

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:

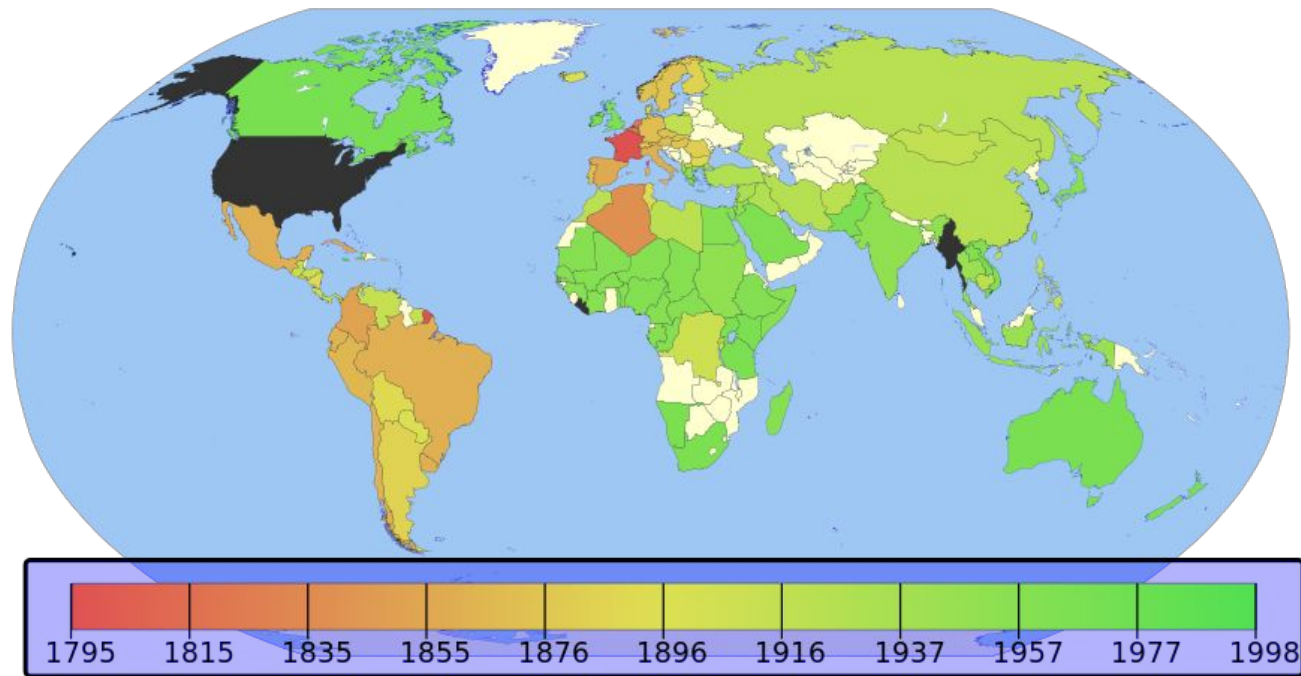


«Физика – это наука, изучающая общие свойства движения вещества и поля»

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

Между физическими 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:

РадIAN (рад)

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

СтерадIAN (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.

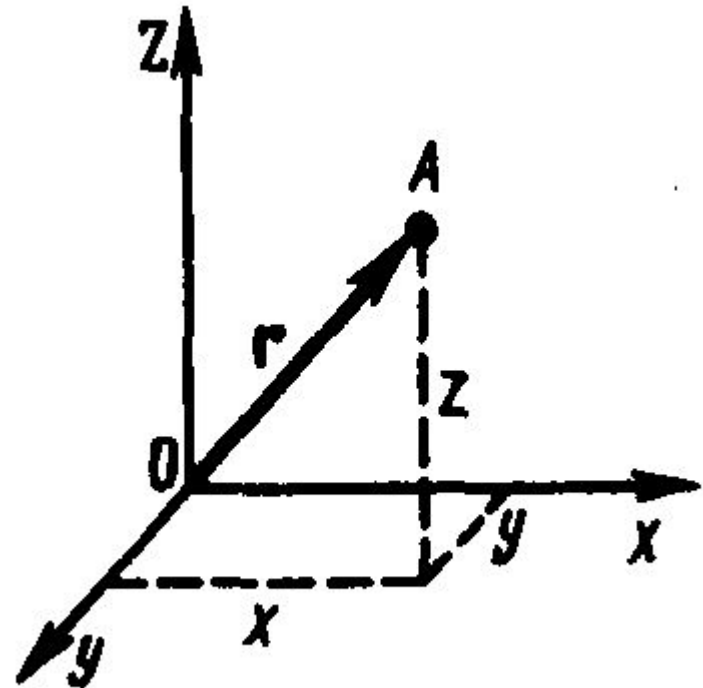
Абсолютно неупругое тело – полностью сохраняющее деформированное состояние после прекращения действия внешних сил.

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**.

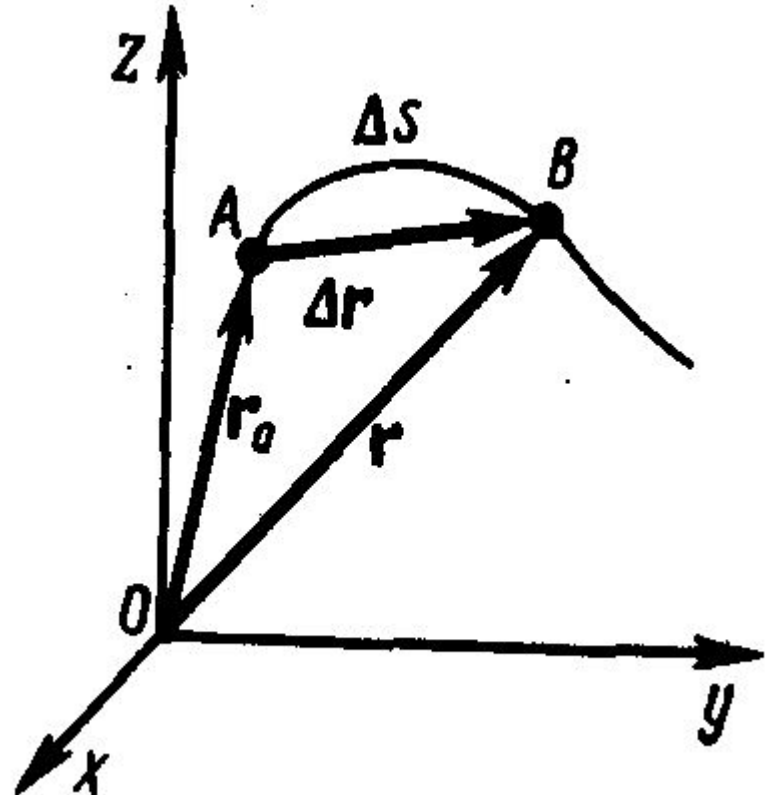
Траектория движения материальной точки — линия, описываемая этой точкой в пространстве.

Движение может быть прямолинейным и криволинейным.

Длина участка траектории AB , пройденного материальной точкой с момента начала отсчета времени, называется длиной пути Δs 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.

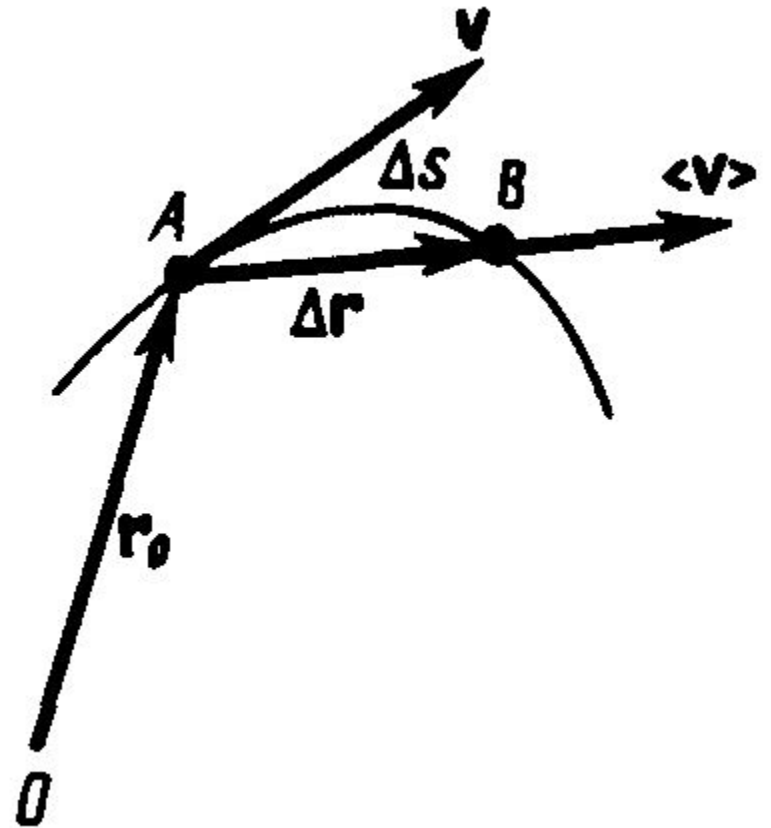
Вектором средней скорости $\langle \mathbf{v} \rangle$ называется отношение приращения $\Delta \mathbf{r}$ радиуса-вектора точки к промежутку времени Δt :

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

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 Δv к интервалу времени Δt :

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

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

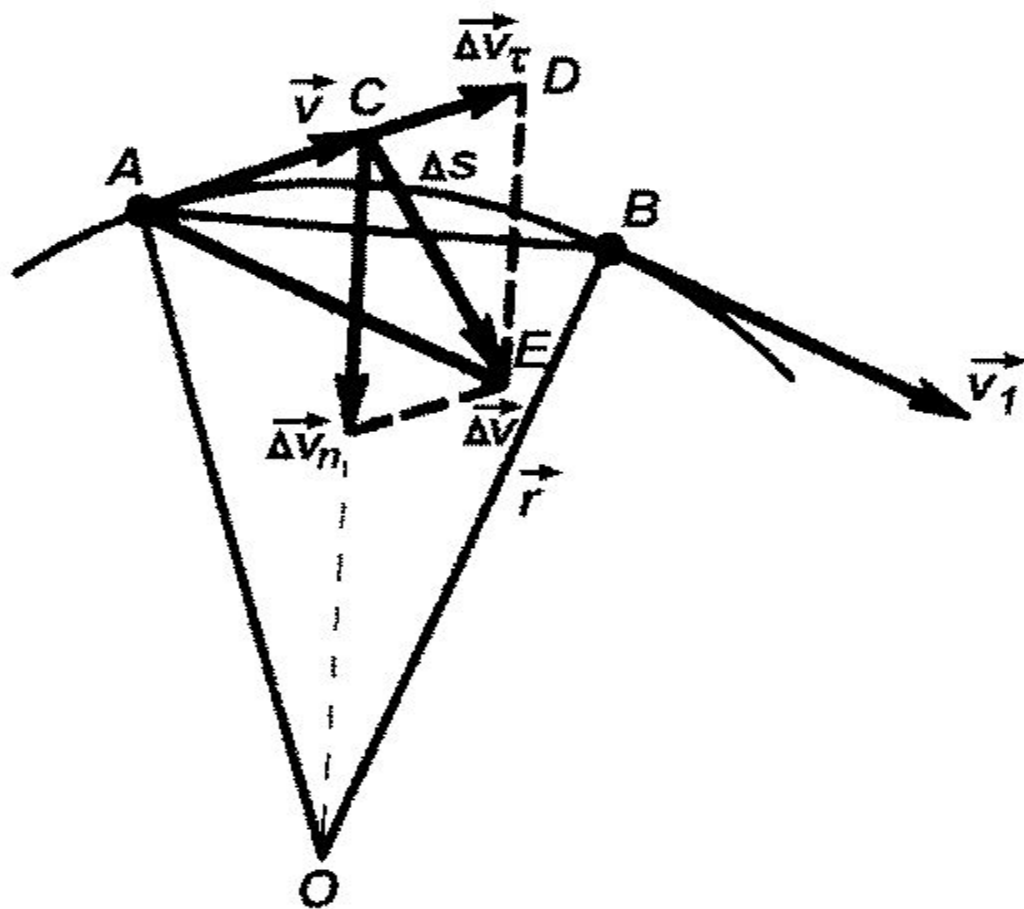
$$\mathbf{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{v}}{dt}.$$

Нормальная составляющая ускорения:

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

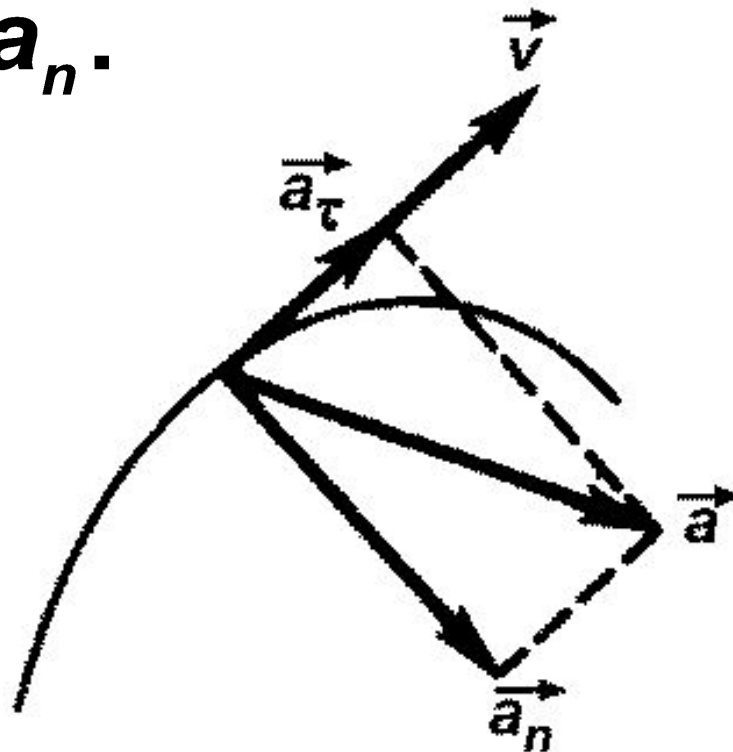
Тангенциальная составляющая ускорения:

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



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.

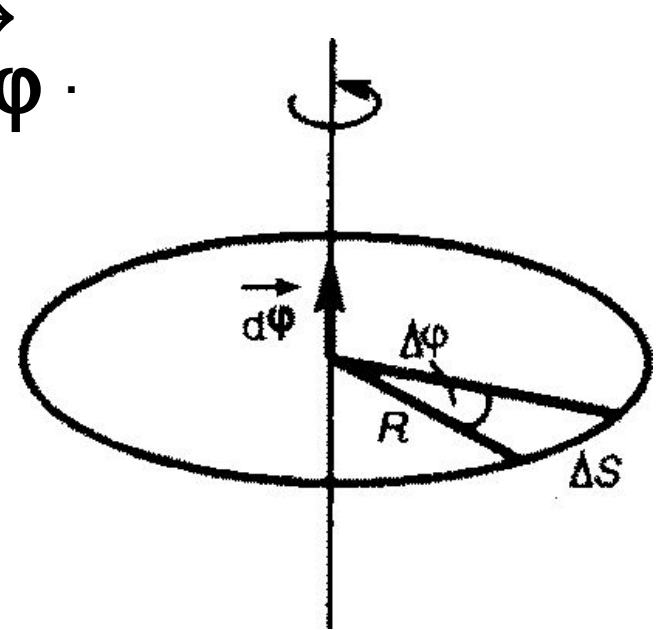
1.5. Кинематика вращательного движения

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

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

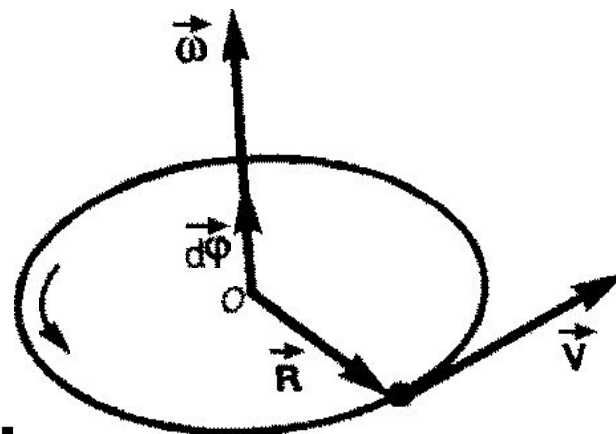
Угловая скорость – это векторная величина, равная первой производной угла поворота тела по времени:

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



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):

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

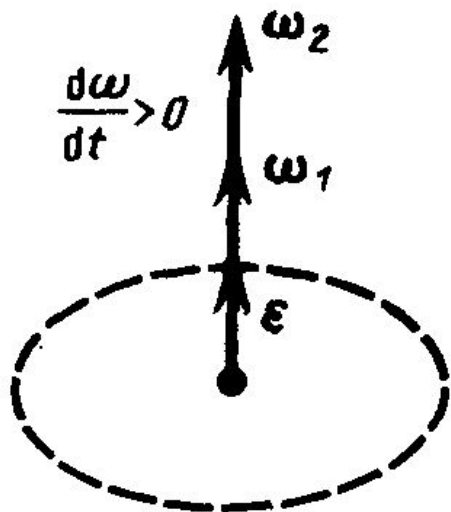
Угловая частота вращения:

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

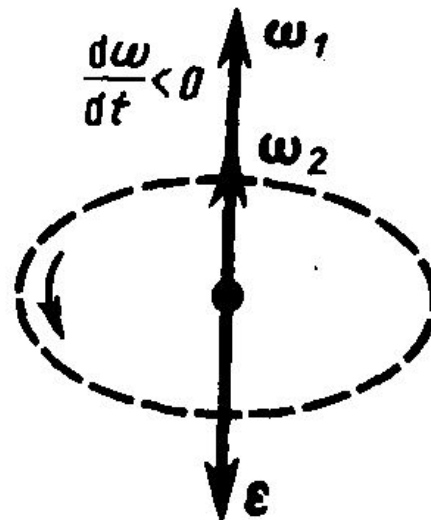
Угловое ускорение – это векторная величина, равная производной угловой скорости по времени:

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

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 ($\varepsilon = \text{const}$):

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