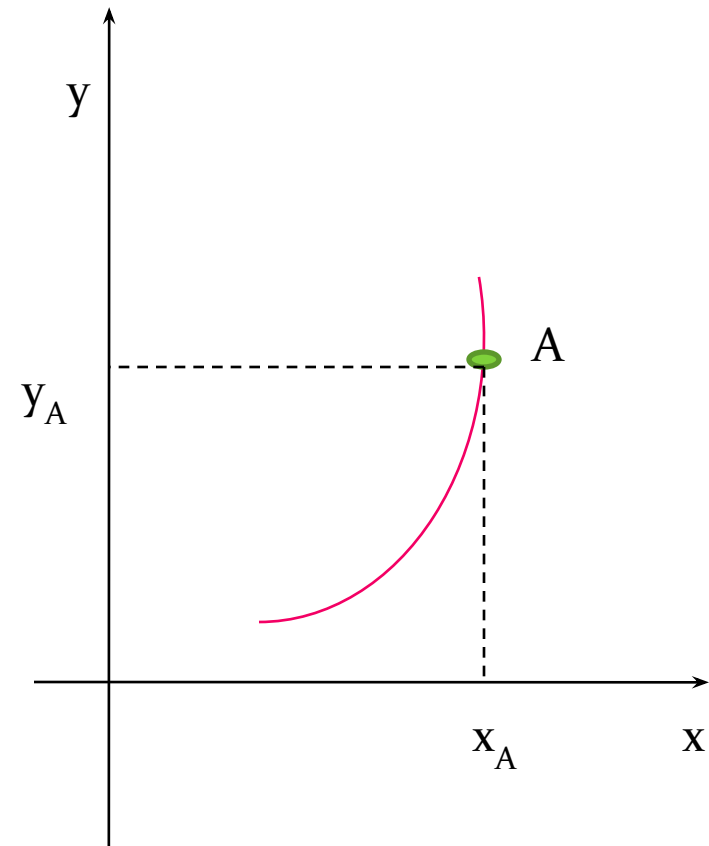


УРАВНЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТОЧКИ – УРАВНЕНИЕ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ ДВИЖУЩЕЙСЯ ТОЧКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВРЕМЕНИ

- Положение точки можно также определить, если известны ее координаты в зависимости от времени.

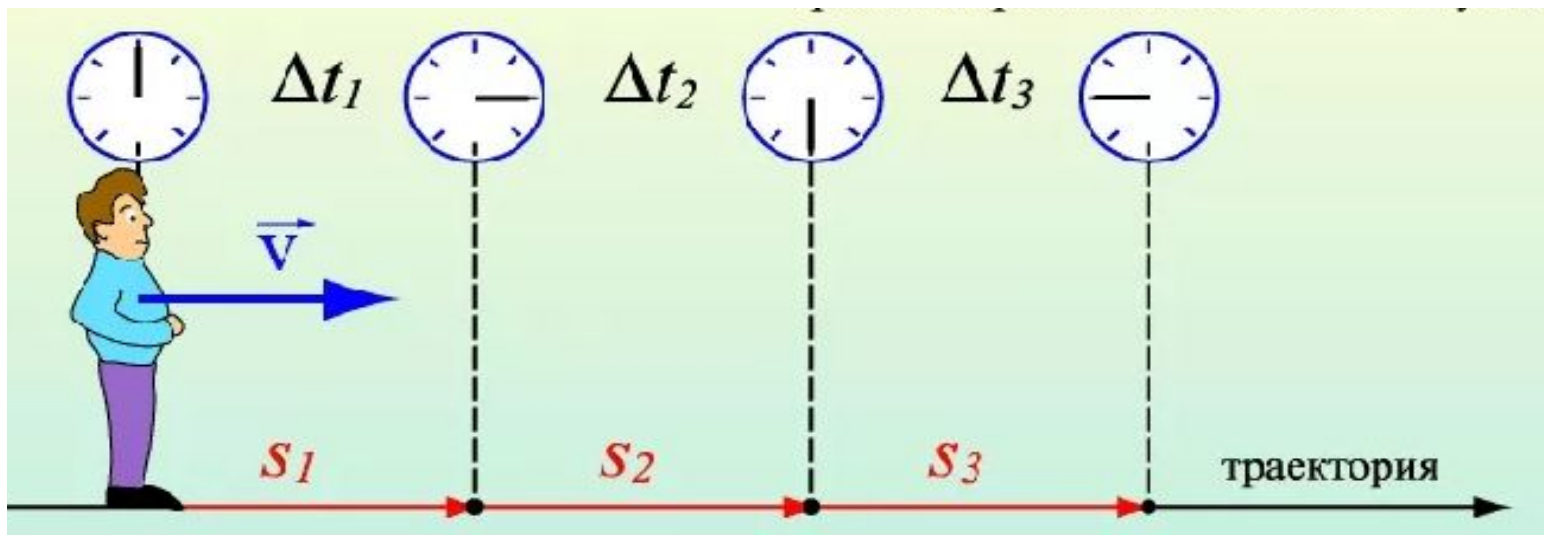
$$\begin{cases} x = f_1(t); \\ y = f_2(t). \end{cases}$$

- Такой способ задания движения называют *координатным*.



СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ - ВЕКТОРНАЯ ВЕЛИЧИНА, ХАРАКТЕРИЗУЮЩАЯ В ДАННЫЙ МОМЕНТ БЫСТРОТУ И НАПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ПО ТРАЕКТОРИИ

- *Скорость* — вектор, в любой момент направленный по касательной к траектории в сторону направления движения.
- Если точка за равные промежутки времени проходит равные расстояния, то движение называют *равномерным*.



- Если точка за равные промежутки времени проходит неравные пути, то движение называют *неравномерным*.
- В этом случае скорость зависит от времени $v = f(t)$.



СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ - ВЕКТОРНАЯ ВЕЛИЧИНА,

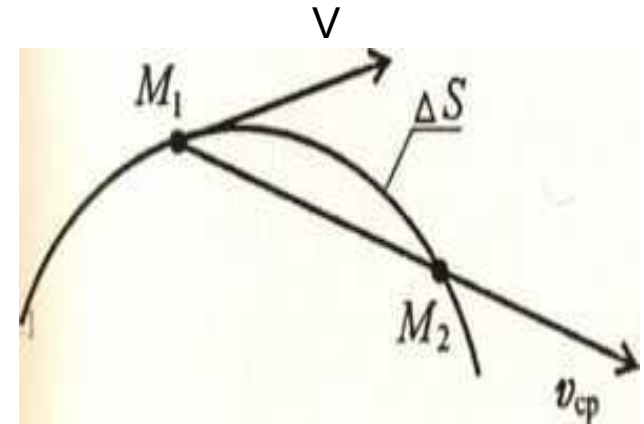
ХАРАКТЕРИЗУЮЩАЯ В ДАННЫЙ МОМЕНТ БЫСТРОТУ И НАПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ПО ТРАЕКТОРИИ

- Средняя скорость на пути ΔS

$$V_{cp} = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

- При рассмотрении малых промежутков времени ($\Delta t \rightarrow 0$) средняя скорость становится равной истинной скорости движения в данный момент. Поэтому скорость в данный момент определяют как

$$V = \frac{dS}{dt}$$



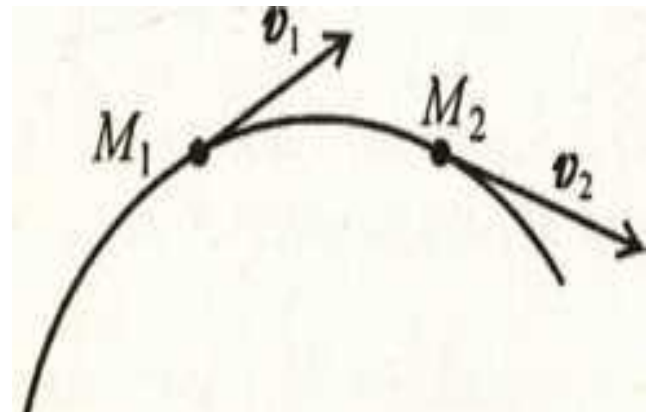
УСКОРЕНИЕ ТОЧКИ - ВЕКТОРНАЯ ВЕЛИЧИНА, ХАРАКТЕРИЗУЮЩАЯ БЫСТРОТУ ИЗМЕНЕНИЯ СКОРОСТИ ПО ВЕЛИЧИНЕ И НАПРАВЛЕНИЮ

- Скорость точки при перемещении из точки M_1 в точку M_2 меняется по величине и направлению. Среднее значение ускорения за этот промежуток времени

$$a_{cp} = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

- При рассмотрении бесконечно малого промежутка времени среднее ускорение превратится в ускорение в данный момент:

$$a = \frac{dV}{dt}$$

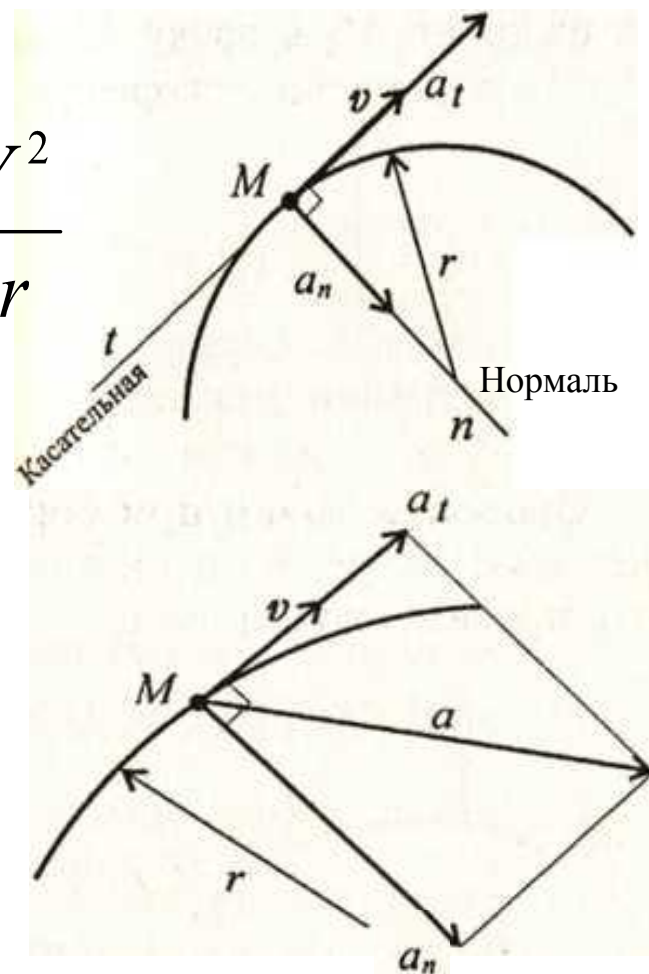


УСКОРЕНИЕ ТОЧКИ - ВЕКТОРНАЯ ВЕЛИЧИНА, ХАРАКТЕРИЗУЮЩАЯ БЫСТРОТУ ИЗМЕНЕНИЯ СКОРОСТИ ПО ВЕЛИЧИНЕ И НАПРАВЛЕНИЮ

- Нормальное ускорение a_n характеризует изменение скорости по направлению: $a_n = \frac{V^2}{r}$
- Касательное ускорение a_t характеризует изменение скорости по величине и всегда направлено по касательной к траектории

$$a_t = \frac{dV}{dt} = V' = S''$$


- Значение *полного* ускорения $a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}$



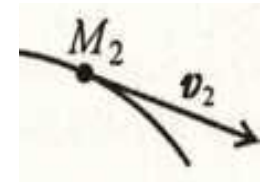
АНАЛИЗ ВИДОВ И КИНЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЙ

□ *Равномерное движение* — это движение с постоянной скоростью: $V = \text{const}$

□ Прямолинейное равномерное движение


$$a_t = \frac{dV}{dt} \Rightarrow a_t = 0$$
$$r = \infty \quad a_n = \frac{V^2}{r} = 0$$
$$a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} = 0$$

□ Криволинейное равномерное движение


$$a_t = \frac{dV}{dt} \Rightarrow a_t = 0$$
$$r \neq \infty \quad a_n = \frac{V^2}{r} \neq 0$$
$$a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} = a_n$$

Уравнение (закон) движения точки при равномерном движении в общем виде является уравнением прямой:

$$S = S_0 + Vt,$$

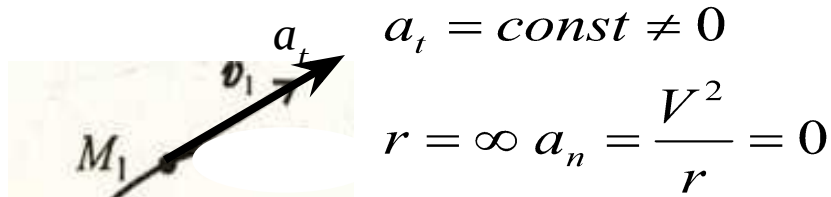
где S_0 — путь, пройденный до начала отсчета



АНАЛИЗ ВИДОВ И КИНЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЙ

□ **Равнопеременное движение** — это движение с постоянным касательным ускорением: $a_t = \text{const}$

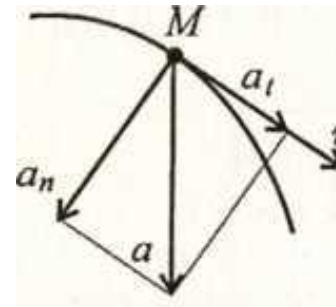
□ Прямолинейное равнопеременное движение



$$a_t = \text{const} \neq 0$$
$$r = \infty \quad a_n = \frac{V^2}{r} = 0$$

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} = a_t$$

□ Криволинейное равнопеременное движение



$$a_t = \text{const} \neq 0$$
$$r \neq \infty \quad a_n = \frac{V^2}{r} \neq 0$$

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}$$

Значение скорости при равнопеременном движении

$$V = V_0 + a_t \cdot t$$

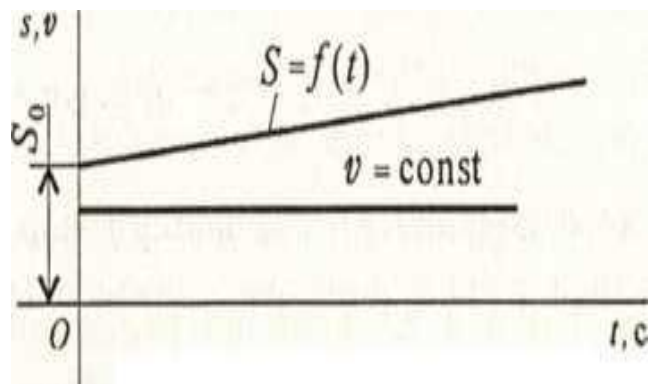
Уравнение (закон) движения точки при равнопеременном движении в общем виде является уравнением параболы:

$$S = S_0 + V_0 \cdot t + \frac{a_t \cdot t^2}{2}$$

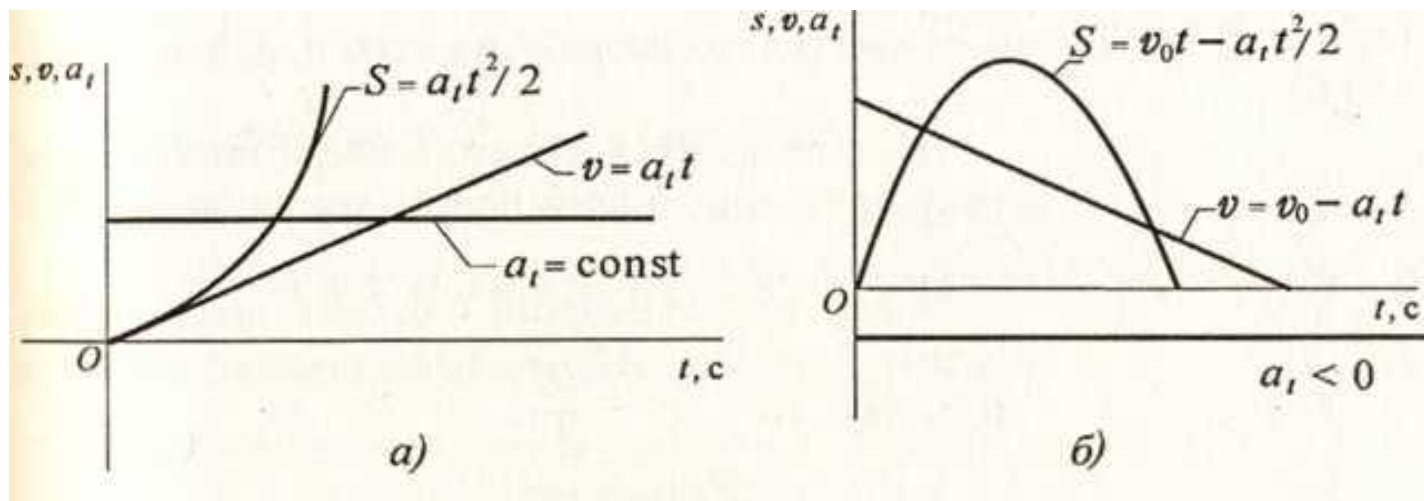


КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ГРАФИКИ — ЭТО ГРАФИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ПУТИ, СКОРОСТИ И УСКОРЕНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВРЕМЕНИ

□ Равномерное движение



□ Равнопеременное движение



Равномерное движение.

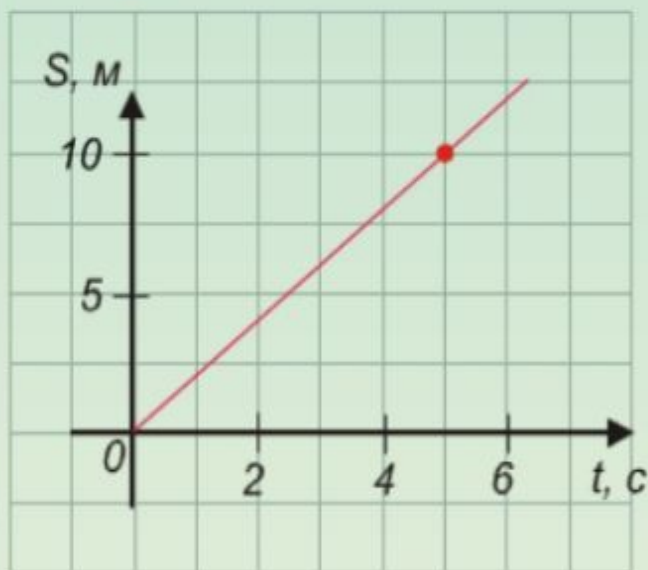
Задача:

На рисунке представлен график зависимости пути, пройденного пешеходом, от времени.

Определите:

а) скорость движения пешехода;

б) путь, пройденный пешеходом за интервал времени от 1 до 3 с.



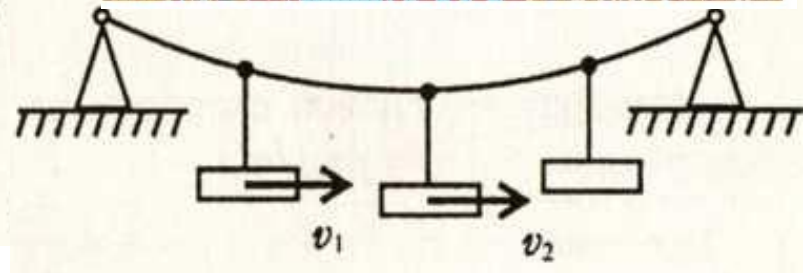
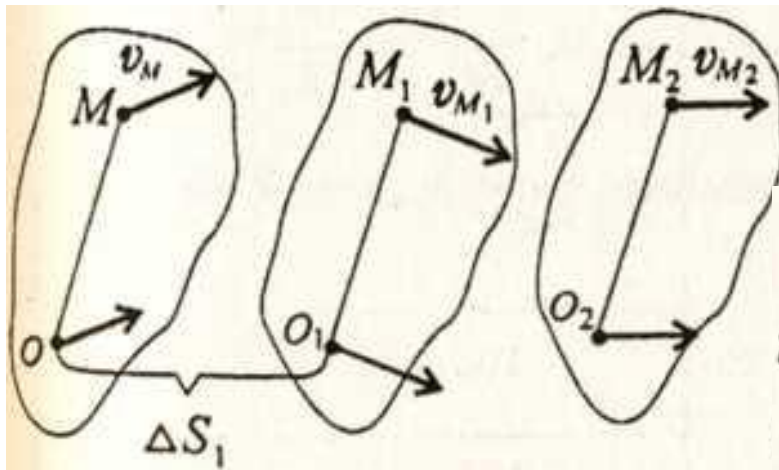
Скорость $V =$

Путь $S =$



ПРОСТЕЙШИЕ ДВИЖЕНИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА

- *Поступательным* называют такое движение твердого тела, при котором всякая прямая линия на теле при движении остается параллельной своему начальному положению

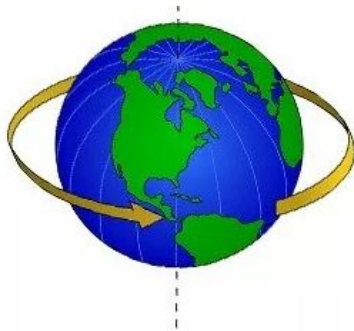
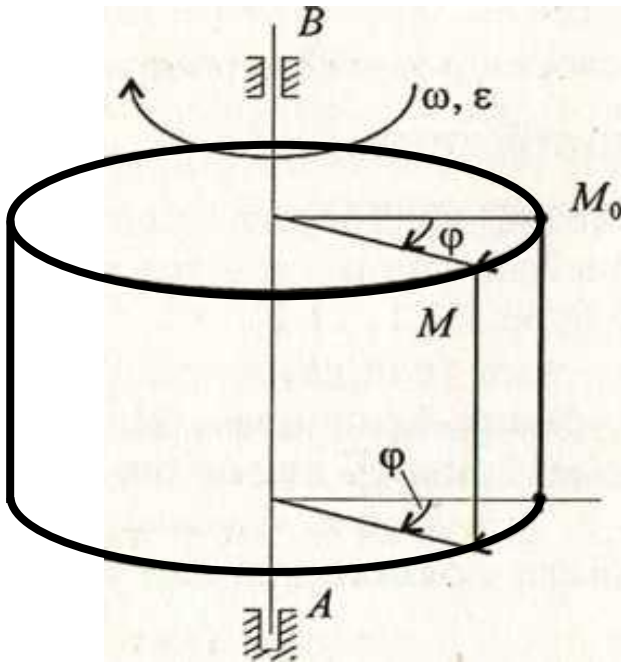


Поступательное движение может быть **прямолинейным** и **криволинейным**



ПРОСТЕЙШИЕ ДВИЖЕНИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА

- При *вращательном* движении все точки тела описывают окружности вокруг общей неподвижной оси



Вращение Земли вокруг своей оси



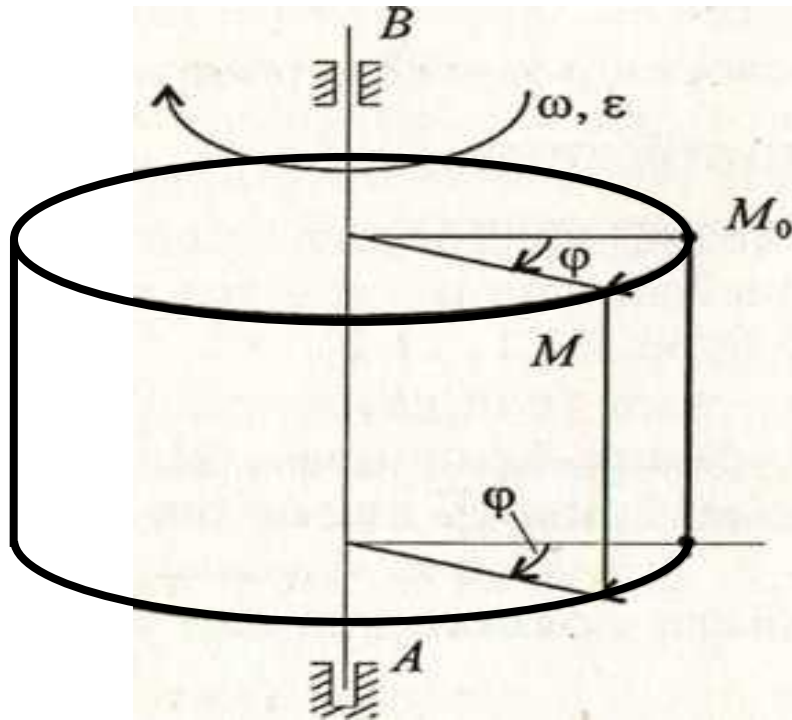
Колесо



Юла



ПРОСТЕЙШИЕ ДВИЖЕНИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА



Для описания вращательного движения тела вокруг неподвижной оси можно использовать только угловые параметры:

φ — угол поворота тела, $[\varphi] = \text{рад}$;
 ω — угловая скорость, определяет изменение угла поворота в единицу времени,

$$[\omega] = \text{рад/с} \quad \omega = \frac{d\varphi}{dt}$$

n - угловая частота вращения, об/мин.

$$\omega = \frac{2\pi \cdot n}{60} = \frac{\pi \cdot n}{30}$$

Изменение угловой скорости во времени определяется угловым ускорением,

$$[\varepsilon] = \text{рад/с}^2$$

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}$$



ЧАСТНЫЕ СЛУЧАИ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

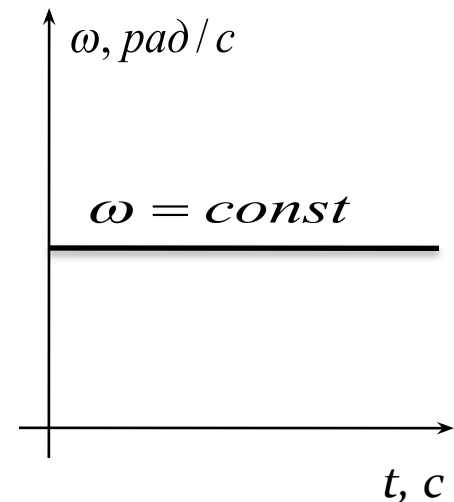
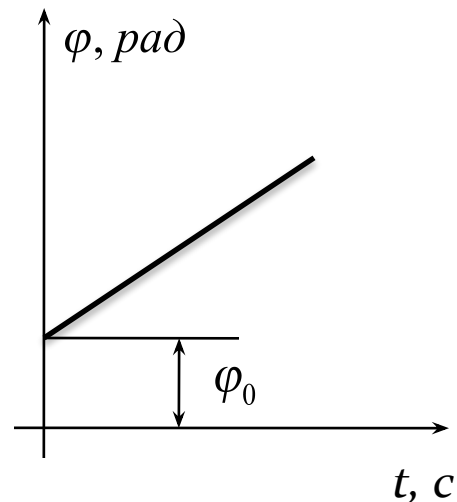
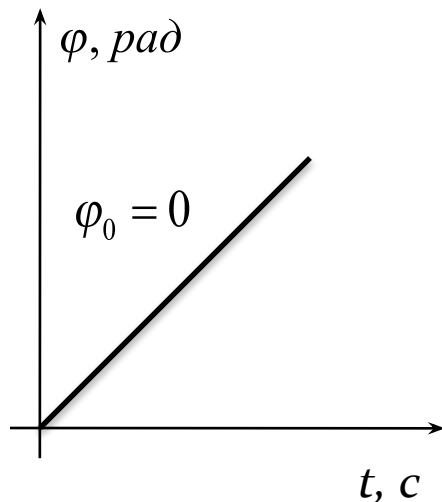
- *Равномерное вращение* (угловая скорость постоянна):

$$\omega = const$$

- Уравнение (закон) равномерного вращения

$$\varphi = \varphi_0 + \omega \cdot t$$

Кинематические графики



ЧАСТНЫЕ СЛУЧАИ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

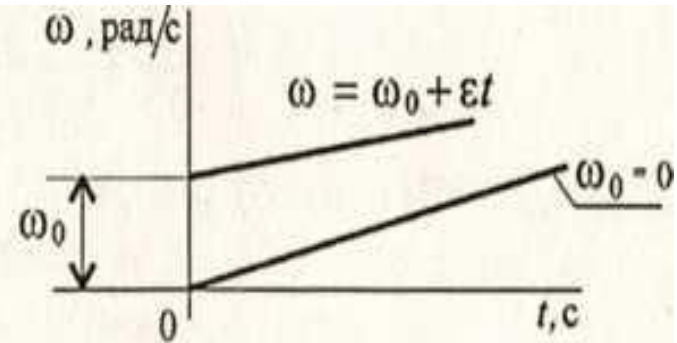
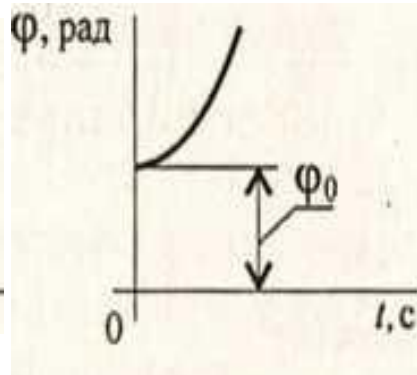
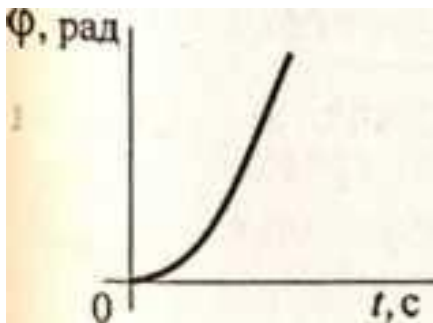
- ▣ *Равнопеременное вращение* (угловое ускорение постоянно):

$$\varepsilon = \text{const}$$

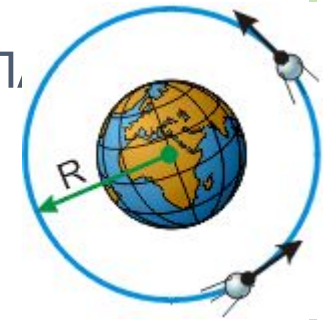
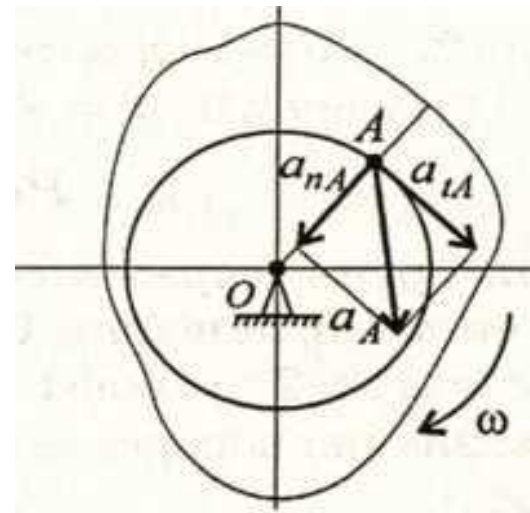
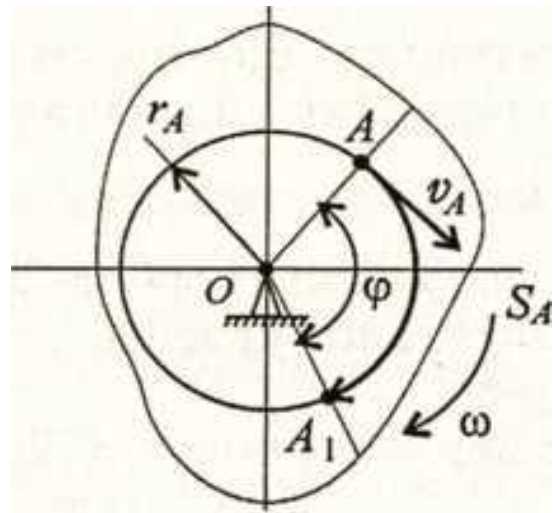
- ▣ Уравнение (закон) равнопеременного вращения

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 \cdot t + \frac{\varepsilon \cdot t^2}{2}$$

Кинематические графики



СКОРОСТИ И УСКОРЕНИЯ ТОЧЕК ВРАЩАЮЩЕГОСЯ ТЕЛА.



□ Путь точки A: $S_A = \varphi \cdot r_A$

□ Линейная скорость точки A: $V_A = \omega \cdot r_A$

□ Ускорения точки A:

касательное

нормальное

$$a_{tA} = \varepsilon \cdot r_A$$

$$a_{nA} = \omega^2 \cdot r_A$$



ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

- **Пример 1.** По заданному графику определить вид движения на каждом участке

