Основные единицы	
Метр (м)	— длина пути, проходимого светом в вакууме за $\frac{1}{299792458}$ 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 9192631770 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, расположенных в вакууме на расстоянии 1 метр один от другого, создает между этими проводниками на каждый метр длины силу, равную $2\cdot10^{-7}$ Ньютона.
Кельвин (К)	$\frac{1}{273,16}$ часть термодинамической температуры тройной точки воды.
Моль (моль)	— количество вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько атомов содержится в 12г изотопа углерода ^{12}C.
Кандела (кд)	— сила света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой $540\cdot10^{12}$ герц, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет $\frac{1}{683}$ Вт/ср.

Механика	- раздел физики, занимающийся изучением закономерностей механического движения и взаимодействия тел. Оформление механики как науки впервые в книге И.Ньютона (1687г.) «Математические начала натуральной философии». Механика подразделяется на **кинематику, динамику и статику.**
Кинематика	– занимается пространственным описанием движения, не изучая его причин.
Динамика	– изучает движение тел в связи с теми причинами, которые обуславливают тот или иной его характер.
Статика	– рассматривает частный случай движения тел, а именно – их равновесие.

Современная механика – это:

Ньютоновская или классическая механика, которая применима для макроскопических тел (тел, сравнимых с человеческим масштабом), движущихся со скоростями v много меньшими, чем скорость света в вакууме c ($c \sim 3 \cdot 10^8$ м/с): $v \ll c$

Релятивистская механика применима при движении любых тел со скоростями v, сравнимыми со скоростью c: $v \sim c$. Эта механика основана на теории относительности, созданной А.Эйнштейном в 1905-1914 гг. Релятивистская механика включает в себя как частный случай классическую механику.

Квантовая механика, она описывает движение микроскопических тел (молекулы, отдельные атомы, элементарные частицы), строение и свойства атомов и молекул. Год рождения квантовой физики, фундаментом которой является квантовая механика, принято считать 1900г., когда М.Планк сделал доклад об энергии теплового излучения.

Материальная точка	– это тело, геометрическими размерами которого в условиях задачи можно пренебречь и считать, что вся масса тела со-средоточена в геометрической точке.
Абсолютно твердое тело	– это система, состоящая из совокупности материальных точек, расстояния между которыми в условиях задачи мож-но считать неизменными.
Абсолютно упругое тело	**–** тело, деформации которого подчиняются закону Гука, т.е. деформации пропорциональны вызывающим их силам.
Физическое пространство	– **трехмерно** (т.е. положение тела полностью определяется тремя числами - координатами), **изотропно** (свойства по всем выделенным направлениям одинаковы и не изменяют-ся), **однородно** (свойства пространства во всех его точках одинаковы).
Время	**одномерно** (ось времени можно снабдить стрелкой, указы-вающей направление, стрела времени), **однородно** (свойства времени во всех точках на оси направления времени одина-ковы), **одинаково текущее.**
Механическое движение	- это изменение взаимного расположения тел или их частей в пространстве с течением времени. Механическое движение **относительно**. Этот принцип впервые сформулирован **Г.Галилеем** до по-явления труда **И.Ньютона** «Математические начала нату-ральной философии». Относительность движения означает, что в разных системах отсчета движение будет описываться по- разному.

Система отсчета	– это система координат (прямоугольная, цилиндрическая и т.д.), снабженная часами и жестко связанная с абсолютно твердым телом (тело отсчета), по отношению к которому определяется положение других тел в различные моменты времени.

Радиус-вектор в декартовой системе координат.

Декартова система координат— это три взаимно перпендикулярных оси x, y, z, О – тело отсчета и часы для отсчета времени (Рис.1) .

Положение материальной точки М относительно этой системы отсчета можно задать двумя способами:

- координатами x, y ,z
- радиус-вектором $\vec{r}$

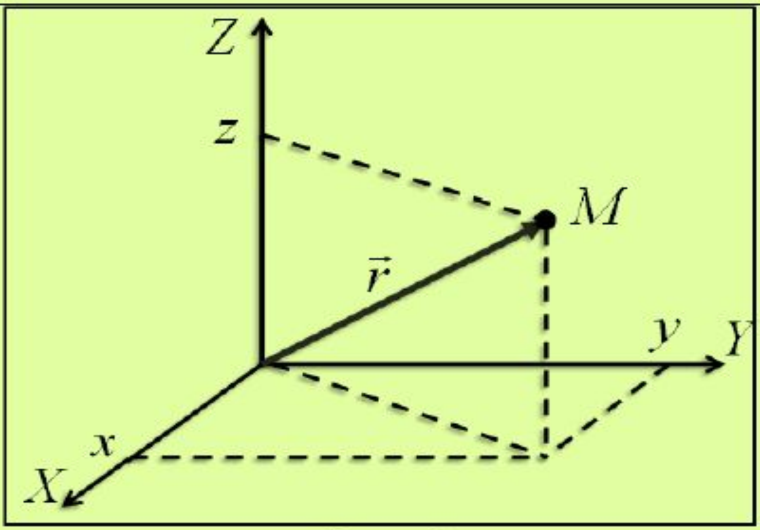


Рис.1

Поступательное движение

– это движение, при котором любая прямая, жестко связанная с движущимся телом, остается параллельной своему первоначальному положению.

Признак поступательного движения – прямая, соединяющая две любые точки тела, остается параллельной самой себе. (Рис.2)

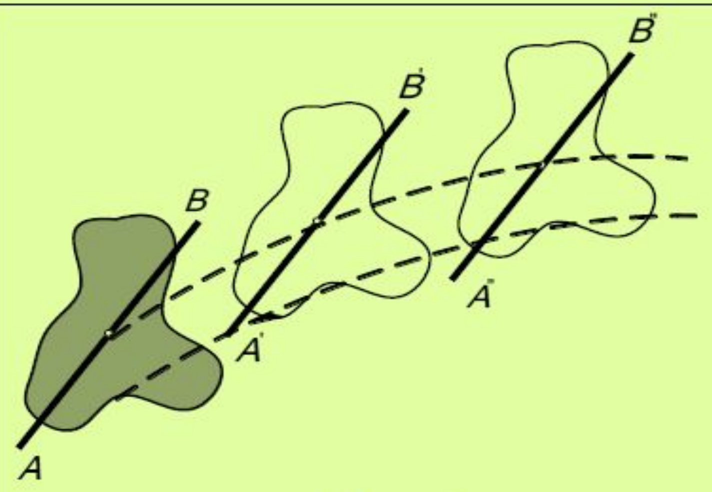


Рис.2

Разложение радиус-вектора на составляющие вдоль координатных осей. (Рис.3)

Если ввести три единичных вектора $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$, направленные вдоль координатных осей (**единичные орты**), то радиус-вектор r можно представить в виде суммы трех векторов:

$$\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$$, где $|i| = |j| = |k| = 1$

Квадрат длины вектора равен сумме квадратов его проекций:

$$r^2 = x^2 + y^2 + z^2$$

$$|\vec{r}| = r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

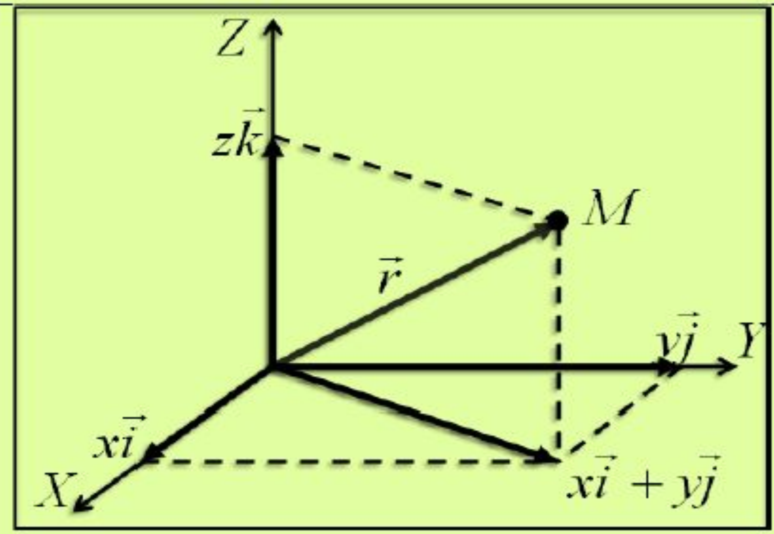


Рис.3

Кинематические уравнения движения. При движении материальной точки М ее координаты и радиус-вектор изменяются с течением времени t .

Закон движения материальной точки – это функциональная зависимость от времени t координат или радиус-вектора r.

Кинематические уравнения движения задают **траекторию** движения тела в параметрической форме, параметром служит время t.

$$\begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \\ z = z(t) \end{cases} \quad \text{или} \quad \vec{r} = \vec{r}(t)$$

Траектория материальной точки.

Траектория – это линия, описываемая движущимся телом относительно выбранной системы отсчета. В зависимости от формы траектории движение подразделяют на **прямолинейное и криволинейное.** (Рис.4)

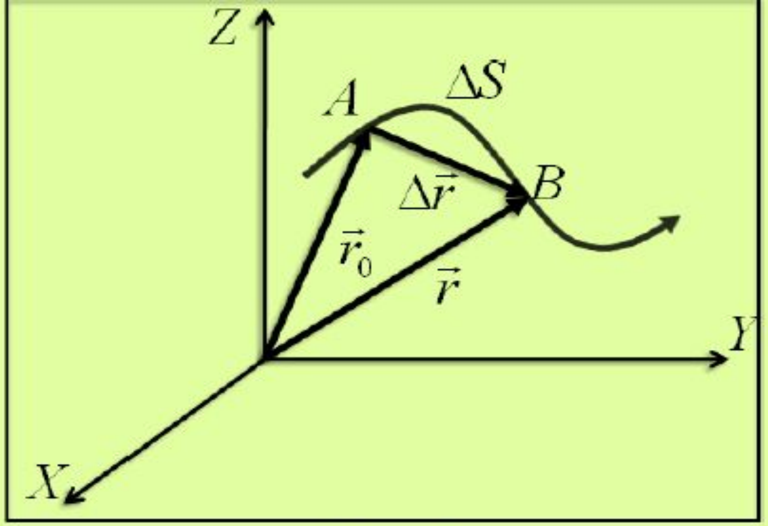


Рис.4

Длина пути точки	-сумма длин всех участков траектории, пройденных этой точкой за рассматриваемый промежуток времени ***t***. Длина пути – **скалярная** функция времени. $\Delta S = \Delta S(t)$ (Рис.4)
Вектор перемещения $\Delta\vec{r}$	- это вектор, проведенный из начального положения движущейся точки в положение в данный момент времени, т.е. приращение радиус-вектора материальной точки за рассматриваемый промежуток времени. $\Delta\vec{r} = \vec{r} - \vec{r}_0 = \vec{r}(t) - \vec{r}(t_0) = \Delta x \cdot \vec{i} + \Delta y \cdot \vec{j} + \Delta z \cdot \vec{k}$ В пределе $\Delta t \to 0$ длина пути по хорде Δs и длина хорды $\Delta r = \lvert\Delta\vec{r}\rvert$ будут все меньше отличаться: $ds = \lvert d\vec{r}\rvert = dr$

материальной точки	к траектории движения точки, и по модулю равная производной от пути по времени. Она определяет как быстроту движения, так и его направление в данный момент времени.
Средняя скорость движения $\langle \vec{v} \rangle = \dfrac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$	- определяется как отношение вектора перемещения к промежутку времени, за который перемещение произошло и характеризует быстроту изменения радиус-вектора с течением времени. **Вектор средней скорости направлен** также как вектор перемещения Δr - вдоль прямой, соединяющей точки А и В.
Мгновенная скорость $\vec{v} = \lim\limits_{\Delta t \to 0} \dfrac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \dfrac{d\vec{r}}{dt} = \dot{\vec{r}}$	- определяется как скорость в конкретный момент времени t или в конкретной точке траектории. **Мгновенная скорость** - величина, к которой стремится отношение Δr/Δt при стремлении Δt к нулю. $\dfrac{d\vec{r}}{dt}$ - первая производная радиус-вектора материальной точки $\vec{r}$ по времени t. **Вектор мгновенной скорости направлен** по касательной к траектории в данной точке в сторону движения тела, на рисунке скорость v_1 в точке А скорость v_2 в точке В (Рис.7).
Модуль скорости $v = \dfrac{ds}{dt} \Rightarrow ds = v \cdot dt$	- равен первой производной пройденного пути по времени, если движение происходит только вдоль одного направления.

Геометрический смысл мгновенной скорости

На рисунке (Рис.5) показана зависимость пройденного пути S от времени t. Вектор скорости v (t) направлен по касательной к кривой $S(t)$ в момент времени t. Из рисунка видно, что угол наклона касательной к оси t равен

$$\frac{ds}{dt} = tg\alpha$$

$$\boxed{v = \frac{ds}{dt} = tg\alpha}$$

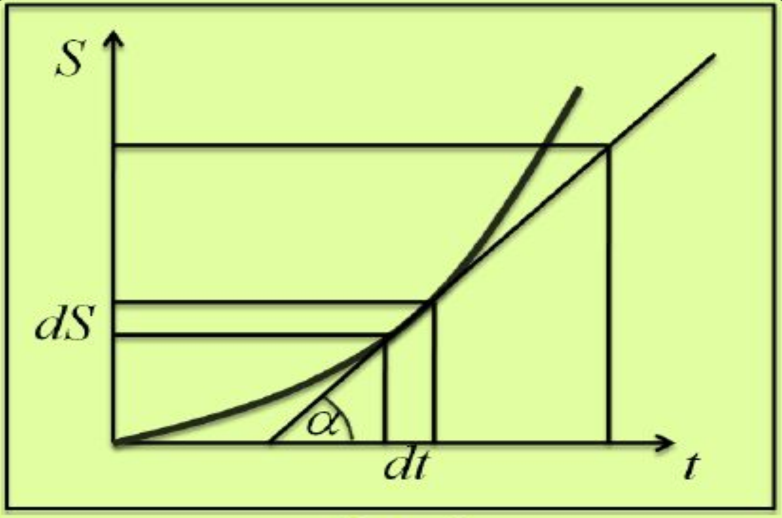


Рис.5

Геометрический смысл перемещения.

Интегрируя выражение $ds = v \cdot dt$ в интервале времени от t_0 до t, получим формулу, позволяющую вычислить путь, пройденный телом за время t_2-t_1 если известна зависимость от времени его скорости $v(t)$

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

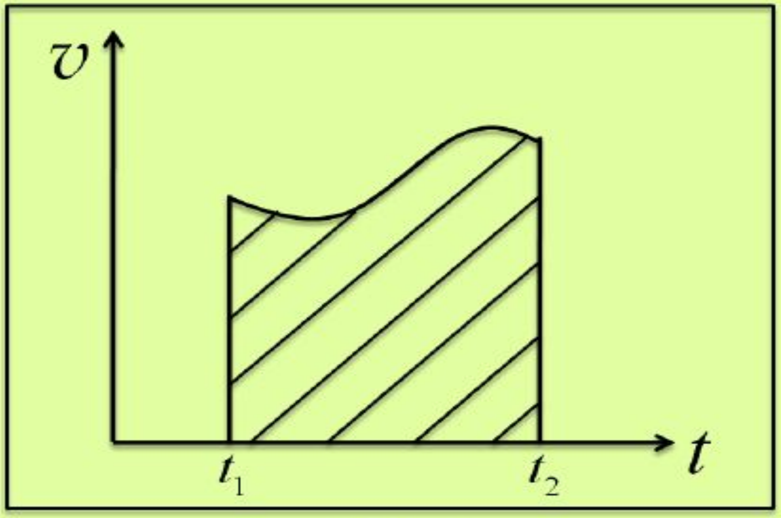


Рис.6

Геометрический смысл этой формулы ясен из рисунка (Рис.6) .

По определению интеграла пройденный путь представляет собой площадь, ограниченную кривой $v = v$ (t) в интервале от t_1 до t_2.

Прямолинейное движение	- направление вектора скорости с течением времени остается неизменным.
Равномерное движение	- модуль скорости с течением времени остается постоянным. $$v = const$$ При этом перемещение равно $$\boxed{s=\int_{t_1}^{t_2} v\,dt = v\int_{t_1}^{t_2} dt = v(t_2-t_1) = v\Delta t}$$
Неравномерное движение	- модуль скорости изменяется с течением времени. При **неравномерном** движении длина пути S , пройденного точкой за промежуток времени от t_1 до t_2, задается интегралом $$\boxed{s=\int_{t_1}^{t_2} v(t)\,dt}$$ Если модуль скорости увеличивается с течением времени,
	то движение называется **ускоренным**, если убывает, то - **замедленным**.

Криволинейное движение	- направление вектора скорости меняется с течением времени.

Скорость при криволинейном движении.
Если движение происходит не только вдоль одного направления, то модуль скорости определяется иначе. Вектор скорости можно разложить на составляющие по осям декартовой системы координат:

$$\vec{v} = v_x\vec{i} + v_y\vec{j} + v_z\vec{k},$$

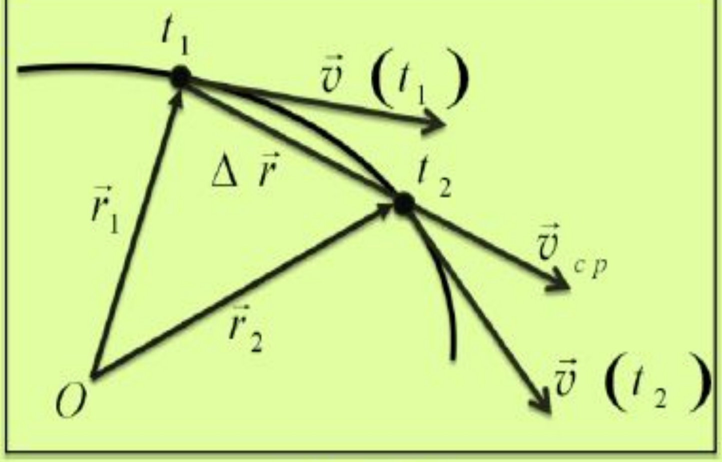


Рис.7

причем составляющие скорости по направлениям определяются как первые производные соответствующих координат по времени:

$$\boxed{v_x = \frac{dx}{dt}, \quad v_y = \frac{dy}{dt}, \quad v_z = \frac{dz}{dt}}$$

Модуль полной скорости определится с помощью теоремы Пифагора:

$$v = \sqrt{v_x^{\,2} + v_y^{\,2} + v_z^{\,2}}$$

Ускорение	Мгновенная скорость может изменяться как по модулю, так и по направлению, для характеристики быстроты изменения скорости служит **ускорение**.
Среднее ускорение $\langle \vec{a} \rangle = \dfrac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$	- это приращение $\Delta \vec{v}$ мгновенной скорости за промежуток времени Δt. $\boxed{\langle \vec{a} \rangle = \dfrac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}}$
Мгновенное ускорение	**Мгновенное ускорение** получается, если промежуток времени сделать бесконечно малым $\Delta t \to 0$. **Мгновенное ускорение или ускорение в данный момент времени – это предельное значение среднего ускорения, которое является первой производной скорости по времени.** $$\boxed{\vec{a} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \dot{\vec{v}} = \frac{d^2 r}{dt^2} = \ddot{\vec{r}}}$$ В разложении по зафиксированным осям ускорение запишется в виде $$\vec{a} = a_x \vec{i} + a_y \vec{j} + a_z \vec{k} = \left(\frac{dv_x}{dt} \right) \vec{i} + \left(\frac{dv_y}{dt} \right) \vec{j} + \left(\frac{dv_z}{dt} \right) \vec{k} =$$ $$= \left(\frac{d^2 x}{dt^2} \right) \vec{i} + \left(\frac{d^2 y}{dt^2} \right) \vec{j} + \left(\frac{d^2 z}{dt^2} \right) \vec{k}$$

$$a_x = \frac{dv_x}{dt}, \quad a_y = \frac{dv_y}{dt}, \quad a_z = \frac{dv_z}{dt}$$

$$a_x = \frac{d^2x}{dt^2}, \quad a_y = \frac{d^2y}{dt^2}, \quad a_z = \frac{d^2z}{dt^2}$$

$$a = \sqrt{a_x{}^2 + a_y{}^2 + a_z{}^2}$$

Если траектория точки - плоская кривая, то вектор ускорения лежит в этой плоскости.

Удобно **разложить на две составляющие** вдоль направлений n и τ.

(n - нормаль, τ - касательная к траектории в данной точке): **нормальное и тангенциальное ускорение (**Рис.8) **.**

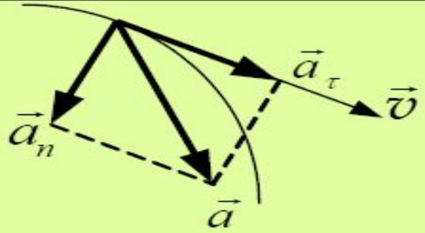


Рис.8

$\vec{a}_\tau$ - **тангенциальная составляющая,** направлена по касательной к траектории, совпадает с направлением скорости $\vec{v}$ и определяет быстроту изменения скорости **по модулю.**

$\vec{a}_n$ - **нормальная составляющая,** направлена к центру кривизны траектории, является центростремительным ускорением и характеризует изменение скорости **по направлению.**

В общем случае плоского криволинейного движения вектор ускорения удобно представить в виде **суммы двух проекций (**Рис.8):

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

Вывод формулы центростремительного ускорения при равномерном движении по окружности.

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$

$\vec{a}$ совпадает по направлению с $\overrightarrow{\Delta v}$ и направлено к центру закругления.

Треугольники построенные на векторах скоростей ($\vec{v}_0$, $\vec{v}$, $\overrightarrow{\Delta v}$) и на радиусах (OAB) подобны (Рис.9).

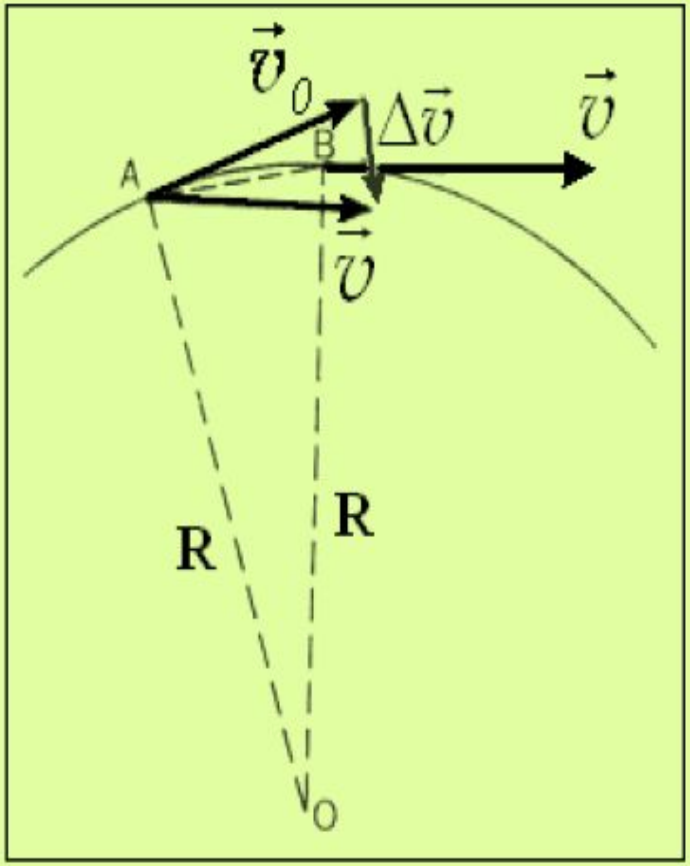


Рис.9

Из подобия составим отношение:

$$\frac{\Delta v}{AB} = \frac{v}{R} \quad \Rightarrow \quad \frac{\Delta v}{v\Delta t} = \frac{v}{R} \quad \Rightarrow \quad \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v^2}{R} \quad \Rightarrow$$

$\boxed{a_n = \frac{v^2}{R}}$ - **центростремительное ускорение;**

Классификация движения с учетом тангенциальной и нормальной составляющих ускорения	
$a_\tau = 0$, $a_n = 0$	**прямолинейное равномерное движение**
$a_\tau = a = const$, $a_n = 0$ $a_\tau = a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t}$ $v = v_0 + at$ $s = \int_0^t (v_0 + at)\,dt = v_0 t + \frac{at^2}{2}$	**прямолинейное равнопеременное движение**
$a_\tau = f(t)$, $a_n = 0$	**прямолинейное движение с переменным ускорением**
$a_\tau = 0$, $a_n = const = \frac{v^2}{R}$	**равномерное движение по окружности**
$a_\tau = 0$, $a_n = f(t)$	**криволинейное равнопеременное движение**
$a_\tau = const$, $a_n \neq 0$	**равномерное криволинейное движение**
$a_\tau = f(t)$, $a_n \neq 0$	**криволинейное движение с переменным ускорением**

Кинематика вращательного движения.

При описании вращательного движения удобно пользоваться **полярными координатами** R и φ, где R —**радиус** — расстояние от полюса (центра вращения) до материальной точки, а φ — полярный угол (угол поворота). (Рис.10)

Элементарные повороты (обозначаются $\Delta\vec{\varphi}$ или $d\vec{\varphi}$) можно рассматривать как **псевдовекторы.**

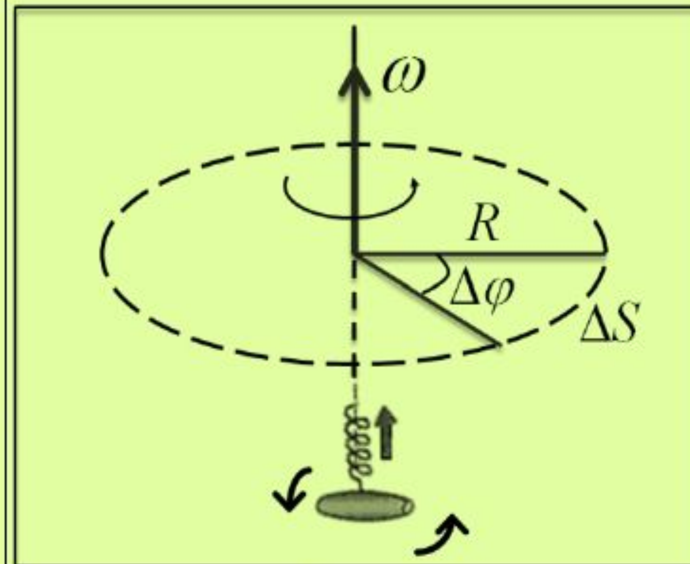


Рис.10

Угол поворота $\Delta\vec{\varphi}$

-физическая величина, измеряемая отношением длины дуги ΔS , пройденной вращающейся точкой к радиусу R.

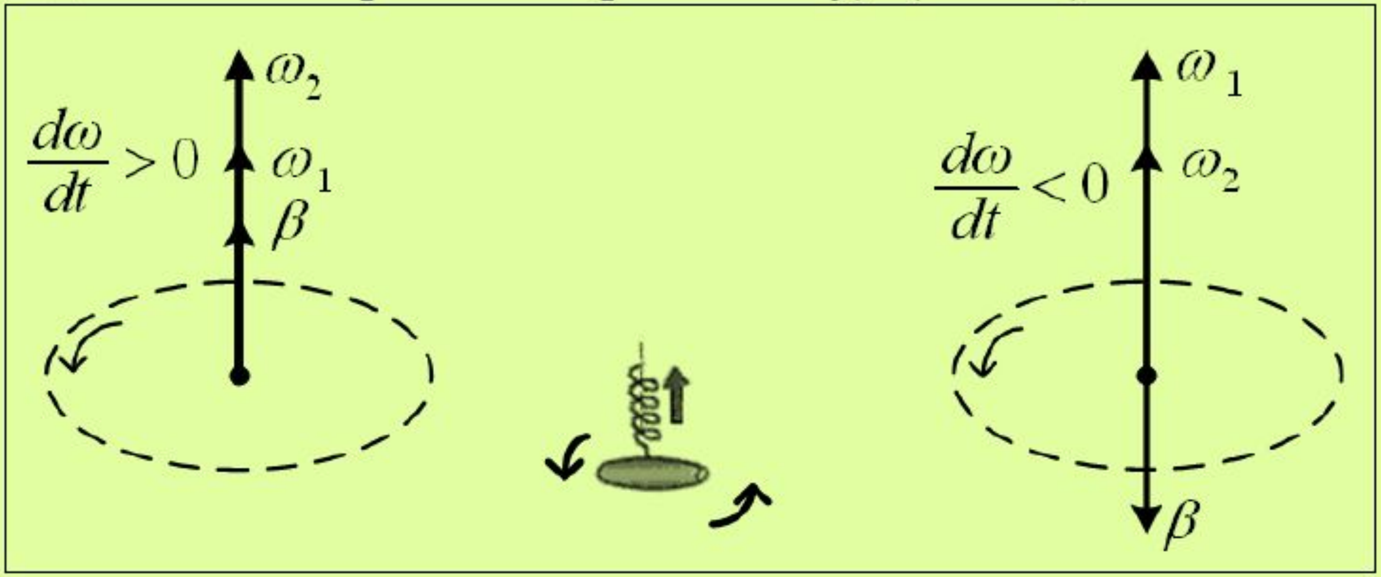
φ измеряется в радианах - за 1 рад принимается такой центральный угол, длина дуги которого равняется *R*.

Полный угол $\varphi_0 = \dfrac{2\pi R}{R} = 2\pi$ или $\varphi_0 = 360^0$, поэтому

$$1 рад = \frac{360^0}{2\pi} = 57{,}3^0$$

.

Частота вращения n	— число полных оборотов, совершаемых телом при равномерном его движении по окружности, в единицу времени: **Единица частоты вращения — герц (Гц).** $\left[n\right]=\left[1Гц\right]=\left[\frac{1}{c}\right]$
Циклическая или круговая частота вращения $\omega=2\pi n$	— число полных оборотов, совершаемых телом при равномерном его движении по окружности за время 2π секунд. $\omega=2\pi n$
Период вращения	- время одного полного оборота . **Единица периода вращения** - $\left[T\right]=\left[c\right]$
Угловое перемещение $d\vec{\varphi}$	— векторная величина, модуль которой равен углу поворота, а направление совпадает с направлением поступательного движения правого винта.
Угловая скорость	- векторная величина равная первой производной угла поворота тела по времени
$\vec{\omega}=\frac{d\vec{\varphi}}{dt}=\dot{\vec{\varphi}}$	Вектор $\vec{\omega}$ **направлен** вдоль оси вращения так же как и вектор $d\vec{\varphi}$, т.е. по правилу правого винта. **Единица угловой скорости** - $\left[\frac{град}{}, \frac{рад}{}, \frac{\pi}{}\right]$.

Угловое ускорение	- векторная величина, равная первой производной угловой скорости по времени $$\boxed{\vec{\beta} = \frac{d\vec{\omega}}{dt} = \dot{\vec{\omega}} = \frac{d^2\vec{\varphi}}{dt^2} = \ddot{\vec{\varphi}}}$$ Вектор $\vec{\beta}$ направлен вдоль оси вращения в сторону вектора приращения угловой скорости (при ускоренном вращении вектор $\vec{\beta}$ сонаправлен вектору $\vec{\omega}$, при замедленном — противонаправлен ему). (Рис.11)  **Рис.11** **Единица углового ускорения** - $\left[\frac{рад}{с^2}\right]$

Линейная скорость	Линейная скорость точки связана с угловой скоростью и радиусом траектории соотношением $$v = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{R \cdot \Delta\varphi}{\Delta t} = R \cdot \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \omega R$$ В векторном виде формулу для линейной скорости можно написать как **векторное произведение**: $$\vec{v} = \left[\vec{\omega}, \vec{R}\right]$$ **По определению векторного произведения** его модуль равен $$\left|\vec{v}\right| = \omega R \sin\alpha$$ где α — угол между векторами $\vec{\omega}$ и $\vec{R}$, а направление совпадает с направлением поступательного движения правого винта при его вращении от $\vec{\omega}$ к $\vec{R}$.

При равномерном вращении	$\omega = \frac{d\varphi}{dt} = const$, следовательно $\varphi = \omega \cdot t$. Равномерное вращение можно характеризовать **периодом вращения** T — временем, за которое точка совершает один полный оборот, $\boxed{2\pi = \omega \cdot T \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega}}$ $n = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$
Связь ускорения и угловой скорости при равномерном вращении	$a_n = \frac{v^2}{R} = v\omega = \omega^2 R$ $\quad a_\tau = 0$

При равноускоренном вращении	$\beta = const \qquad S = R\varphi \qquad \upsilon = R\omega$ $\omega = \omega_0 + \beta t \qquad \varphi = \omega_0 t + \frac{\beta t^2}{2};$ $a_n = \frac{\upsilon^2}{R} = \frac{\omega^2 R^2}{R} = \omega^2 R;$ $a_\tau = \frac{d\upsilon}{dt} = \frac{d\left(\omega R\right)}{dt} = R\frac{d\omega}{dt} = R\beta;$ $s = \int_{t_1}^{t_2} \upsilon dt = \int_{t_1}^{t_2} \omega R dt = \int_{t_1}^{t_2} \frac{d\varphi}{dt} R dt = R\int_0^{\varphi} d\varphi = R\varphi$