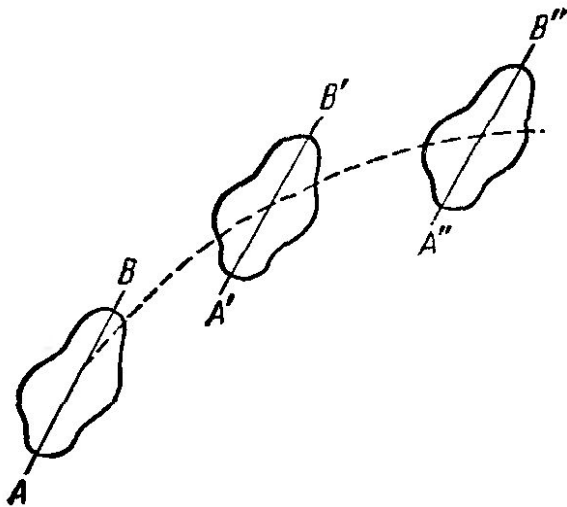


# Кинематика вращательного движения

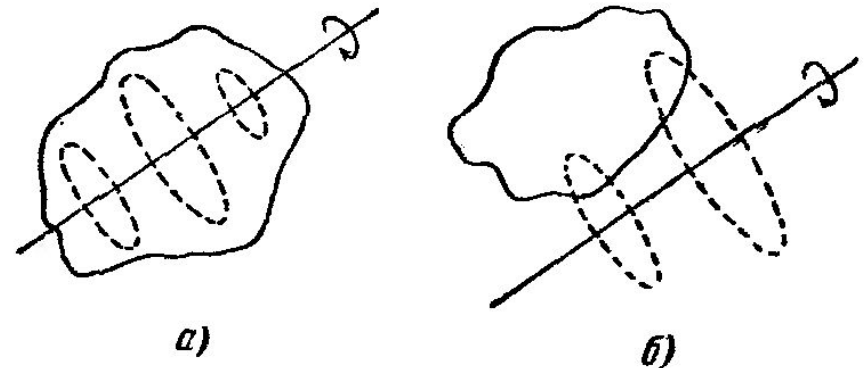
Всякое движение твердого тела может быть представлено как сумма *поступательного* и *вращательного* движений.

*Поступательное движение* – движение тела, при котором прямая, соединяющая две любые точки тела, остается параллельной самой себе при движении этого тела.



*Следствие.* Все точки тела движутся по одинаковым траекториям.

*Вращательное движение твердого тела вокруг оси* – движение тела, при котором все точки тела описывают окружности в плоскостях, перпендикулярных к оси вращения и с центрами, лежащими на этой оси.



Точки тела находятся на разном расстоянии от оси вращения, их скорость разная.

# Характеристики кинематики вращательного движения абсолютно твердого тела

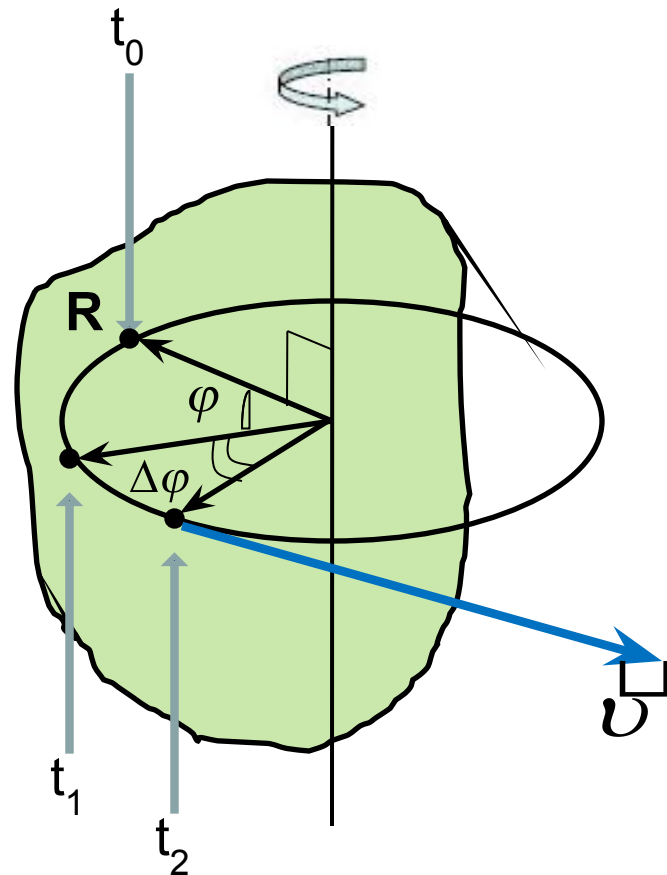
**Абсолютно твердое тело** – тело, деформациями которого можно пренебречь в условиях данной задачи.

Рассмотрим вращательное движение *абсолютно твердого тела* относительно неподвижной оси вращения.

Положение такого тела при вращении вокруг неподвижной оси можно охарактеризовать угловой координатой  $\varphi$  (скаляр)

За время  $\Delta t = t_2 - t_1$  угол поворота  $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$

За время  $dt$  -  $d\varphi$ .



# Характеристики кинематики вращательного движения абсолютно твердого тела

Характеристика быстроты вращения тела вокруг неподвижной оси  $\longrightarrow$  *угловая скорость*:

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

Размерность в системе СИ – радиан/сек или 1/сек.

Движение по окружности данного радиуса  $R$ , будет задано в том случае, если заданы

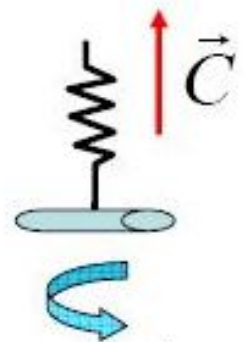
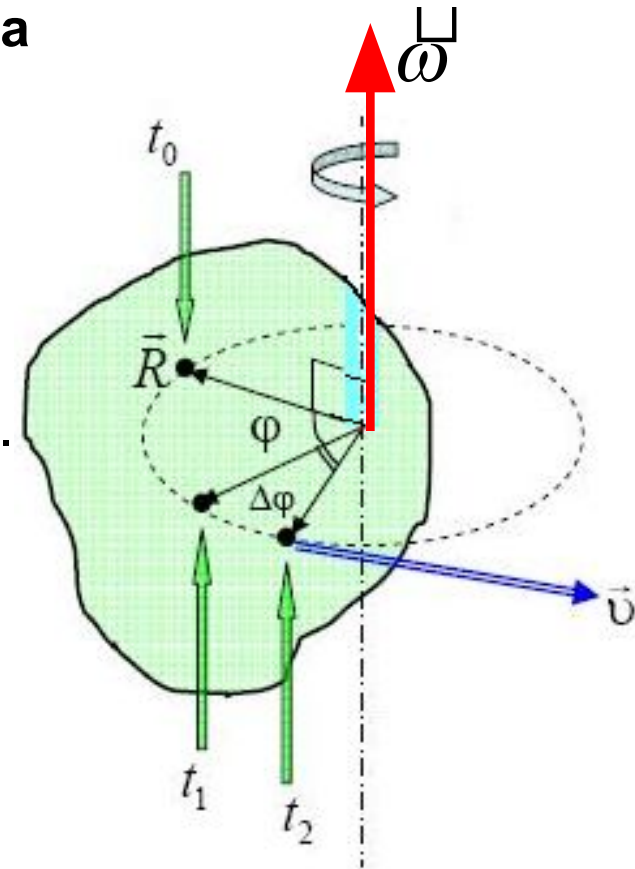
1. величина угловой скорости  $\omega$ ,
2. плоскость в которой лежит окружность,
3. направление вращения

Все три характеристики могут быть даны с помощью одного вектора:

Вектор перпендикулярен плоскости вращения

Направление вектора даёт направление вращения по правилу правого винта.

Будем считать, что  $\vec{\omega}$  – это такой вектор



## Характеристики кинематики вращательного движения абсолютно твердого тела

При вращении с *постоянной* угловой скоростью полный оборот совершается за время

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad \longrightarrow \quad \omega = \frac{2\pi}{T}$$

$T$  – период обращения.

Величина обратная периоду – число оборотов в единицу времени:

$$\longrightarrow \quad \omega = 2\pi\nu$$

$T$  и  $\nu$  можно рассматривать и как характеристики движения с *переменной* угловой скоростью. Тогда они будут характеризовать вращение в данный момент времени.

Пример: изменение скорости вращения ротора, двигателя и т.п. характеризуют изменением числа оборотов (а не изменением угловой скорости).

# Характеристики кинематики вращательного движения абсолютно твердого тела

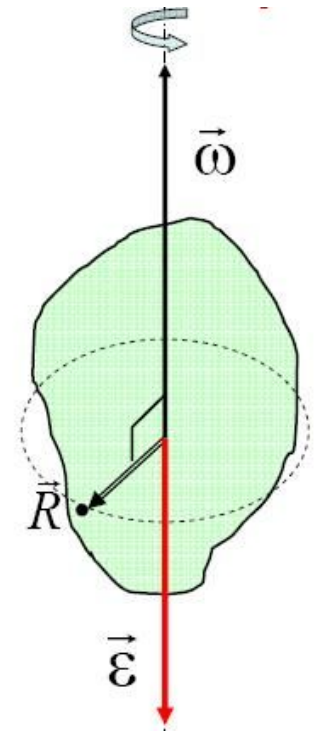
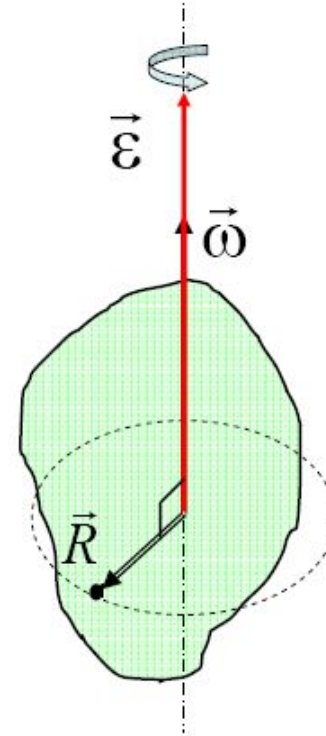
**Угловое ускорение** - характеристика быстроты изменения угловой скорости

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

При неподвижной оси вращения  $\vec{\omega}$  и  $\vec{\varepsilon}$  совпадают по направлению в случае ускоренного вращательного движения.

В случае замедленного вращательного движения  $\vec{\omega}$  и  $\vec{\varepsilon}$  - противоположны.

Ускоренное  
вращательное  
движение



# Связь угловых и линейных величин

Путь, пройденный точкой при движении по окружности:

$$S = R\varphi$$

Связь между **модулями** линейной скорости точки тела и угловой скоростью:

$$v = \frac{dS}{dt} = R \frac{d\varphi}{dt} = R\omega \quad \longrightarrow \quad v = R\omega$$

Связь между модулями тангенциального ускорения точки тела и углового ускорения:

$$a_\tau = \frac{dv}{dt} = \frac{d(\omega R)}{dt} = R \frac{d\omega}{dt} = R\varepsilon \quad \longrightarrow \quad a_\tau = R\varepsilon$$

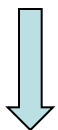
Связь между модулем нормального ускорения точки тела и модулем угловой скорости:

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

# Связь угловых и линейных величин

Связь между линейной скоростью точки тела и угловой скоростью в векторном виде:

$$\vec{v} = [\vec{\omega} \vec{R}] \quad \leftarrow \text{векторное произведение}$$



$$v = R\omega \sin \frac{\pi}{2},$$

$$\vec{C} = [\vec{A} \times \vec{B}]$$

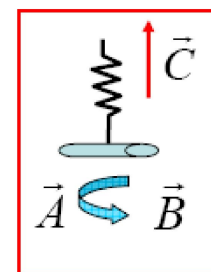
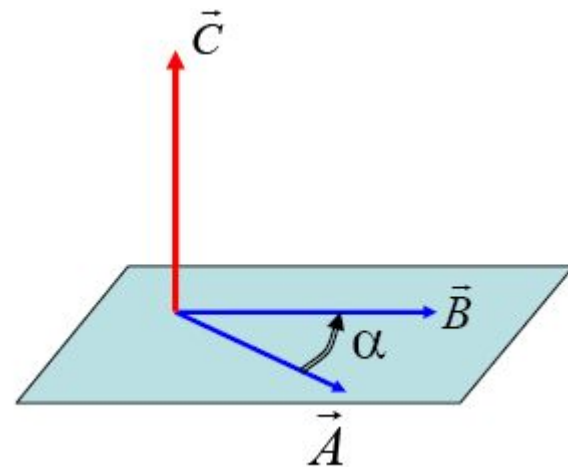
$$\vec{C} \perp \vec{A}$$

$$\vec{C} \perp \vec{B}$$

$$|\vec{C}| = |\vec{A}| |\vec{B}| \sin \alpha$$

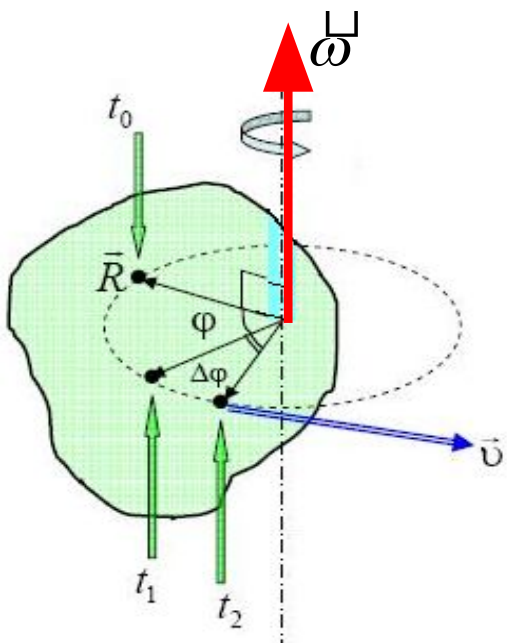
$$C = AB \sin \alpha$$

$$\vec{C} = -[\vec{B} \times \vec{A}]$$



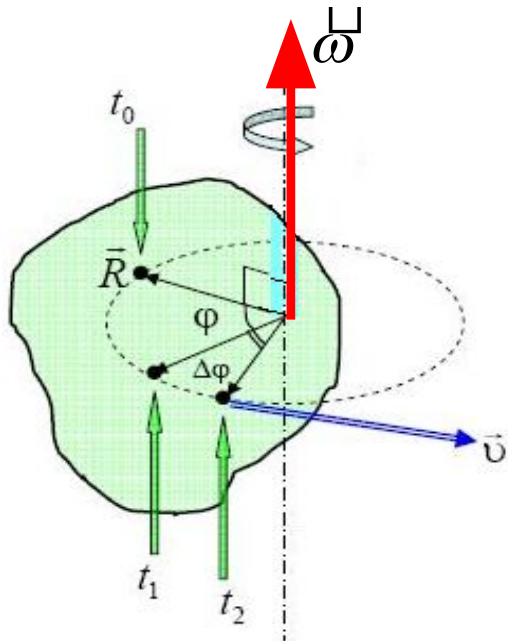
Правило  
Правого  
винта

правило  
правой руки





# Связь угловых и линейных величин



$$S = R\varphi$$

$$v = R\omega$$

$$\vec{v} = [\vec{\omega} \times \vec{R}]$$

$$a_{\tau} = R\varepsilon$$

$$a_n = \omega^2 R$$