

ТЕМА 2: Кинематика вращательного движения

Вращательным называется движение, при котором все точки тела описывают окружности, центры которых лежат на одной и той же прямой, называемой **осью вращения тела**.

Основной особенностью такого вида движения является следующее обстоятельство: *при вращательном движении все точки тела движутся с одной и той же угловой скоростью ω , угловым ускорением ε и совершают одинаковые угловые перемещения φ .*

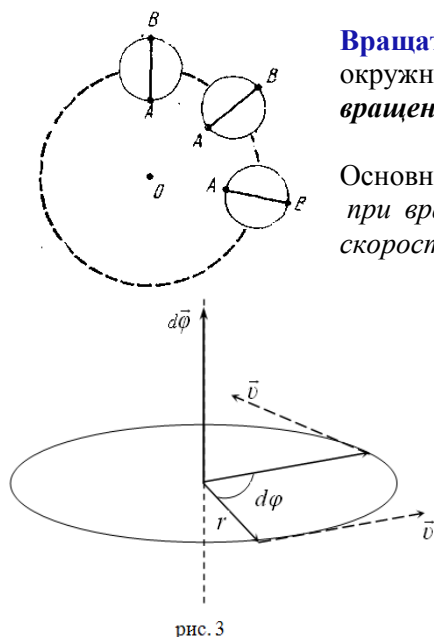


рис. 3

Для описания вращательного движения тела вводят в рассмотрение понятия угла поворота φ , угловой скорости ω и углового ускорения ε .

Угол поворота φ (фи) - это угол, на который поворачивается радиус-вектор любой точки тела при его вращении.

$$[\varphi] = \text{рад}, \text{ радиан.}$$

Элементарное угловое перемещение $d\varphi$ можно рассматривать как вектор $d\vec{\varphi}$, направление которого определяется по **правилу буравчика** (правилу правого винта):

если буравчик установить вдоль оси вращения тела и крутить рукоятку буравчика по направлению вращения тела, то его поступательное движение покажет направление вектора $d\vec{\varphi}$ (см. рис. 3).

Удобство такого введения в следующем:

- модуль вектора $d\vec{\varphi}$ однозначно определяет величину элементарного поворота тела $d\varphi$,
- направление вектора $d\vec{\varphi}$ через правило буравчика определяет направление вращения тела,
- положение вектора $d\vec{\varphi}$ в пространстве определяет ось вращения тела.

Направление угловой скорости совпадает с направлением вектора $d\vec{\varphi}$, то есть она также определяется по правилу буравчика.

Для характеристики быстроты вращения тела в пространстве вводится понятие **угловой скорости ω** (омега).

Средней угловой скоростью $\langle \omega \rangle$ называется скалярная величина, равная отношению изменения угла поворота $\Delta\varphi$ радиус-вектора материальной точки за какой-либо промежуток времени Δt , к величине этого промежутка времени:

$$\langle \omega \rangle = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}.$$

Мгновенной угловой скоростью $\vec{\omega}$ называется векторная величина, равная первой производной угла поворота радиус-вектора материальной точки по времени:

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

Размерность $[\omega] = \frac{\text{рад}}{\text{с}}$, радиан в секунду.

Физический смысл угловой скорости: *она показывает, на какой угол поворачивается радиус-вектор любой точки тела за единицу времени при равномерном вращении.*

(например: $\omega = 2 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ означает, что за каждую секунду радиус-вектор поворачивается на 2 радиана)

Для характеристики быстроты изменения угловой скорости вводится понятие углового ускорения $\vec{\varepsilon}$ (эпсилон).

Различают среднее $\langle \varepsilon \rangle$ и мгновенное $\vec{\varepsilon}$ угловое ускорение.

Средним угловым ускорением $\langle \varepsilon \rangle$ называется скалярная величина, равная отношению изменения угловой скорости тела $\Delta\omega$ за какой-либо промежуток времени Δt к величине этого промежутка времени:

$$\langle \varepsilon \rangle = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}.$$

Мгновенным угловым ускорением $\vec{\varepsilon}$ называется векторная величина, равная первой производной мгновенной угловой скорости тела по времени:

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

Размерность углового ускорения $[\varepsilon] = \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$, радиан на секунду в квадрате.

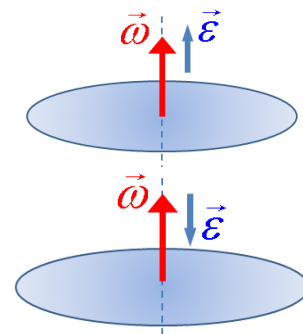
Физический смысл углового ускорения ε : оно показывает, на сколько радиан в секунду изменяется угловая скорость тела за одну секунду при равнопеременном вращении.

(например: $\varepsilon = 1 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$ означает, что за каждую секунду угловая скорость тела изменяется на $1 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$).

Направление вектора углового ускорения $\vec{\varepsilon}$:

- оно сонаправлено с вектором $\vec{\omega}$ при ускоренном вращении тела;

- и противоположно направлено вектору $\vec{\omega}$ при замедленном вращении.



Период обращения T (тэ)– это время одного полного оборота.

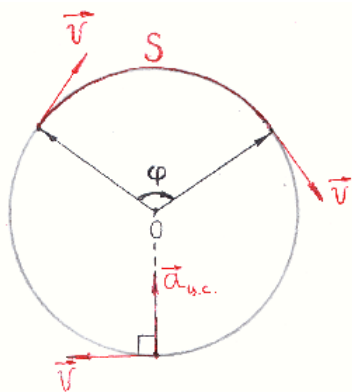
$$T = \frac{t}{N}, \quad \text{где } t \text{ – время, за которое точка сделает } N \text{ оборотов.} \quad [T] = c$$

Частота обращения (частота вращения) n (эн) – это число оборотов за единицу времени.

$$n = \frac{N}{t}, \quad \text{где } N \text{ – число оборотов за время } t. \quad [n] = \frac{об}{c} \equiv \frac{1}{c}$$

Причём

$$T = \frac{1}{n}$$



Равномерное движение материальной точки по окружности – это движение с ускорением, которое называется нормальным или центростремительным a_{yc} . (оно характеризует быстроту поворота вектора скорости по направлению и направлено к центру окружности, по которой движется точка).

Связь линейных и угловых величин

$$\begin{cases} S = \varphi r \\ v = \omega r \\ a_{yc} = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r = \omega v \end{cases} \quad \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi n \quad T = \frac{1}{n}$$

Уравнения равнопеременного вращательного движения вокруг неподвижной оси имеют в этом случае следующий вид:

$$\begin{cases} \varphi = \varphi_0 + \omega_{oz} t + \frac{\varepsilon_z t^2}{2} \\ \omega = \omega_{oz} + \varepsilon_z t \end{cases}$$