



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Кинематика криволинейного движения



Цель обучения: 10.2.1.5 - определять радиус кривизны траектории, тангенциальное, центростремительное и полное ускорения тела при криволинейном движении;

На этом уроке вы узнаете:

- о периоде и частоте обращения и их единицах измерения;
- как вычислять скорость кругового движения, если известны радиус окружности и период (частота) вращения;
- как направлены векторы скорости и ускорения в любой точке траектории криволинейного движения;
- как описывать равномерное круговое движение;

Период и частота

Криволинейное движение можно представить как движение по дугам окружности разного радиуса. Частным случаем криволинейного движения является движение по окружности. Движение по окружности с постоянной по модулю скоростью называется равномерным движением по окружности. Движение по окружности является периодическим т. к. оно повторяется. Любое периодическое движение характеризуется периодом и частотой.

Время, за которое тело делает один полный оборот, называется периодом. Период обозначается T и измеряется в секундах. Число оборотов в единицу времени называется частотой. Частота обозначается ν (ню) и измеряется в герцах ($\text{Гц} = 1/\text{с}$). Период и частота связаны следующей зависимостью:

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

Соедините соответствующие значения.

период [с]

0,5 

0,1 

0,25 

1 

частота [1/с]

 1

 2

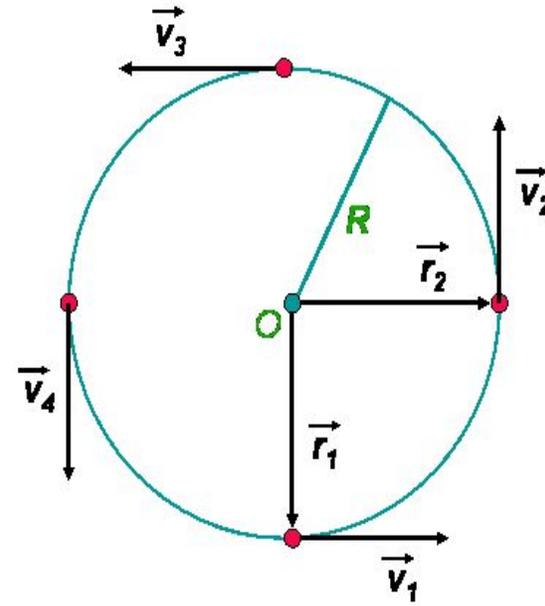
 4

 10

Скорость кругового движения

- Если тело движется по окружности с радиусом R с постоянной по модулю скоростью, то за время равное периоду оно пройдет путь, равный длине окружности. Линейную скорость можно рассчитать по формуле:

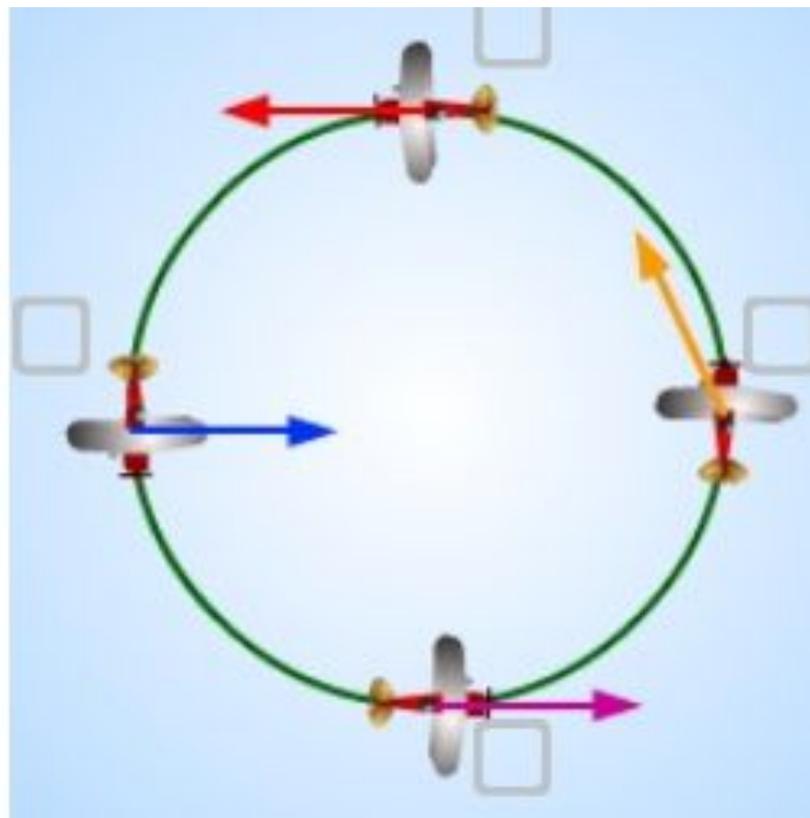
$$v = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi R\nu$$



Вектор скорости в круговом движении

- Направление вектора скорости при движении по окружности меняется в каждой точке. Наблюдая за направлением движения мяча после обрыва нити, можно сделать вывод, что вектор скорости направлен по касательной к окружности и перпендикулярен ее радиусу.

Укажите точки на окружности, в которых направление вектора скорости тела указано верно.



Угловая скорость

Под угловой скоростью понимают физическую величину, показывающую, на какой угол поворачивается точка, движущаяся по окружности, за единицу времени. Угловая скорость обозначается ω , измеряется в рад/с и вычисляется:

$$\omega = \frac{\varphi}{t}$$

За время $t = T$, угол поворота $\varphi = 2\pi$ рад, тогда:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$$

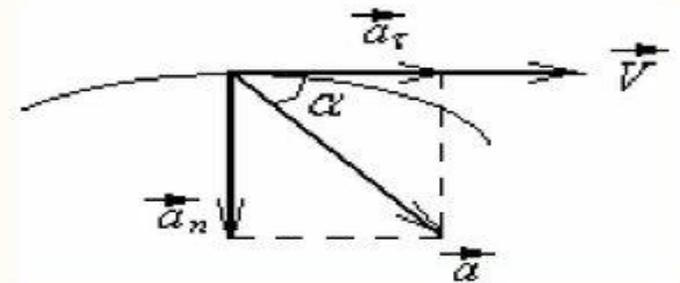
где ν - частота вращения.

\vec{a}_n - **нормальная составляющая** ускорения или **центростремительное ускорение**.

- характеризует изменение скорости по направлению ← **физический смысл**.

$$\vec{a}_n = \frac{v^2}{R} \vec{n}, \quad a_n = \frac{v^2}{R},$$

$$\vec{a}_n \perp \vec{v}$$



Нормальная составляющая вектора ускорения равна отношению квадрата модуля мгновенной скорости к радиусу кривизны траектории.

\vec{n} - единичный вектор, направленный по нормали к траектории к центру ее кривизны.

Полное ускорение можно представить в виде векторной суммы двух ускорений:

$$\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n, \quad a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$$

Угловое ускорение

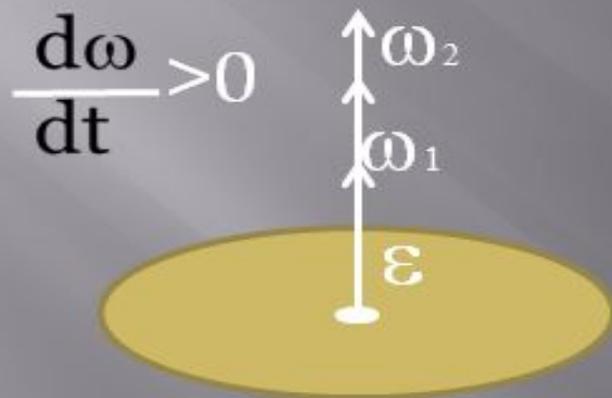
Векторная величина, равная первой производной угловой скорости по времени:

Это изменение угловой скорости во времени.

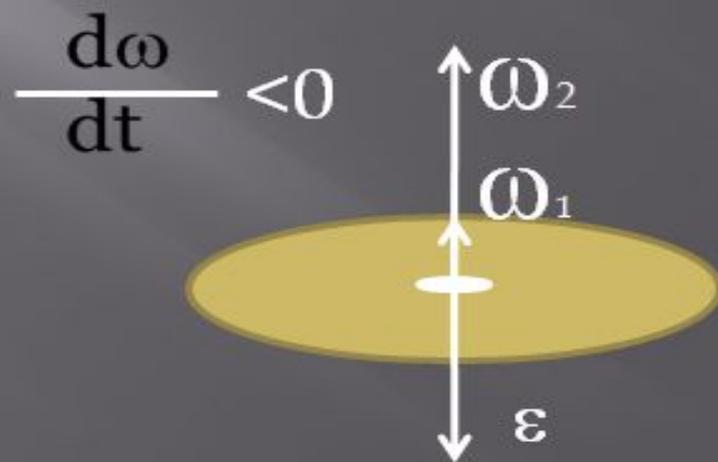
**Обозначается ϵ (эпсилон);
измеряется $[\epsilon] = \text{рад/с}^2$**

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

При вращении тела вокруг неподвижной оси вектор углового ускорения направлен вдоль оси вращения в сторону вектора элементарного приращения угловой скорости.



При ускоренном движении вектор ε сонаправлен вектору ω



при замедленном. —
противонаправлен ему

В случае равнопеременного движения точки по окружности ($\varepsilon = \text{const}$)

$$\omega = \omega_0 \pm \varepsilon t$$

$$\varphi = \omega_0 t \pm \varepsilon t^2 / 2$$

где ω_0 — начальная угловая скорость.

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

$$v = 2\pi\nu r$$

$$a = \frac{v^2}{r}; a = \frac{4\pi^2}{T^2} r; a = 4\pi^2 \nu^2 r$$

Угловая скорость при равномерном вращении:

$$\omega = \frac{\varphi}{t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$$

где φ - угол поворота за время t , T – период вращения, ν - частота вращения, N – число оборотов, совершаемых телом за время t .

$$\nu = \frac{1}{T} \quad \nu = \frac{N}{T}$$

$$\boldsymbol{v = \omega R}$$

- связь между линейной и угловой скоростью



**Studen
ts'**
WORKSHOP

Формативная работа

1. Маховик швейной машины радиусом 8 см делает 120 об/мин. Найдите: [2]

- a) период вращения.
- b) угловую и линейную скорости.

2. Колесо диаметром 30 см делает 600 об за 30 с. Найдите: [2]

- a) период вращения колеса
- b) частоту вращения колеса
- c) угловую и линейную скорости точек на окружности колеса.

3. Колесо велосипеда делает 120 об/мин. С какой скоростью едет велосипедист, если радиус колеса 40 см ?

[2]

4. Сколько оборотов в секунду делают колеса тепловоза диаметром 1,5 м при скорости 72 км/час?

[2]

5. Диск совершает 600 об/мин. Найдите:

[2]

а) частоту вращения диска.

б) период вращения диска.

6. Лопасть вертолета длиной 5 м делает 300 об/мин. Найти линейную скорость концов лопастей.

Решение задач

1. Найдите центростремительное ускорение точек колеса автомобиля соприкасающихся с дорогой, если автомобиль движется со скоростью 72 км/ч и при этом частота вращения колеса 8 с^{-1} .
2. Колесо, вращаясь равноускоренно достигло угловой скорости 20 рад/с через 10 оборотов после начала вращения. Найдите угловое ускорение маховика
3. Колесо радиусом 0,1 м вращается с постоянным угловым ускорением $3,14 \text{ рад/с}^2$. Найдите для точек на ободу колеса к концу 1-ой секунды после начала движения: 1) угловую скорость 2) линейную скорость 3) тангенциальное ускорение 4) нормальное ускорение 5) полное ускорение
4. При увеличении в 4 раза радиуса круговой орбиты искусственного спутника Земли период его обращения возрастает в 8 раз. Во сколько раз изменяется скорость движения спутника по орбите.