

# **Физика**

**Лекции для студентов ФТКиТ**

**Башарин Сергей Артемьевич**

**2014**

# **Литература:**

- 1. Трофимова Т.И. Курс физики: учеб. пособие для инженерно-технич. специальностей вузов - М.: Академия, 2010.**
- 2. Савельев И.В. Основы теоретической физики: учебник в 3 томах. 3-е изд., - СПб. : Издательство "Лань", 2005.**
- 3. Чертов А.Г. Задачник по физике: учеб. пособие для втузов / А.Г. Чертов, А.А. Воробьёв. - 9-е изд., перераб. и доп. - М. : изд. Физико-математической литературы, 2009.**
- 4. Трофимова Т.И. Сборник задач по курсу физики для втузов / Т.И. Трофимова, 3-е изд. - М. : Оникс 21 век; Мир и образование, 2005.**

**Академик А.И. Иоффе:**

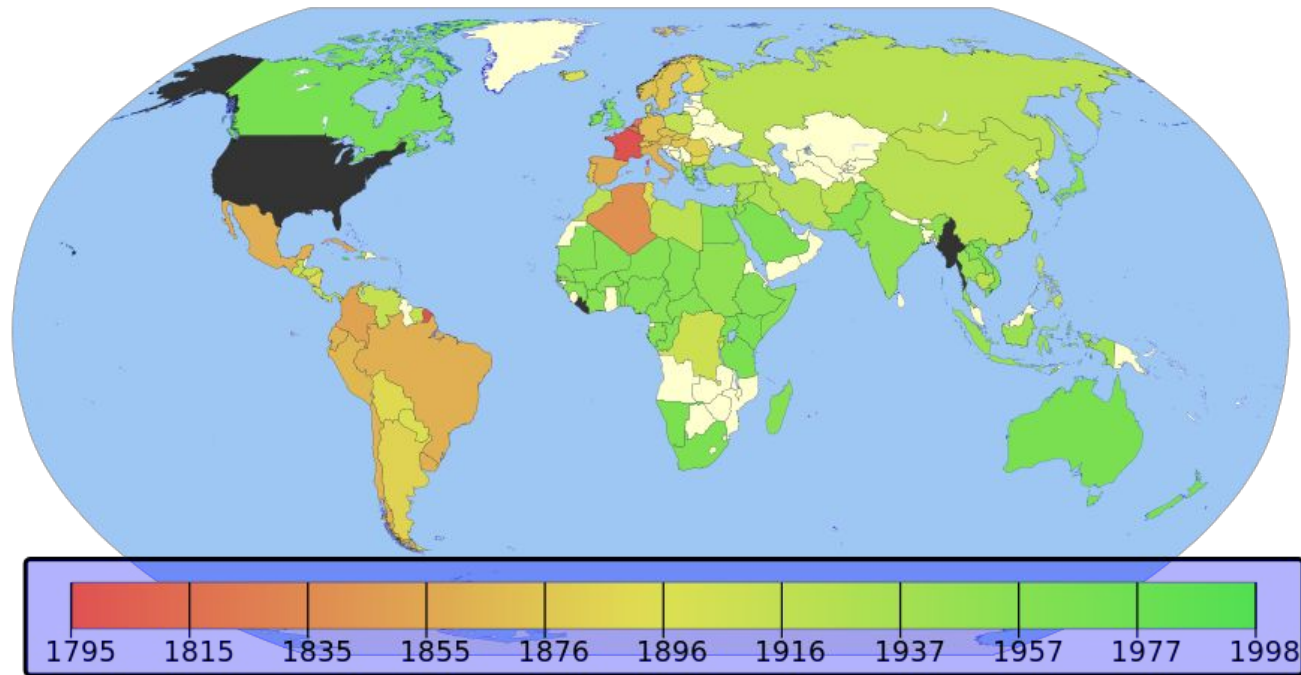


**«Физика – это наука, изучающая общие свойства движения вещества и поля»**

**Физика – это наука о простейших формах движения материи и общих законах природы.**

**Между физическим величинами существует связь. Чтобы ее установить, величины необходимо сравнивать с соответствующими эталонами.**

**Для этого вводится единая система основных единиц: Международная Система единиц (СИ).**



**Даты перехода на метрическую систему.**

**Страны, которые не приняли систему СИ в качестве основной или единственной (Либерия, Мьянма, США).**

**Основные физические единицы:**

***Метр (м)***

**(длина пути, проходимого светом в вакууме за  $1/299792458$  с.)**

***Килограмм (кг)***

**(масса, равная массе международного прототипа килограмма (платиноиридиевого цилиндра, хранящегося в Международном бюро мер и весов в Севре, близ Парижа)**

***Секунда (с)***

**(время, равное 9 192 631 770 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133)**

## ***Ампер (А)***

(сила неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малого поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 м один от другого, создаст между этими проводниками силу, равную  $2 \cdot 10^{-7}$  Н на каждый метр длины)

## ***Кельвин (К)***

(1/273,16 термодинамической температуры тройной точки воды)

## ***Моль (моль)***

(количество вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько атомов содержится в изотопе углерода С массой 12 г)

## ***Кандела (кд)***

(сила света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой  $540 \cdot 10^{12}$  Гц).

**Дополнительные физические единицы:**

***Радян (рад)***

**(угол между двумя радиусами окружности, длина дуги между которыми равна радиусу)**

***Стерадян (ср)***

**(телесный угол с вершиной в центре сферы, вырезающий на поверхности сферы площадь, равную площади квадрата со стороной, равной радиусу сферы)**

***Производные физические единицы:***

**получаются из законов, связывающих их с основными единицами, пример – скорость.**

# Раздел 1. Механика

## 1.1. Структура механики. Модели в механике

***Механика*** — часть физики, которая изучает закономерности механического движения и причины, вызывающие или изменяющие это движение.

***Механическое движение*** — это изменение с течением времени взаимного расположения тел или их частей.

### ***Разделы механики:***

1. Кинематика. Изучает движение тел, не рассматривая причины, которые это движение обуславливают.
2. Динамика. Изучает законы движения тел и причины, которые вызывают или изменяют это движение.
3. Статика. Изучает законы равновесия системы тел.



## ***Модели в механике (определения):***

***Материальная точка*** — тело, обладающее массой, размерами которого можно пренебречь.

***Абсолютно твердое тело*** – тело, которое ни при каких условиях не может деформироваться и при всех условиях расстояние между двумя точками (или точнее между двумя частицами) этого тела остается постоянным.

***Абсолютно упругое тело*** – деформация которого подчиняется закону Гука, а после прекращения внешнего воздействия такое тело полностью восстанавливает свои первоначальные размеры и форму.

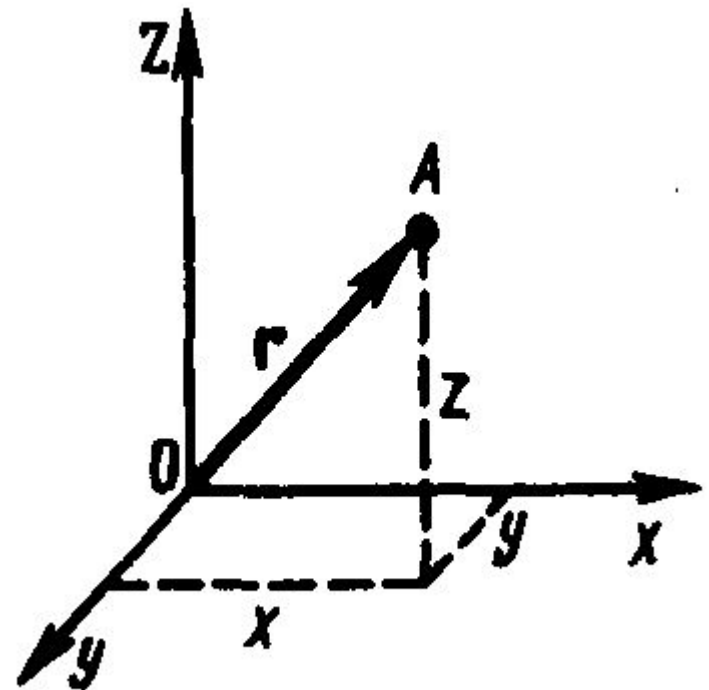
***Абсолютно неупругое тело*** – полностью сохраняющее деформированное состояние после прекращения действия внешних сил.

## 1.2. Система отсчета. Траектория, длина пути, вектор перемещения

**Система отсчета** — совокупность системы координат и часов, связанных с телом отсчета.

**Телом отсчета** называется произвольно выбранное тело, по отношению к которому определяется положение материальной точки.

В физике наиболее часто используется декартовая система координат. В декартовой системе положение точки  $A$  в данный момент времени по отношению к этой системе характеризуется тремя координатами  $x$ ,  $y$  и  $z$  или радиусом-вектором  $r$ , проведенным из начала системы координат в данную точку.



При движении материальной точки ее координаты определяется скалярными уравнениями:

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

или векторным уравнением:

$$r = r(t).$$

Эти уравнения называются кинематическими уравнениями движения материальной точки.

Число независимых координат, полностью определяющих положение точки в пространстве, называется **ЧИСЛОМ степеней свободы**.

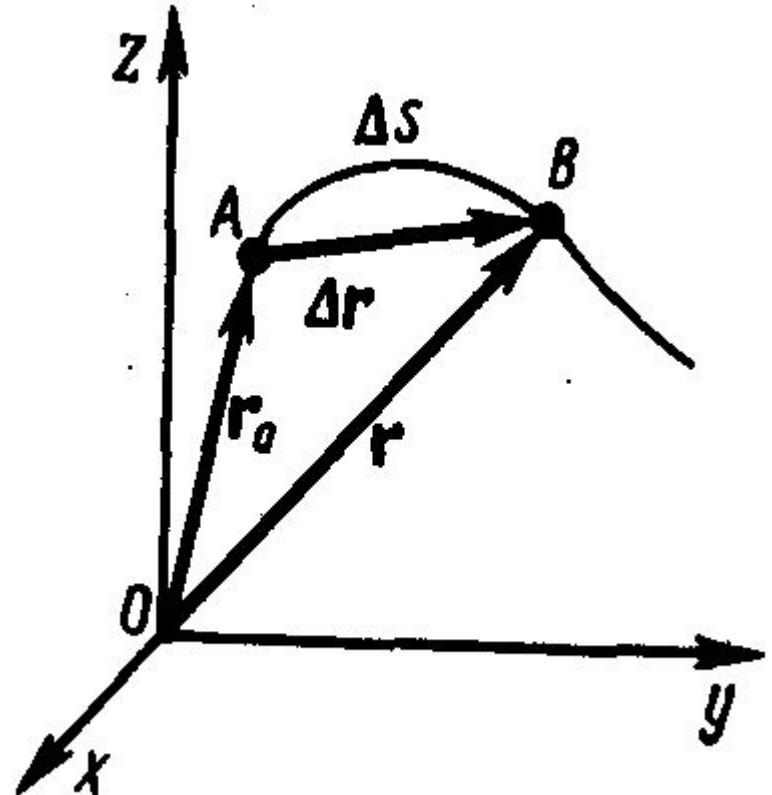
Траектория движения материальной точки — линия, описываемая этой точкой в пространстве.

Движение может быть прямолинейным и криволинейным.

Длина участка траектории  $AB$ , пройденного материальной точкой с момента начала отсчета времени, называется длиной пути  $\Delta s$  и является *скалярной функцией* времени:

$$\Delta s = \Delta s(t).$$

Вектор  $\Delta r = r - r_0$ , проведенный из начального положения  $A$  в конечное  $B$  называется перемещением.



### 1.3. Скорость

**Скорость** – это векторная величина, которая определяет быстроту движения и его направление в данный момент времени.

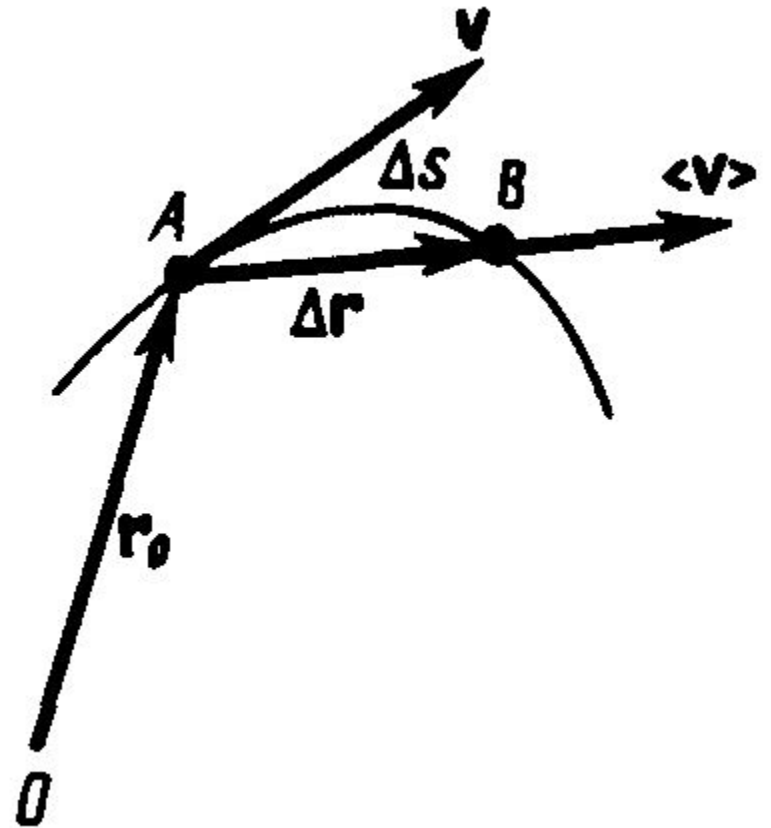
**Вектором средней скорости**  $\langle \mathbf{v} \rangle$  называется отношение приращения  $\Delta \mathbf{r}$  радиуса-вектора точки к промежутку времени  $\Delta t$ :

$$\langle \mathbf{v} \rangle = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}.$$

Направление вектора средней скорости совпадает с направлением вектора  $\Delta \mathbf{r}$ .

Мгновенная скоростью  $V$ :

$$\mathbf{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}.$$



Модуль мгновенной скорости равен производной пути по времени:

$$|\mathbf{v}| = \left| \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} \right| = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta \mathbf{r}|}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt}.$$

При неравномерном движении — модуль мгновенной скорости с течением времени изменяется.

В этом случае пользуются скалярной величиной  $\langle v \rangle$ , которая называется средней скоростью неравномерного движения:

$$\langle v \rangle = \frac{\Delta s}{\Delta t}.$$

Длина пути, пройденного точкой за промежуток времени от  $t_1$  до  $t_2$ :

$$s = \int_{t_1}^{t_2} v(t) dt.$$

## 1.4. Ускорение

**Ускорение** – это физическая величина, характеризующая быстроту изменения скорости по модулю и направлению.

Средним ускорением неравномерного движения в интервале от  $t$  до  $t + \Delta t$  называется векторная величина, равная отношению изменения скорости  $\Delta \mathbf{v}$  к интервалу времени  $\Delta t$ :

$$\langle \mathbf{a} \rangle = \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t}.$$

Мгновенным ускорением  $\mathbf{a}$  материальной точки в момент времени  $t$  будет предел среднего ускорения:

$$\mathbf{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{v}}{dt}.$$

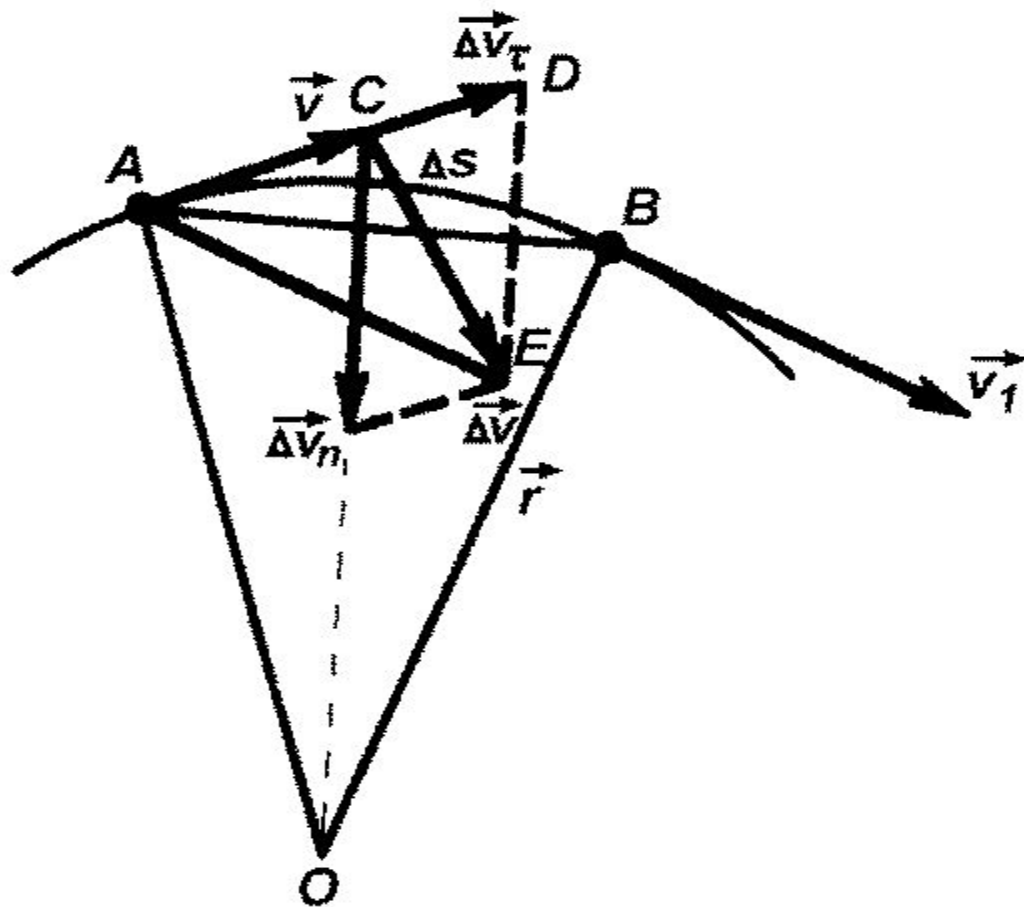


Нормальная составляющая ускорения:

$$a_n = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta V_n}{\Delta t} = \frac{v^2}{r}.$$

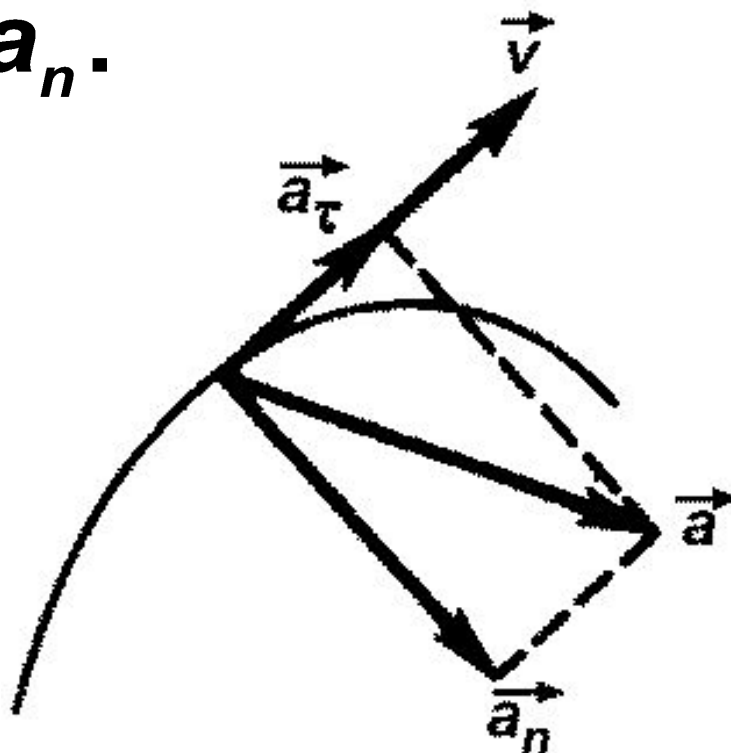
Тангенциальная составляющая ускорения:

$$a_\tau = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta V_\tau}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}.$$



Полное ускорение тела есть геометрическая сумма тангенциальной и нормальной составляющих:

$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \mathbf{a}_\tau + \mathbf{a}_n.$$



В зависимости от тангенциальной и нормальной составляющих ускорения движение можно классифицировать следующим образом:

1)  $a_\tau = 0$ ;  $a_n = 0$  — прямолинейное равномерное движение;

2)  $a_\tau = a = \text{const}$ ;  $a_n = 0$  — прямолинейное равнопеременное движение.

При таком виде движения:

$$a_\tau = a = \frac{dv}{dt} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}.$$

**3)  $a_\tau = f(t); a_n = 0$**

— прямолинейное движение с переменным ускорением;

**4)  $a_\tau = 0; a_n = \text{const}$**

— равномерное движение по окружности;

**5)  $a_\tau = 0; a_n \neq 0$**

— равномерное криволинейное движение;

**6)  $a_\tau = \text{const}; a_n \neq 0$**

— криволинейное равнопеременное движение;

**7)  $a_\tau = f(t); a_n \neq 0$**

— криволинейное движение с переменным ускорением.

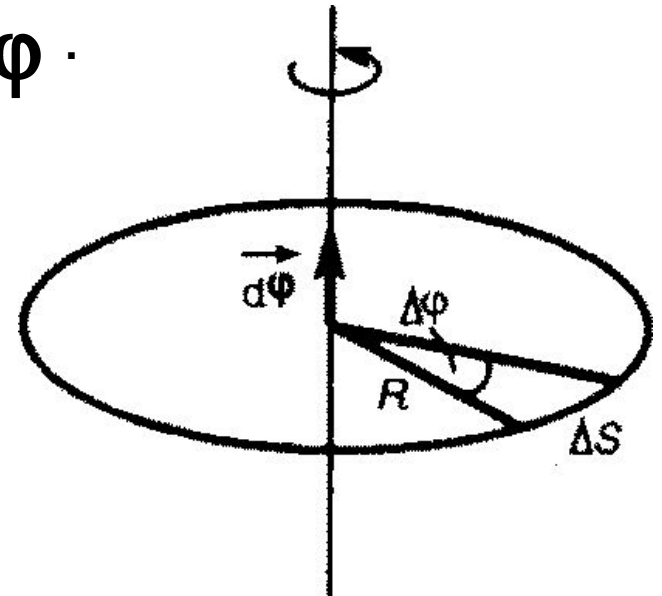
## 1.5. Кинематика вращательного движения

Вектор угла поворота движущегося тела  $\vec{d\varphi}$ .

Модуль вектора угла поворота равен углу поворота, а его направление подчиняется правилу правого винта.

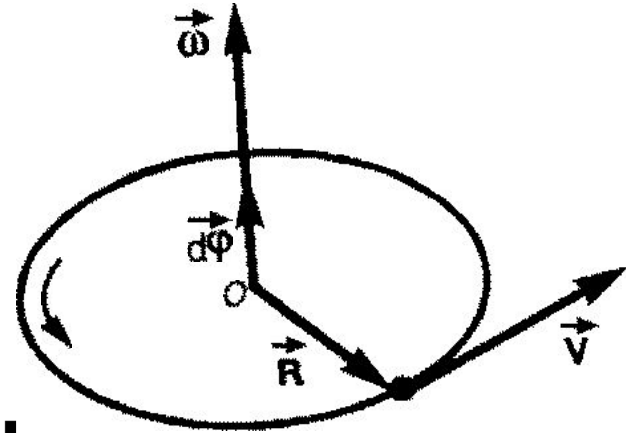
**Угловая скорость** – это векторная величина, равная первой производной угла поворота тела по времени:

$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{d\varphi}{dt}$$



Вектор угловой скорости направлен вдоль оси вращения по правилу правого винта.

Линейная скорость точки:



$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{R \Delta \varphi}{\Delta t} = R \frac{d\varphi}{dt} = R\omega$$

$$v = R\omega$$

В векторном виде :

$$\mathbf{v} = \left[ \begin{array}{c} \vec{\omega} R \end{array} \right]$$

Модуль векторного произведения:

$$\omega R \sin(\omega R)$$

При равномерном вращательном движении период равен:

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

Число оборотов в единицу времени (частота):

$$n = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}.$$

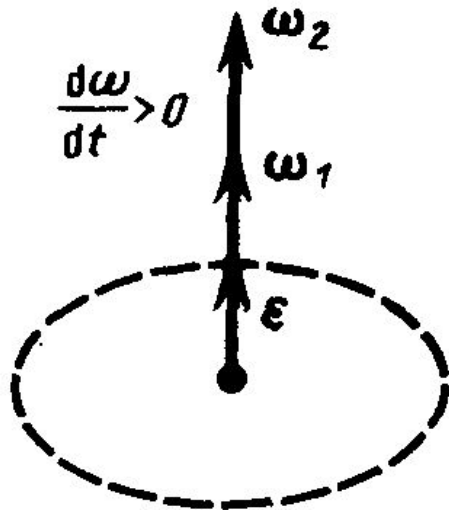
Угловая частота вращения:

$$\omega = 2\pi n.$$

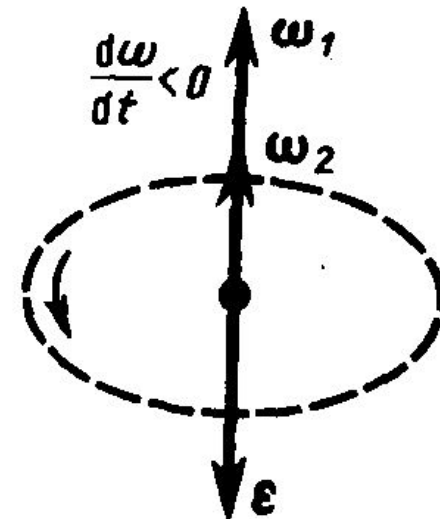
Угловое ускорение – это векторная величина, равная производной угловой скорости по времени:

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

Направление вектора ускорения при ускоренном движении:



Направление вектора ускорения при замедленном движении:





Тангенциальная составляющая ускорения:

$$a_{\tau} = \frac{dv}{dt}, \quad v = \omega R,$$

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

Нормальная составляющая ускорения:

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

Связь между линейными и угловыми величинами выражается следующими формулами:

$$\mathbf{s} = R\varphi, \mathbf{v} = R\omega, \mathbf{a}_\tau = R\varepsilon, \mathbf{a}_n = \omega^2 R$$

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

$$\omega = \omega_0 \pm \varepsilon t \qquad \varphi = \omega_0 t \pm \frac{\varepsilon t^2}{2}$$