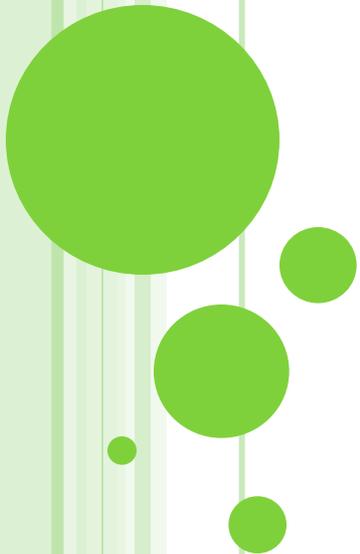


# ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ КИНЕМАТИКИ. КИНЕМАТИКА ТОЧКИ

Лекция 9



# ОСНОВНЫЕ КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

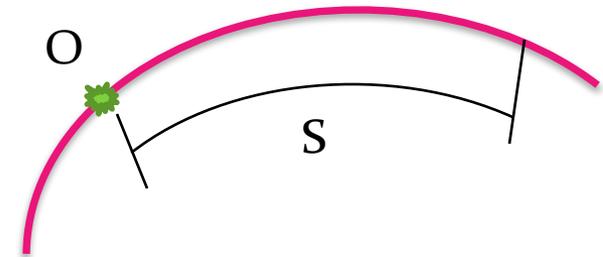
- **Траектория** - линия, которую очерчивает материальная точка при движении в пространстве.

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  $S = f(t)$ .



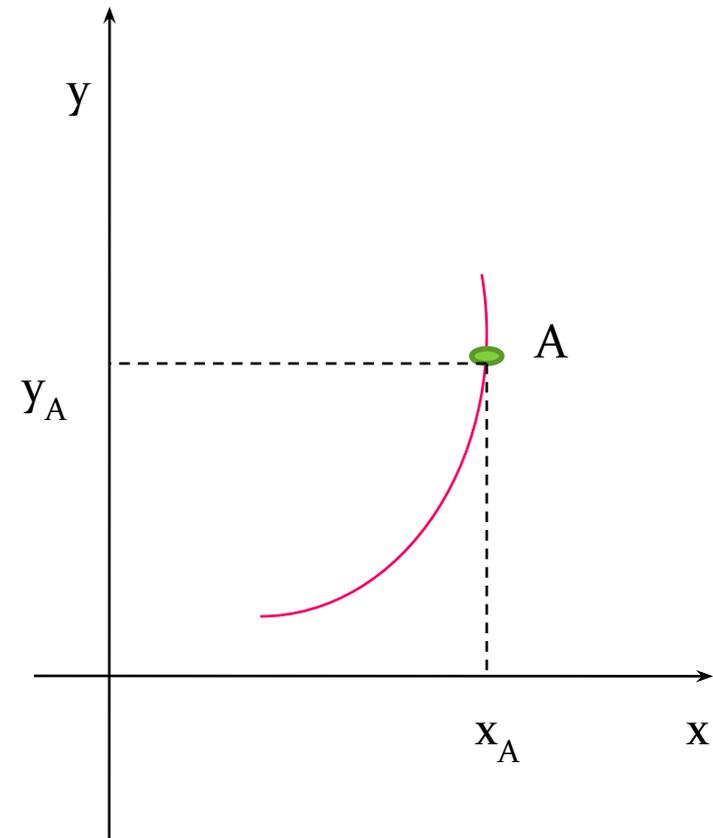
# УРАВНЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТОЧКИ

– УРАВНЕНИЕ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ ДВИЖУЩЕЙСЯ ТОЧКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВРЕМЕНИ

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

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

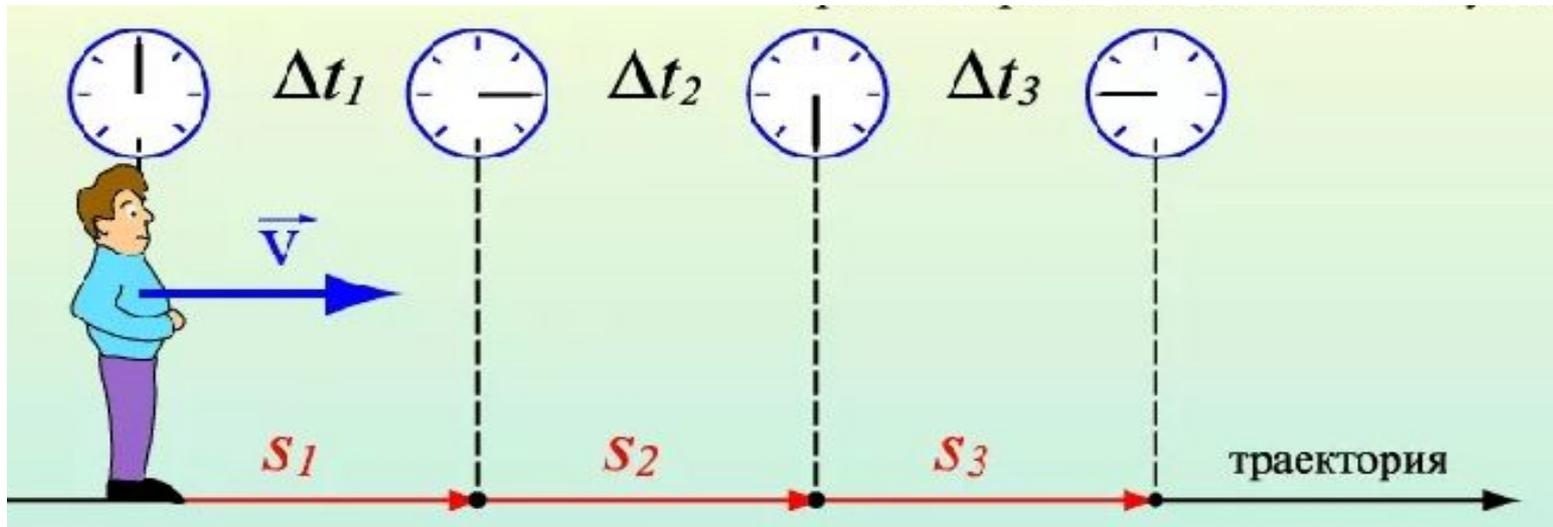
- Такой способ задания движения называют *координатным*.



# 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,

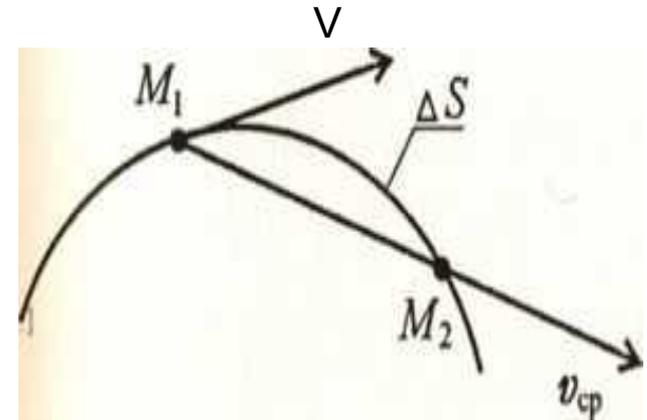
ХАРАКТЕРИЗУЮЩАЯ В ДАННЫЙ МОМЕНТ БЫСТРОТУ И НАПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ПО ТРАЕКТОРИИ

- Средняя скорость на пути  $\Delta S$

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

- 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

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



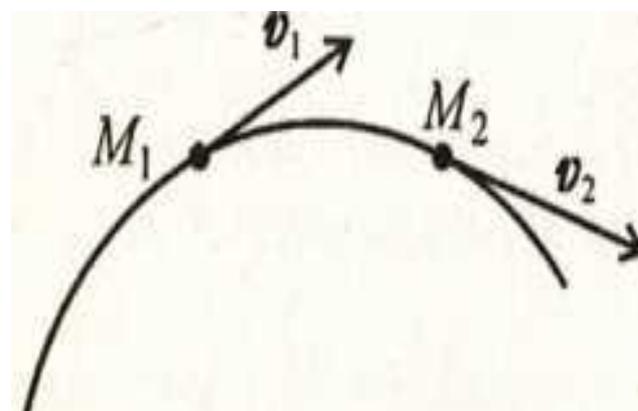
# УСКОРЕНИЕ ТОЧКИ - ВЕКТОРНАЯ ВЕЛИЧИНА, ХАРАКТЕРИЗУЮЩАЯ БЫСТРОТУ ИЗМЕНЕНИЯ СКОРОСТИ ПО ВЕЛИЧИНЕ И НАПРАВЛЕНИЮ

- 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:

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

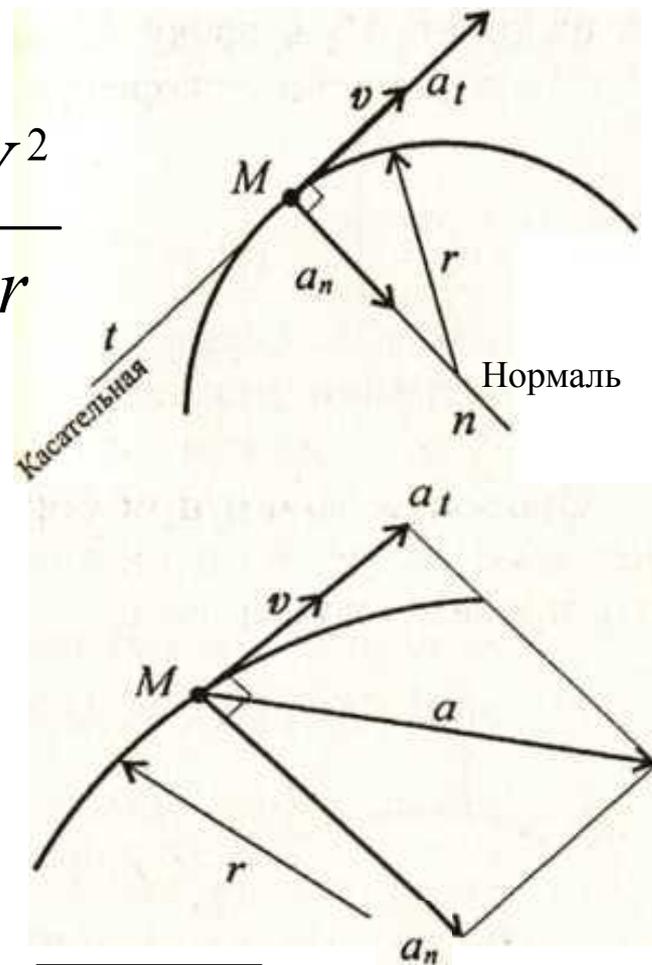


# УСКОРЕНИЕ ТОЧКИ - ВЕКТОРНАЯ ВЕЛИЧИНА, ХАРАКТЕРИЗУЮЩАЯ БЫСТРОТУ ИЗМЕНЕНИЯ СКОРОСТИ ПО ВЕЛИЧИНЕ И НАПРАВЛЕНИЮ

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



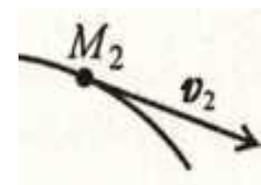
# АНАЛИЗ ВИДОВ И КИНЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЙ

□ *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:

$$S = S_0 + Vt,$$

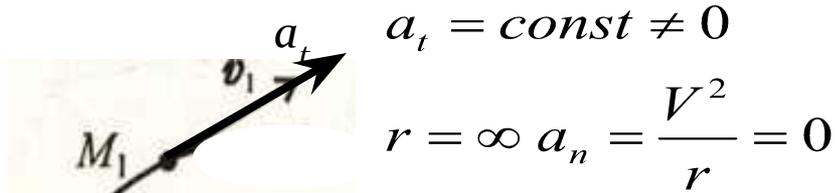
где  $S_0$  — путь, пройденный до начала отсчета



# АНАЛИЗ ВИДОВ И КИНЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЙ

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

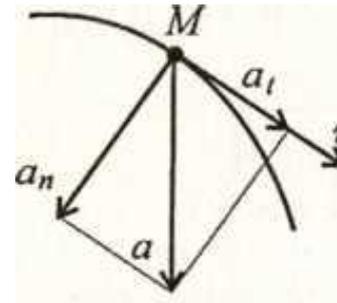
□ Прямолинейное равнопеременное движение



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

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

□ 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

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

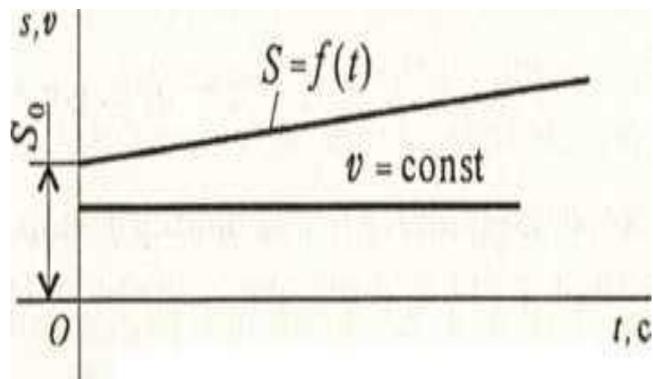
**Уравнение (закон) движения точки** при равнопеременном движении в общем виде является уравнением параболы:

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

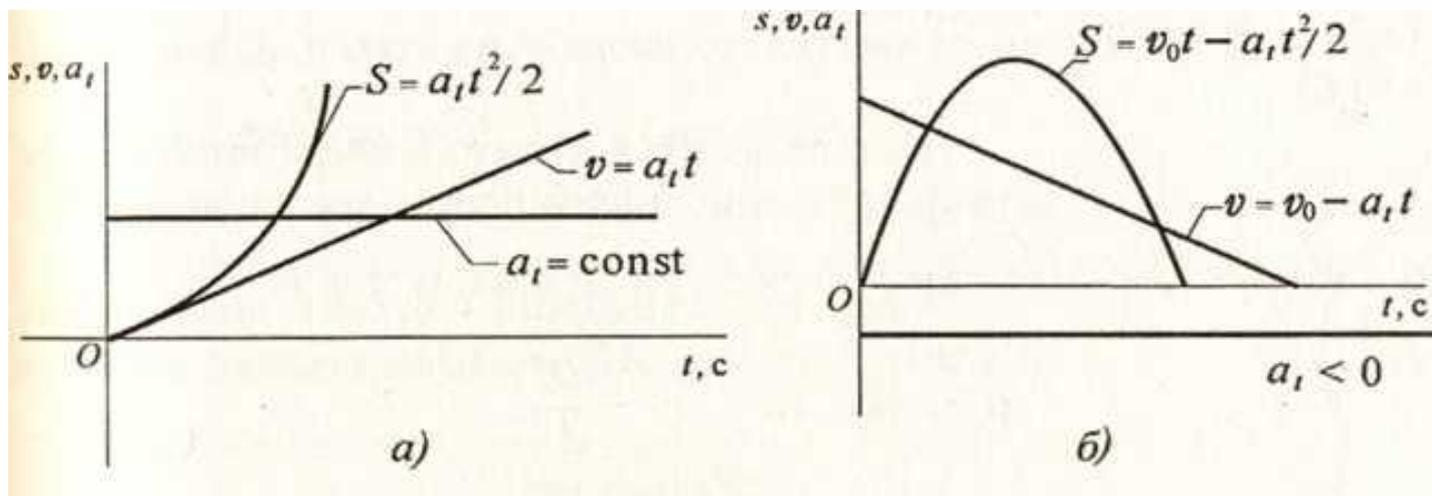


# КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ГРАФИКИ — ЭТО ГРАФИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ПУТИ, СКОРОСТИ И УСКОРЕНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВРЕМЕНИ

## □ Равномерное движение



## □ Равнопеременное движение



# Равномерное движение.

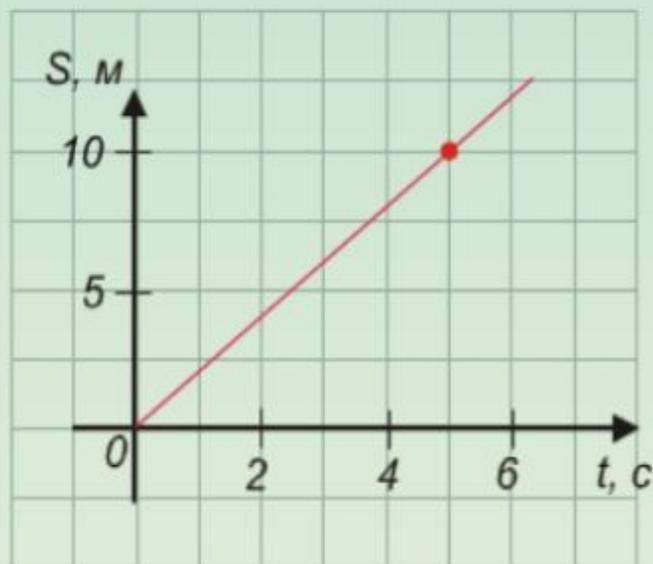
## Задача:

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.



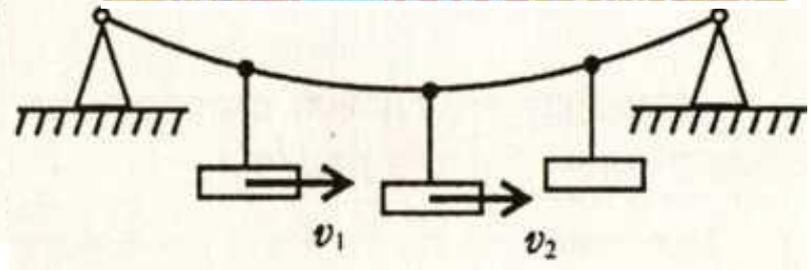
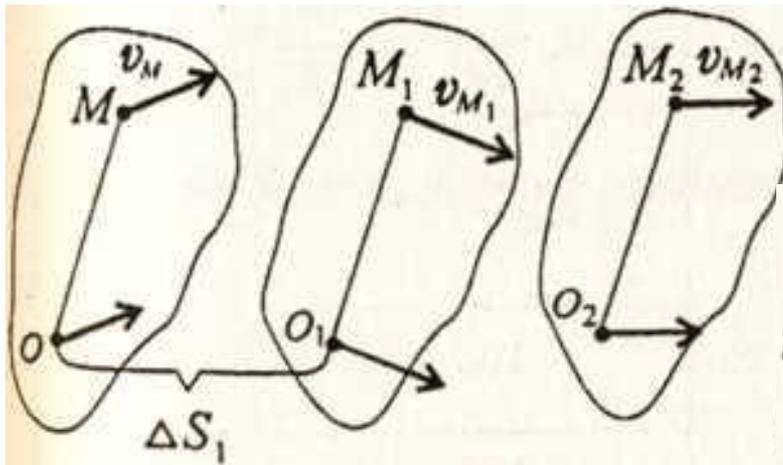
Скорость  $V =$

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

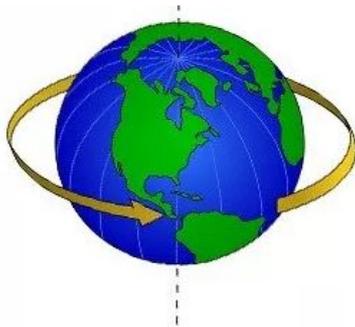
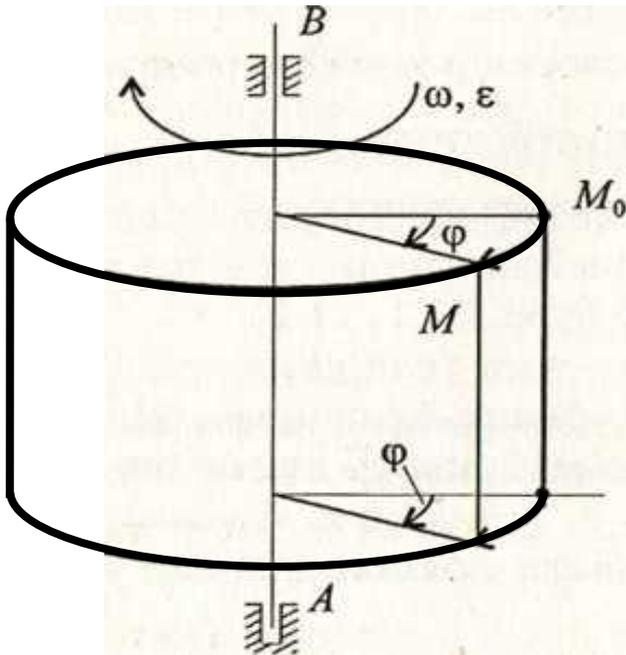


Поступательное движение может быть **прямолинейным** и **криволинейным**



# ПРОСТЕЙШИЕ ДВИЖЕНИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА

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



Вращение Земли вокруг своей оси



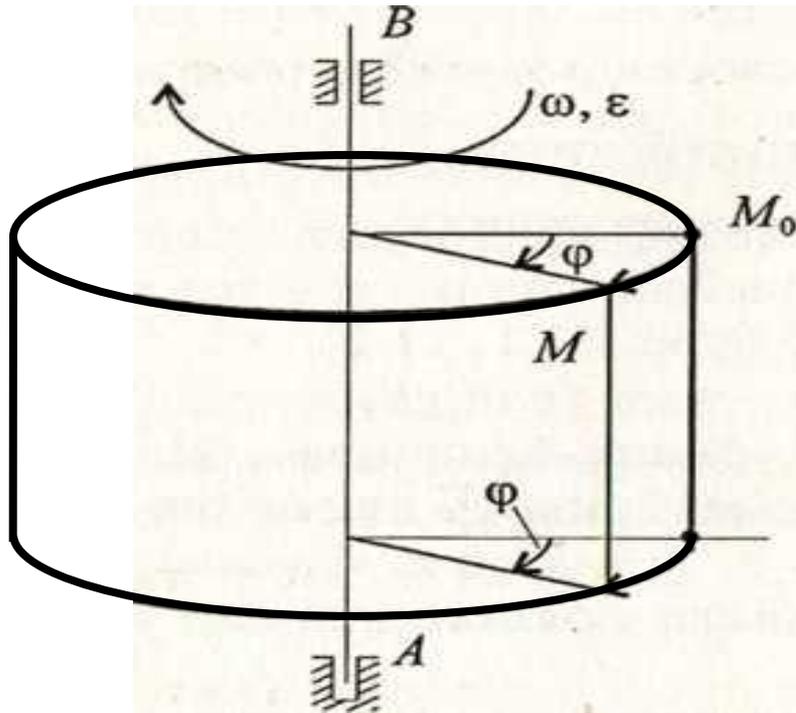
Колесо



Юла



# ПРОСТЕЙШИЕ ДВИЖЕНИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА



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

$\varphi$  — угол поворота тела,  $[\varphi] = \text{рад}$ ;  
 $\omega$  — 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,

$$[\epsilon] = \text{рад/с}^2$$

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



# ЧАСТНЫЕ СЛУЧАИ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

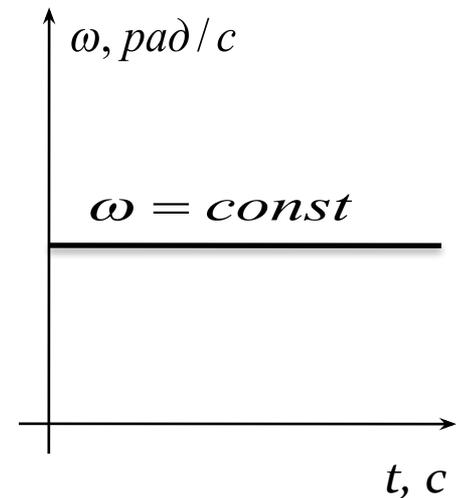
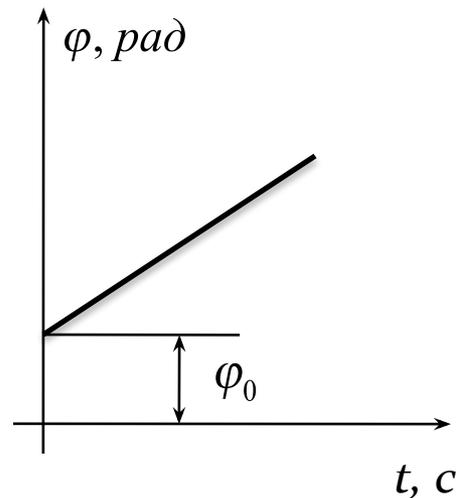
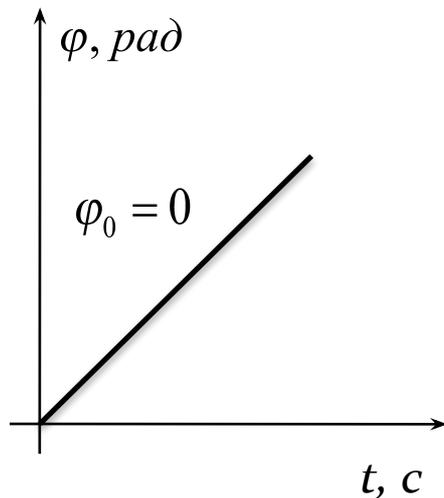
- ▣ *Равномерное вращение* (угловая скорость постоянна):

$$\omega = const$$

- ▣ Уравнение (закон) равномерного вращения

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

## Кинематические графики



## ЧАСТНЫЕ СЛУЧАИ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

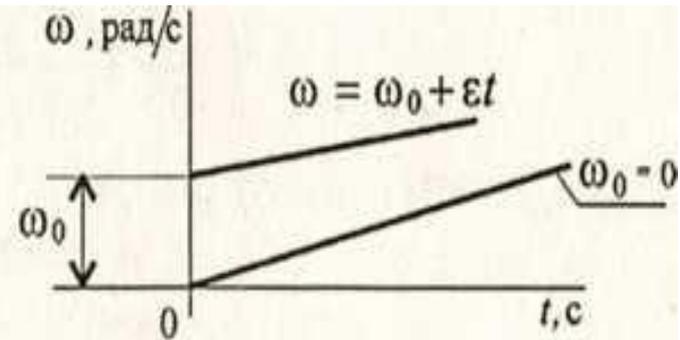
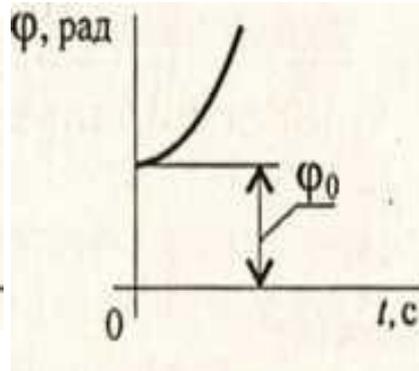
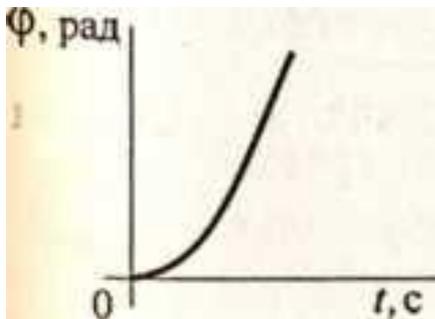
- ▣ *Равнопеременное вращение* (угловое ускорение постоянно):

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

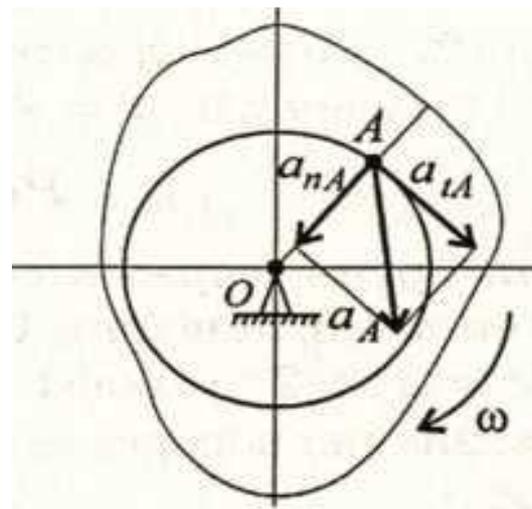
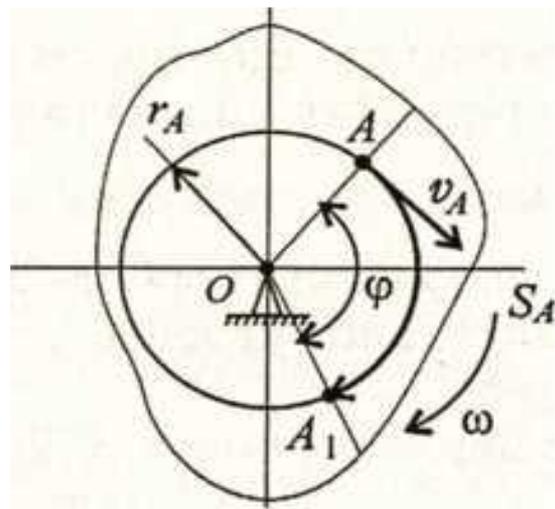
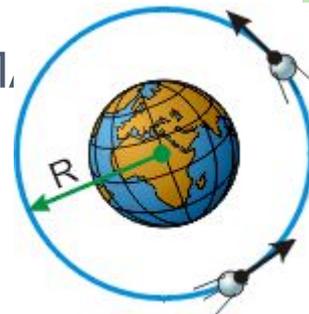
- ▣ Уравнение (закон) равнопеременного вращения

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

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

