

Часть 1
Физические основы
механики

Лекция 1
Кинематика
поступательного и
вращательного движений

МЕХАНИК

А

КВАНТОВАЯ
МЕХАНИКА

$$D \leq 0.1 \text{ мкм}$$

КЛАССИЧЕСКАЯ
МЕХАНИКА

$$v \ll c$$

РЕЛЯТИВИСТСКАЯ
МЕХАНИКА

$$v \leq c$$

СТАТИК

А

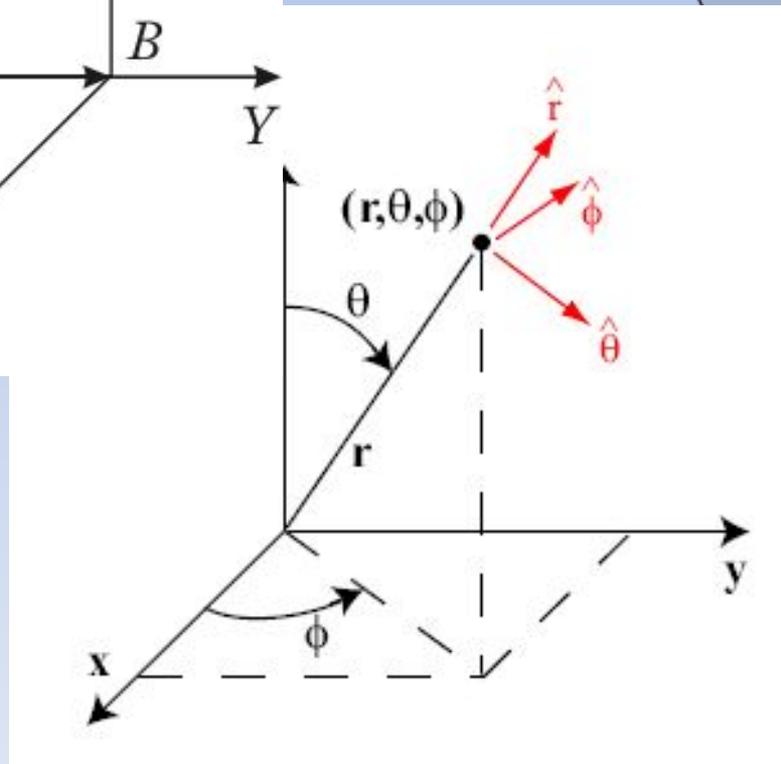
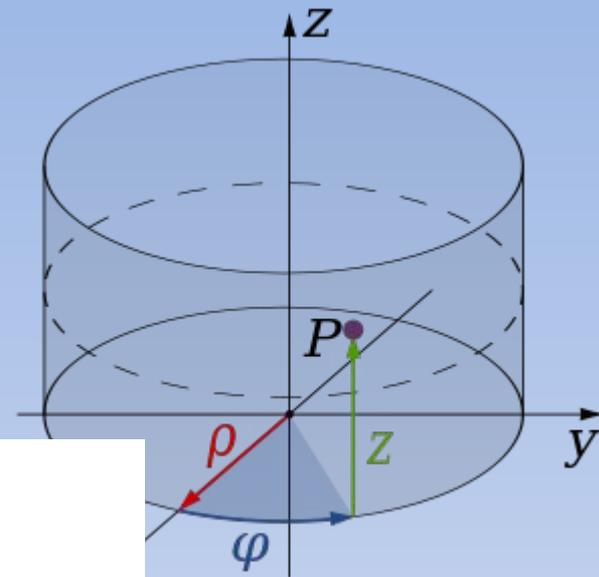
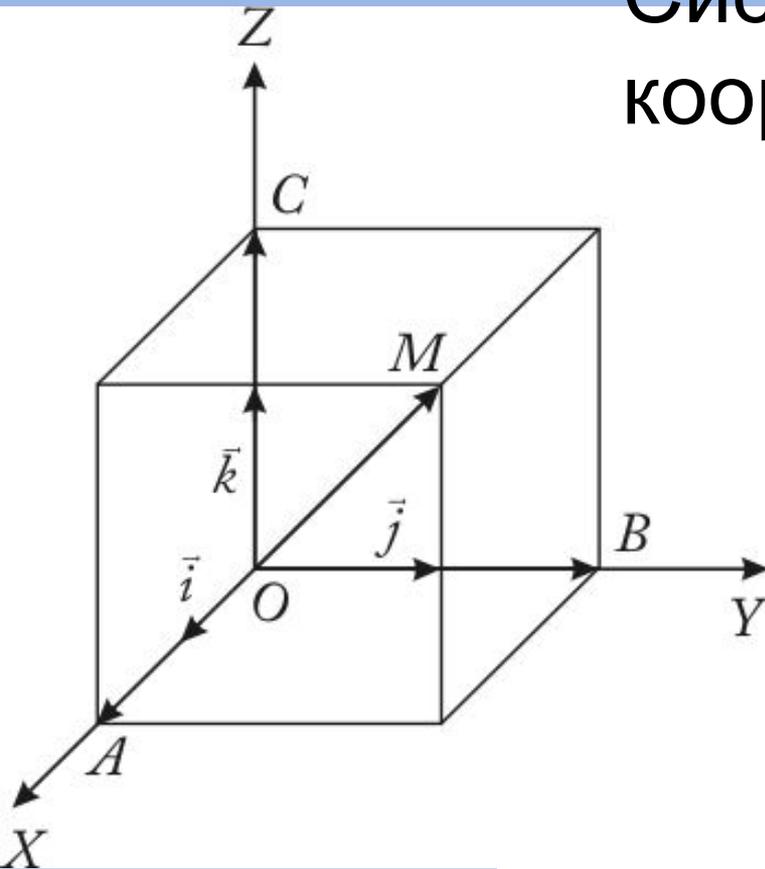
КИНЕМАТИ

КА

ДИНАМИК

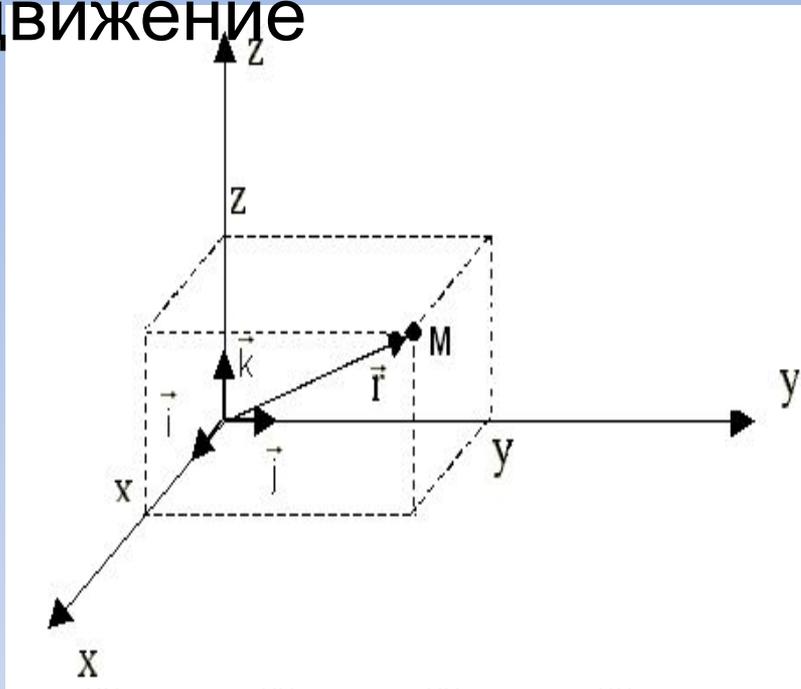
А

Системы координат



Положение точки в

Поступательное движение

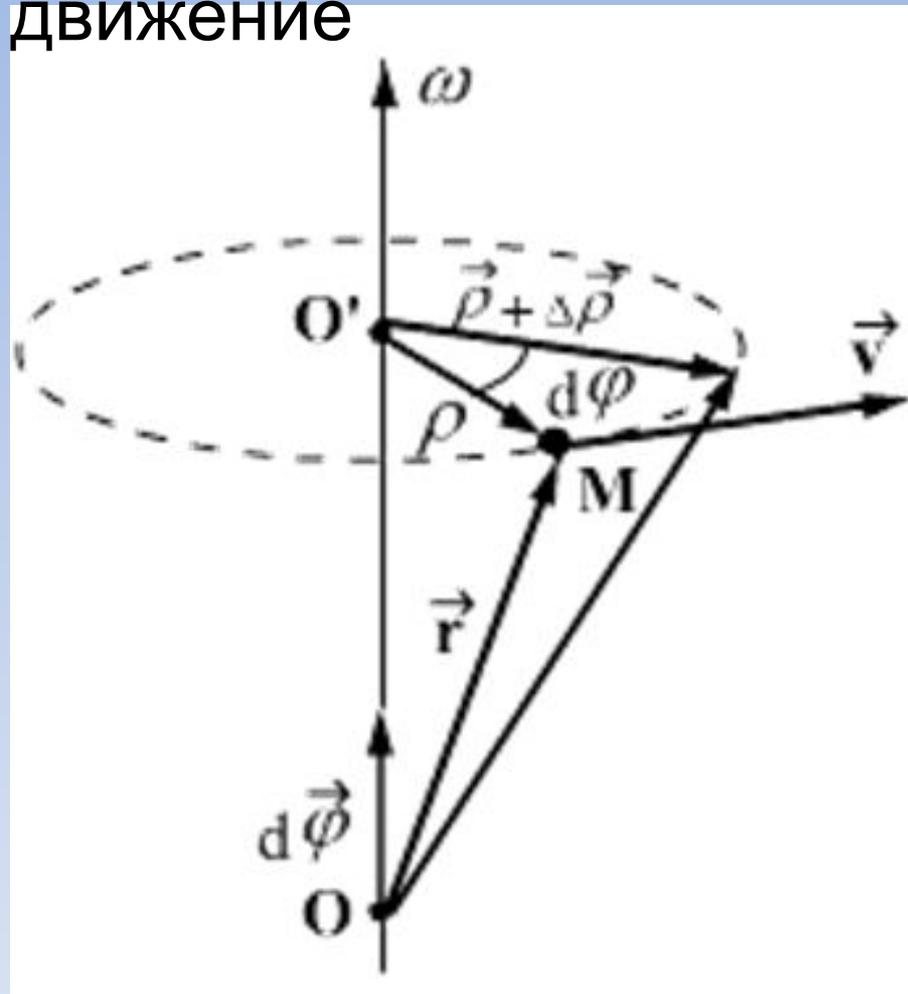


$$\vec{r} = xi + yj + zk$$

$$x = x(t), \quad y = y(t), \quad z = z(t)$$

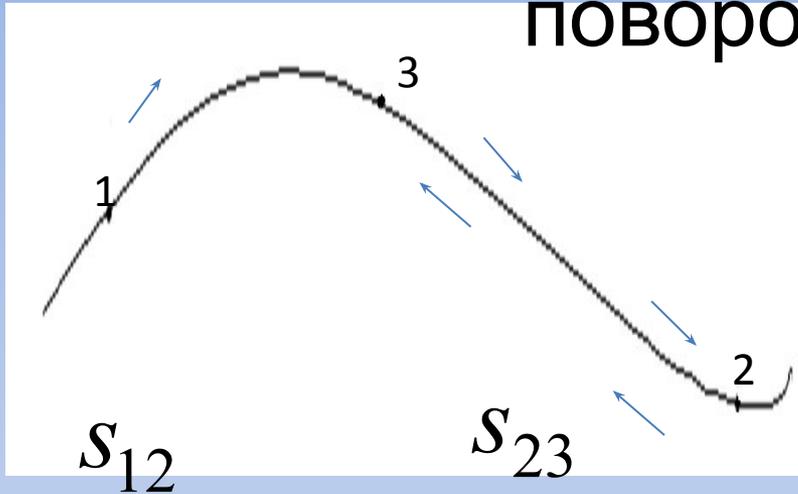
$$\dot{\vec{r}} = \dot{\vec{r}}(t)$$

Вращательное движение

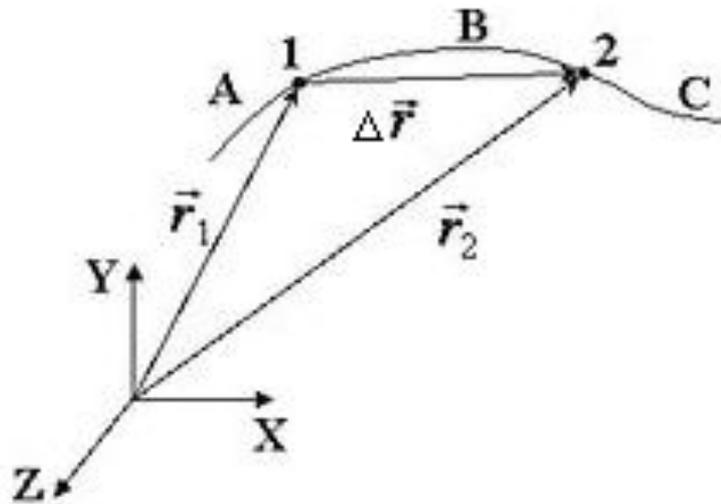
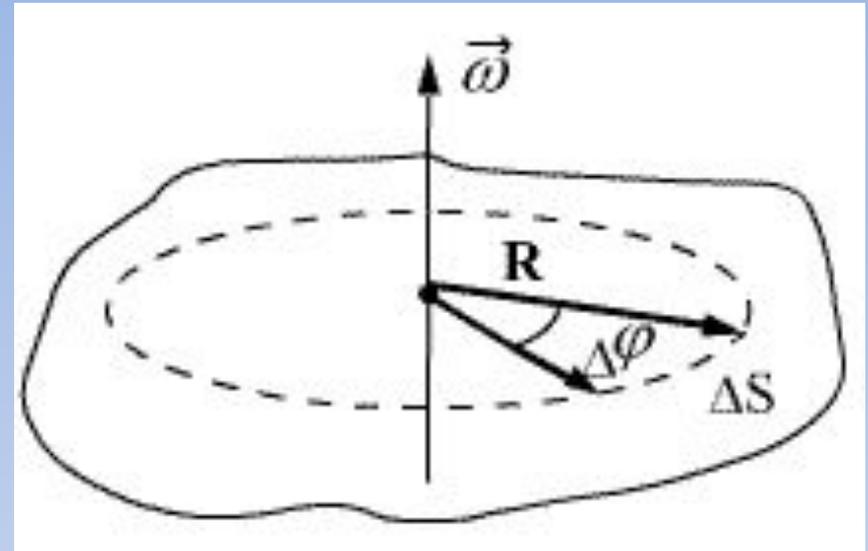


$$[\varphi] = [rad]$$

Перемещение и угол поворота



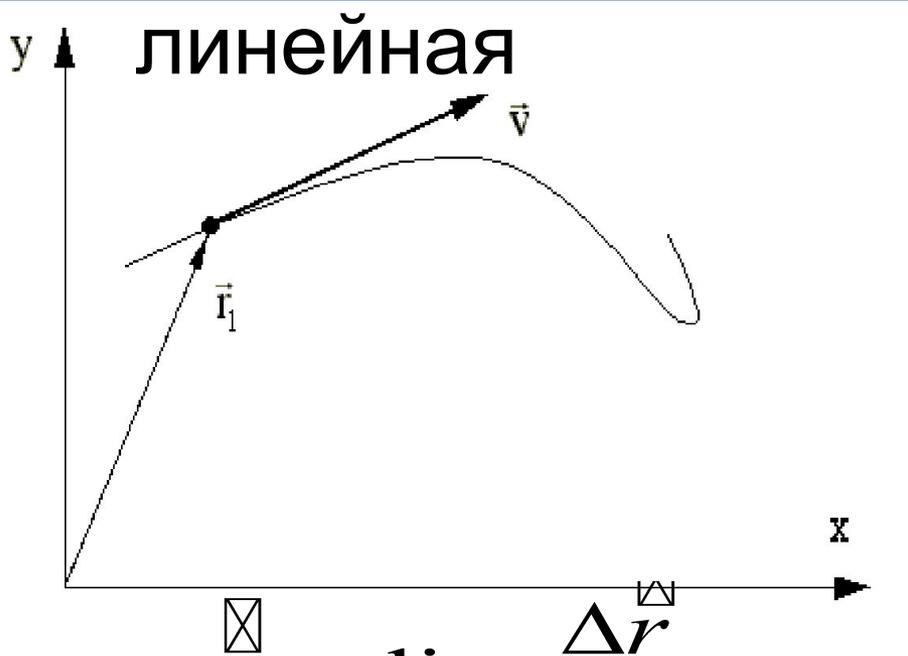
$$S_{12} + S_{23}$$



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

Скорость

линейная



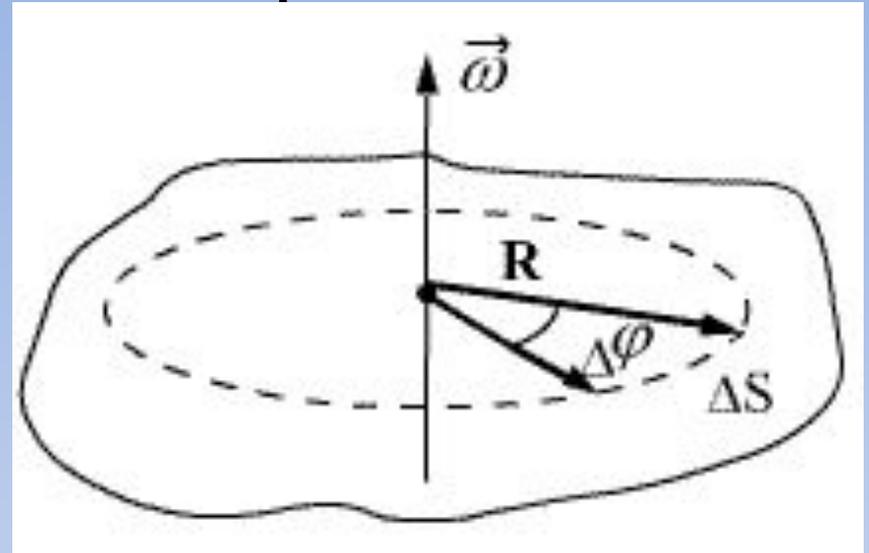
$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \dot{\vec{r}}$$

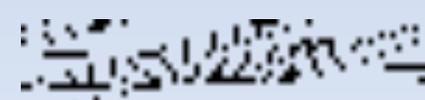
$$\vec{v} = v_x \vec{i} + v_y \vec{j} + v_z \vec{k}$$

$$v_x = \frac{dx}{dt} \quad v_y = \frac{dy}{dt} \quad v_z = \frac{dz}{dt}$$

Скорость



$$\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt} = \dot{\vec{\varphi}} \equiv \vec{\varphi}'$$



$$\varphi = \frac{S}{R}$$

Ускорение линейное

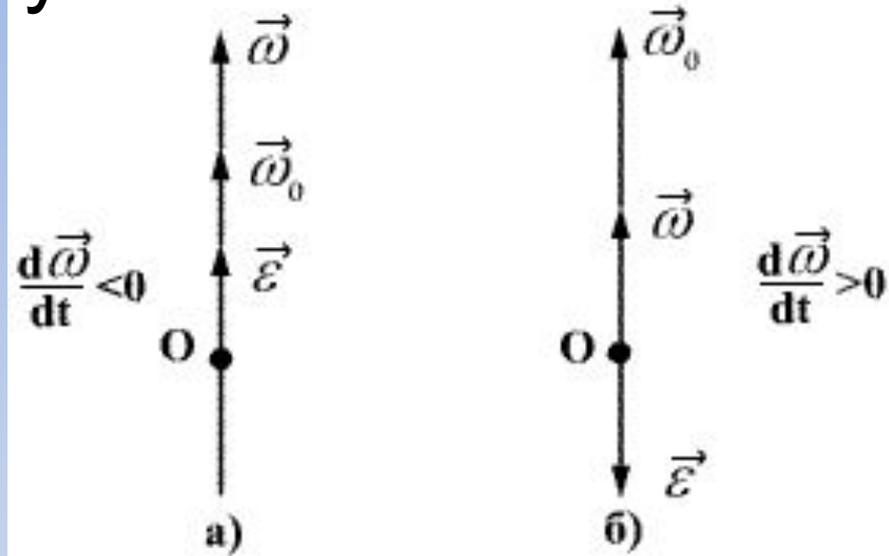
$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \dot{\vec{v}}$$

$$\vec{a} = \frac{d}{dt} \cdot \left(\frac{d\vec{r}}{dt} \right) = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2} = \ddot{\vec{r}}$$

$$\vec{a} = a_x \vec{i} + a_y \vec{j} + a_z \vec{k}$$

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} \quad a_y = \frac{dv_y}{dt} = \frac{d^2y}{dt^2} \quad a_z = \frac{dv_z}{dt} = \frac{d^2z}{dt^2}$$

Ускорение угловое



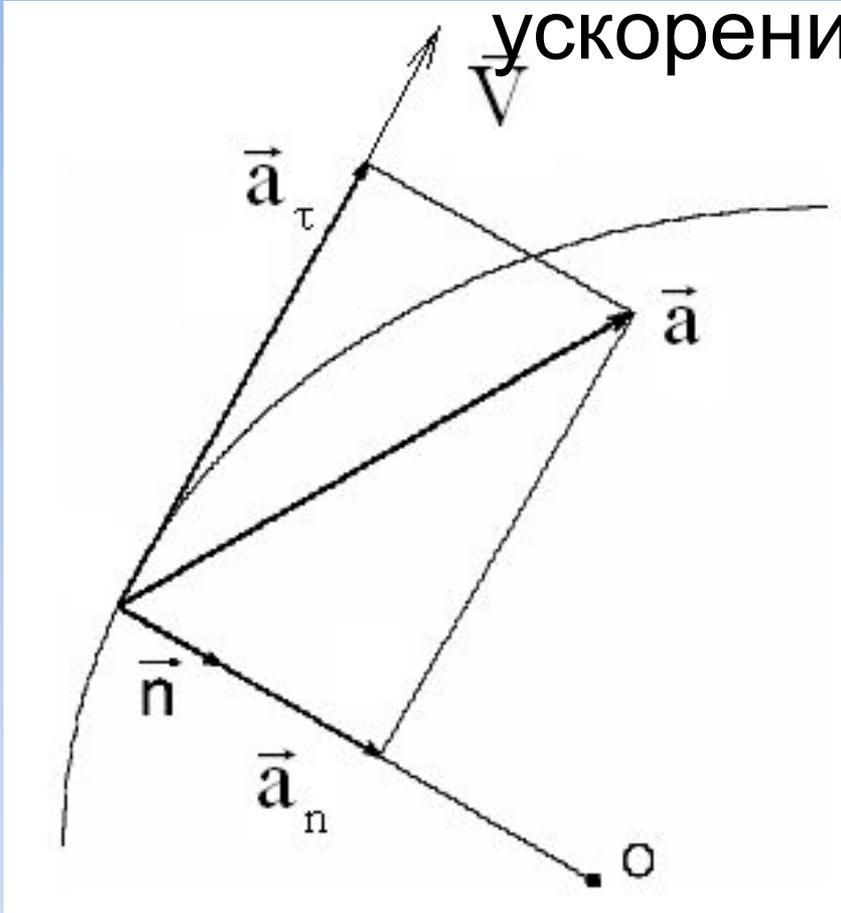
Связь линейных и угловых скоростей и ускорений

$$v = \omega R$$

$$a = \varepsilon R$$

Полное

ускорение



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

$$\vec{a}_\tau = a_\tau \cdot \vec{\tau}$$

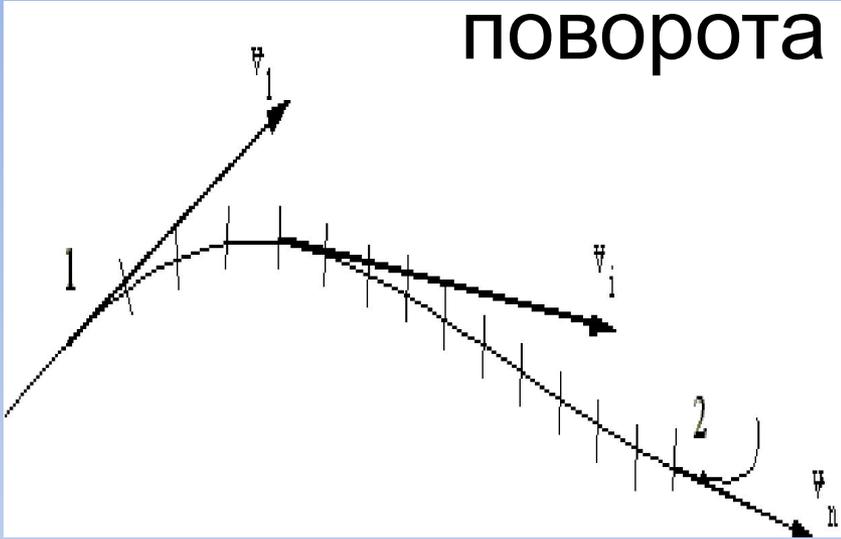
$$\vec{a}_n = a_n \cdot \vec{n}$$

$$a_\tau = \frac{dv}{dt}$$

$$a_n = \frac{v^2}{R}$$

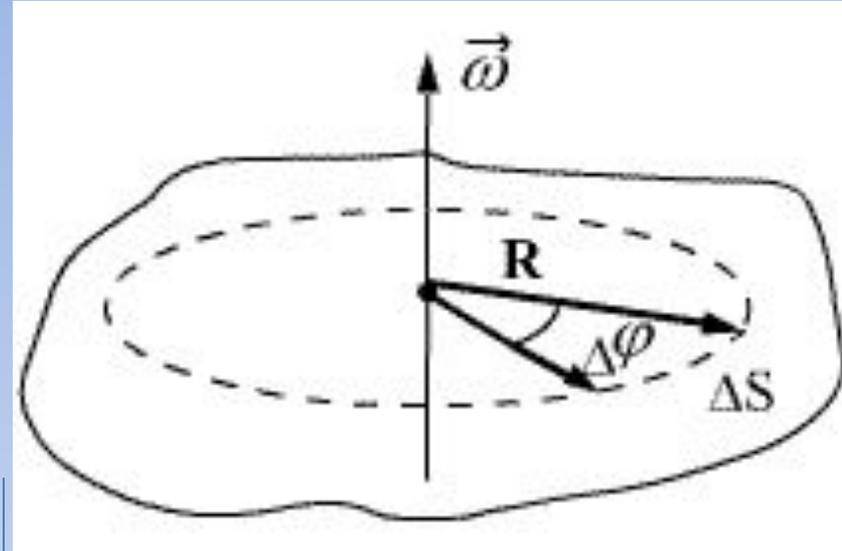
$$a = |\vec{a}| = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2} = \sqrt{\left(\frac{dv}{dt}\right)^2 + \left(\frac{v^2}{R}\right)^2}$$

Путь и угол поворота



$$\Delta s_i = v_i \cdot \Delta t_i$$

$$s = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \sum_{i=1}^n v_i \Delta t_i = \int_{t_1}^{t_2} v(t) dt$$



$$\Delta \psi_i = \omega_i \cdot \Delta t_i$$

$$\psi = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \sum_{i=1}^n \omega_i \Delta t_i = \int_{t_1}^{t_2} \omega(t) dt$$

Выразить скорость через ускорение

$$\Delta v_i = a_i \cdot \Delta t_i$$

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \sum_{i=1}^n a_i \Delta t_i = \int_{t_1}^{t_2} a(t) dt$$

$$\Delta \omega_i = \varepsilon_i \cdot \Delta t_i$$

$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \sum_{i=1}^n \varepsilon_i \Delta t_i = \int_{t_1}^{t_2} \varepsilon(t) dt$$

Равномерное и равноускоренное движения

1) если $v = const$, то $a = 0$
тогда $v = v_0$, $s = s_0 + vt$

2) если $a = const$,
то $v = v_0 + at$
 $s = s_0 + vt + \frac{at^2}{2}$

1) если $\omega = const$, то $\varepsilon = 0$
тогда $\omega = \omega_0$, $\varphi = \varphi_0 + \omega t$

2) если $\varepsilon = const$,
то $\omega = \omega_0 + \varepsilon t$
 $\varphi = \varphi_0 + \omega t + \frac{\varepsilon t^2}{2}$

Колебательное движение

Гармонические колебания

$$x = a \cdot \sin \omega t$$

$$y = b \cdot \cos \omega t$$

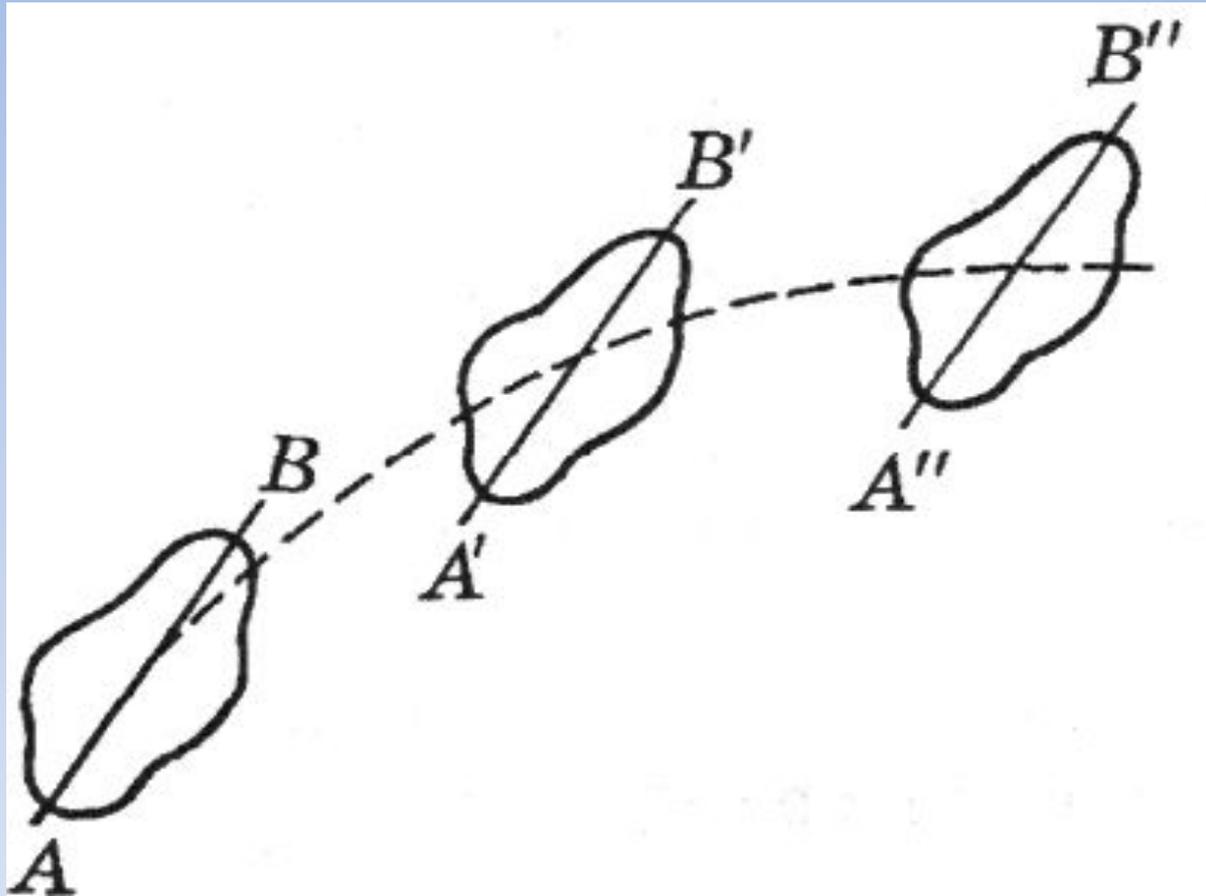
$$z = c \cdot \sin \omega t$$

$$\sin \omega t = \frac{z}{c}; \quad x = \frac{z \cdot a}{c} = \frac{a}{c} \cdot z$$

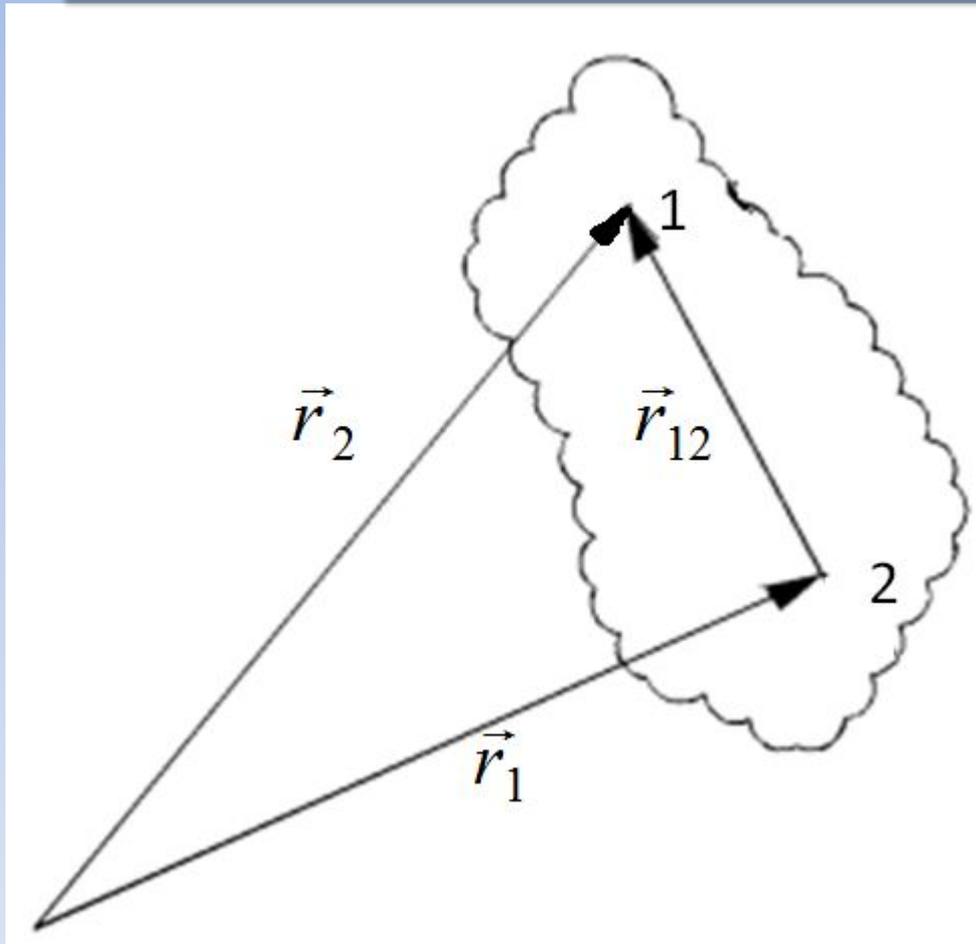
$$\begin{cases} x = a \cdot \sin \omega t \\ y = b \cdot \cos \omega t \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x^2 = a^2 \cdot \sin^2 \omega t \\ y^2 = b^2 \cdot \cos^2 \omega t \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{x^2}{a^2} = \sin^2 \omega t \\ \frac{y^2}{b^2} = \cos^2 \omega t \end{cases}$$

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = \sin^2 \omega t + \cos^2 \omega t = 1$$

Поступательное движение твёрдого тела



Инвариантность преобразований Галлилея



$$\vec{r}_2 = \vec{r}_1 + \vec{r}_{12}$$

$$\begin{array}{c} \square \\ \bullet \\ \square \end{array} \vec{r}_2 = \begin{array}{c} \square \\ \bullet \\ \square \end{array} \vec{r}_1 + \begin{array}{c} \square \\ \square \\ \square \end{array} \vec{r}_{12}$$
$$v_2 = v_1$$

$$\begin{array}{c} \square \\ \bullet \\ \square \end{array} v_2 = \begin{array}{c} \square \\ \bullet \\ \square \end{array} v_1$$
$$\begin{array}{c} \square \\ \square \\ \square \end{array} a_2 = \begin{array}{c} \square \\ \square \\ \square \end{array} a_1$$