Движение материальной точки по окружности

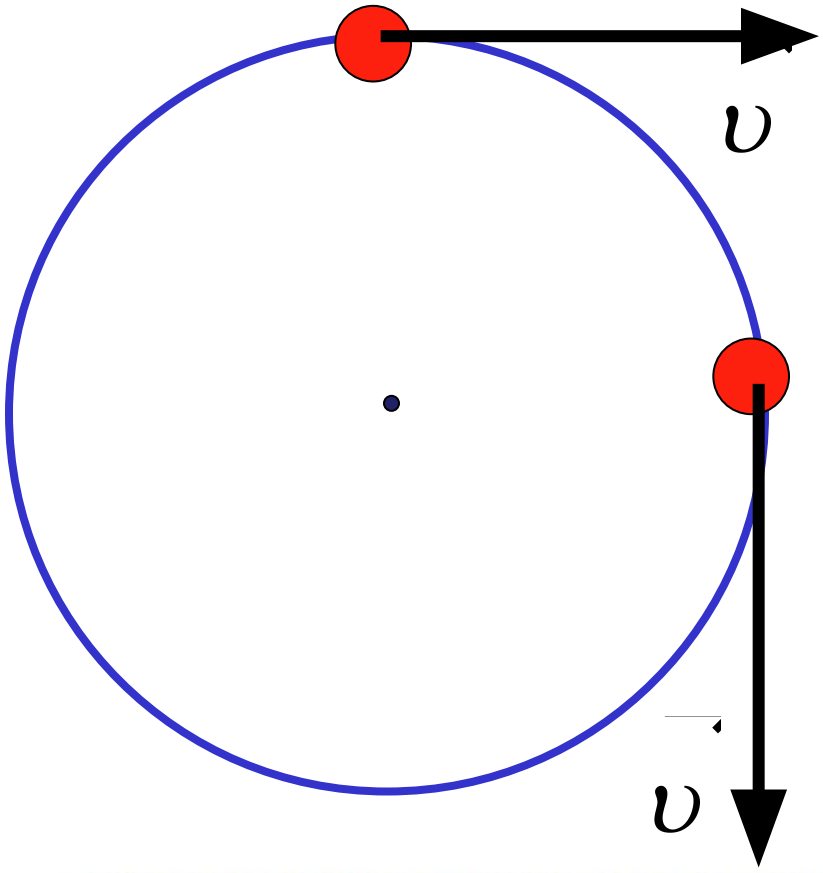
Автор:
учитель физики ФМЛ №38 г. Ульяновска
Игошин А.В.

Равномерное движение точки по окружности.

Игошин А.В. МАОУ "Физико-математический лицей №38 г. Ульяновска"

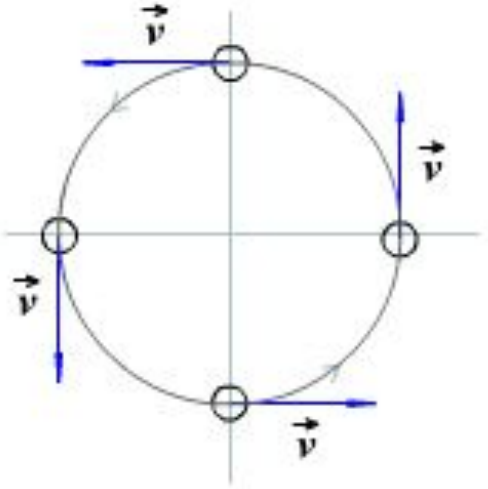
Терминология

Скорость движения тела по окружности носит название ***линейная скорость***.



Игошин А.В. МАОУ "Физико-математический лицей №38 г. Ульяновска"

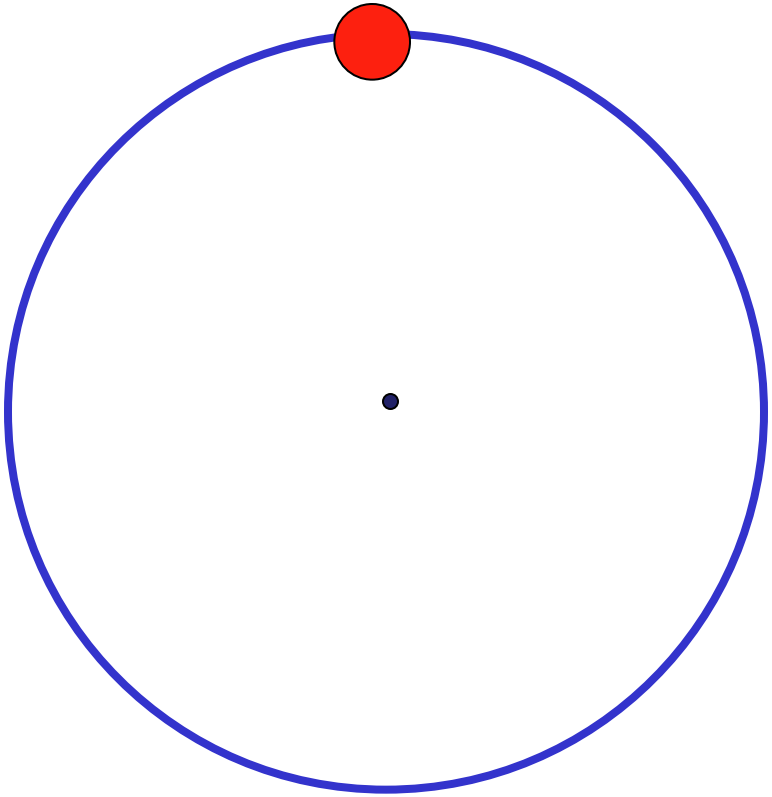
Линейная скорость направлена *по касательной* к траектории и совпадает с направлением движения.



Игошин А.В. МАОУ "Физико-математический лицей №38 г. Ульяновска"

Время, за которое траектория точки опишет окружность, называется ***периодом обращения*** точки (**T**).

$$[T] = [c]$$



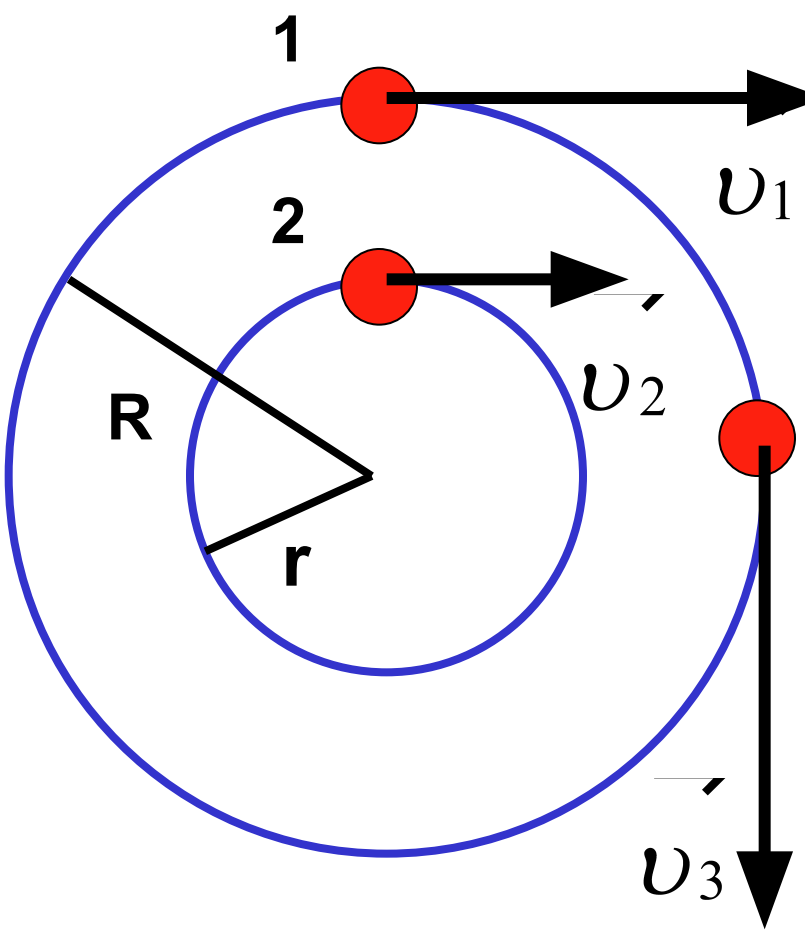
Число оборотов точки за единицу времени называется *частотой обращения* (**ν**).

$$[\nu] = \left[\frac{1}{c}\right] = [c^{-1}]$$

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

Равномерное движение по окружности – это простейший пример ***криволинейного движения.***

Траектория движения точки (тела)- окружность.



$$\upsilon_1 = \frac{2\pi R}{T} \qquad \upsilon_2 = \frac{2\pi r}{T}$$

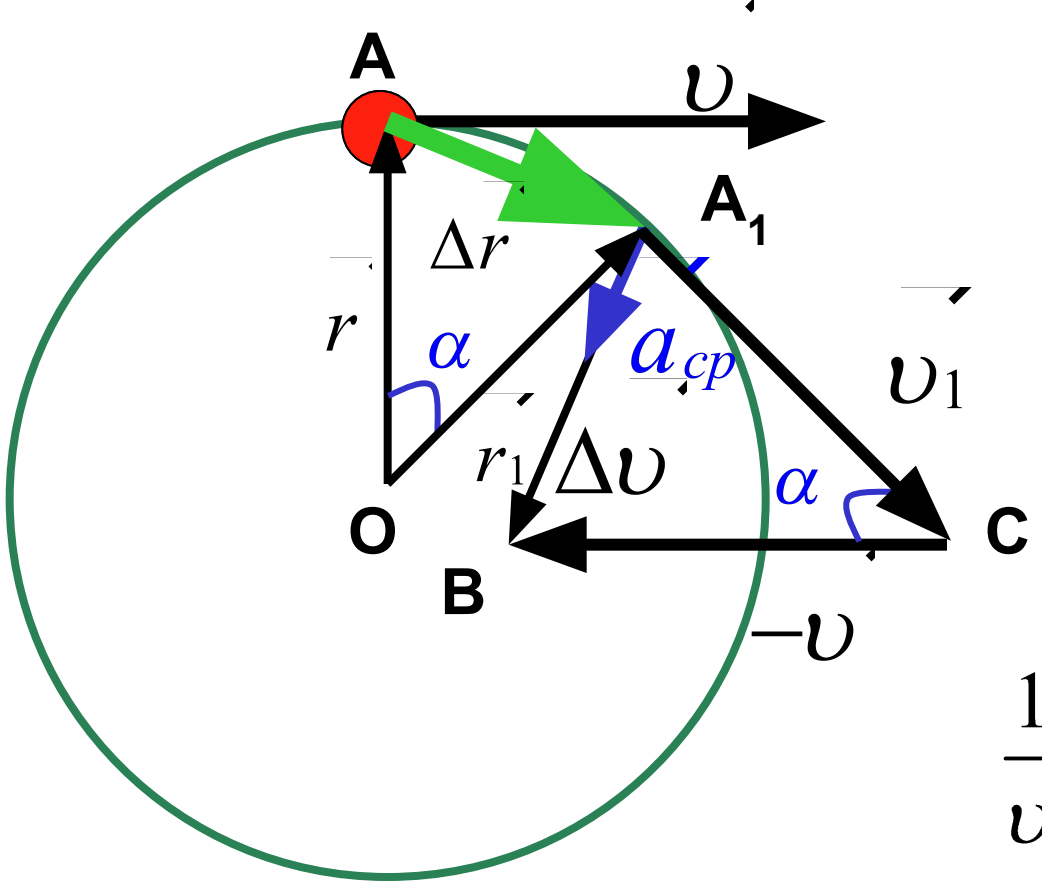
$$\upsilon_1 > \upsilon_2$$

$$\upsilon_1 = \upsilon_3 \qquad \upsilon_1 \neq \upsilon_3$$

При ***равномерном*** движении тела по окружности ***модуль*** скорости тела с течением времени *не изменяется*, то есть **υ = const**, а *изменяется* только *направление* вектора скорости .

Центростремительное (нормальное) ускорение.

Игошин А.В. МАОУ "Физико-математический лицей №38 г. Ульяновска"



За Δt:

$$\overline{AA_1} = \Delta r$$

$$\Delta AOA_1 \sim \Delta A_1 CB$$

$$\frac{\Delta \upsilon}{\upsilon} = \frac{\Delta r}{r}$$

$$\frac{1}{\upsilon} \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \upsilon}{\Delta t} = \frac{1}{r} \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta r}{\Delta t}$$

$$\frac{1}{\upsilon} a = \frac{1}{r} \upsilon$$

$$a = \frac{\upsilon^2}{r}$$

Центростремительное (нормальное) ускорение — ускорение точки, характеризующее быстроту изменения *направления* вектора скорости.

$$\upsilon = \frac{S}{t}$$ Скорость при равномерном прямолинейном движении

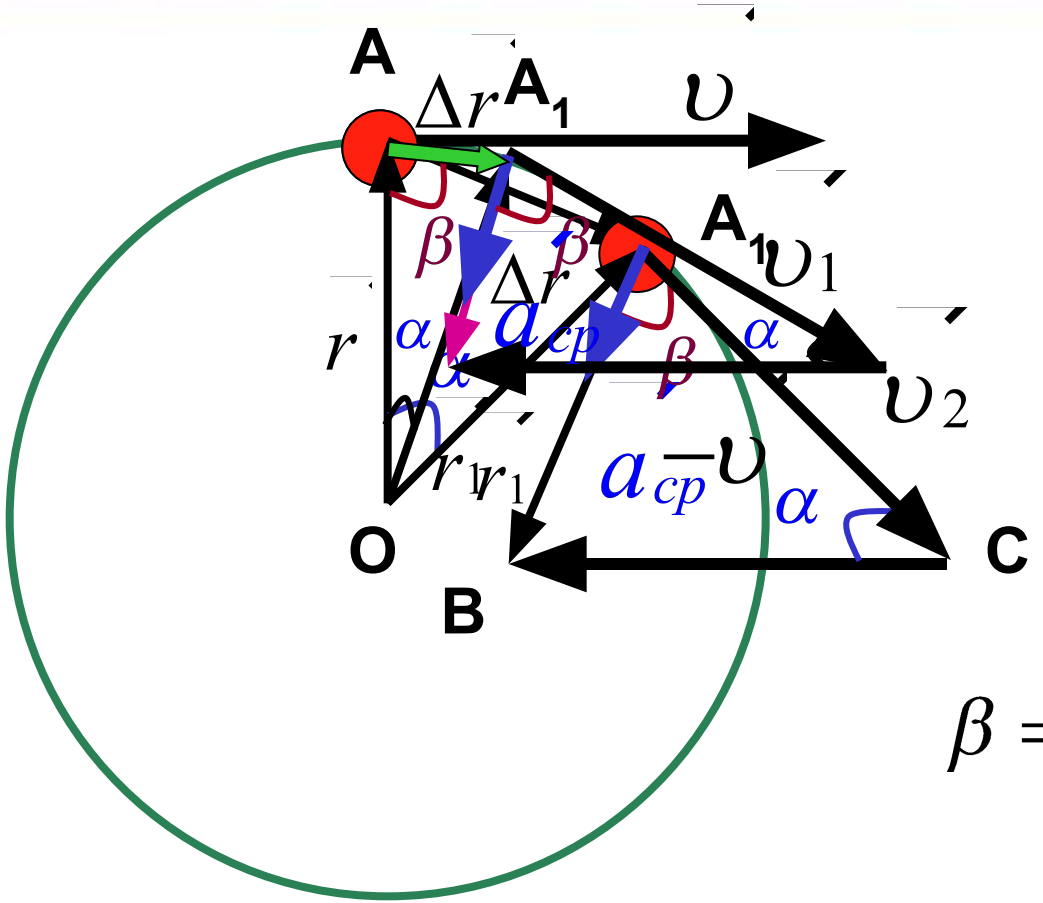
За один полный оборот **S=2πR**, **t=T**.

$$\upsilon = \frac{S}{t} \qquad \upsilon = \frac{2\pi R}{T} \qquad a_ц = \frac{\upsilon^2}{R}$$

$$a_ц = \frac{(2\pi R)^2}{T^2 R} \qquad a_ц = \frac{4\pi^2 R}{T^2} \qquad T = \frac{1}{\nu}$$

$$a_ц = 4\pi^2 \nu^2 R$$

Игошин А.В. МАОУ "Физико-математический лицей №38 г. Ульяновска"



$$\beta = \frac{180^0 - \alpha}{2}$$

$$\Delta t \to 0 \Rightarrow \alpha \to 0$$

$$\beta = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{180^0 - \alpha}{2} = 90^0$$

$\vec{a}$ Вектор мгновенного ускорения направлен по радиусу к центру окружности

$$a_n = \frac{\upsilon^2}{r}$$

Центростремительное (нормальное) ускорение

Игошин А.В. МАОУ "Физико-математический лицей №38 г. Ульяновска"

Тангенциальное (касательное), центростремительное (нормальное) и полное ускорения.

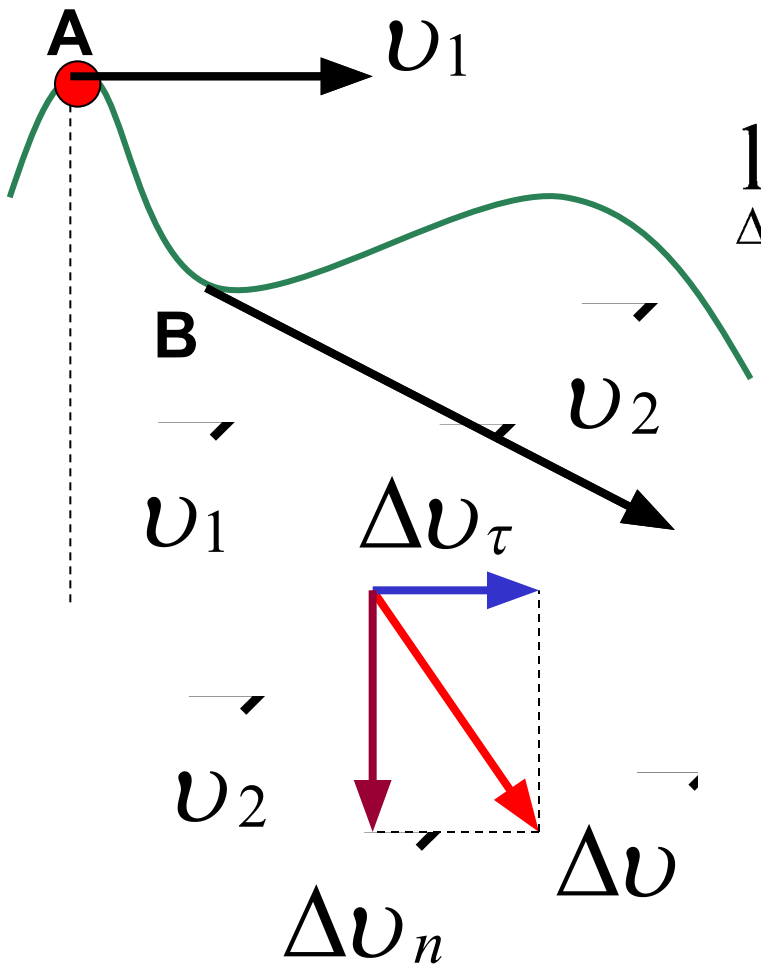
Игошин А.В. МАОУ "Физико-математический лицей №38 г. Ульяновска"

Если тело движется по окружности *неравномерно*, то появляется ***касательная*** (***тангенциальная***) составляющая ускорения.

Касательное (***тангенциальное***) ускорение характеризует быстроту *изменения модуля* вектора скорости.

Полное ускорение равно векторной сумме *нормального* и *тангенциального* ускорений.

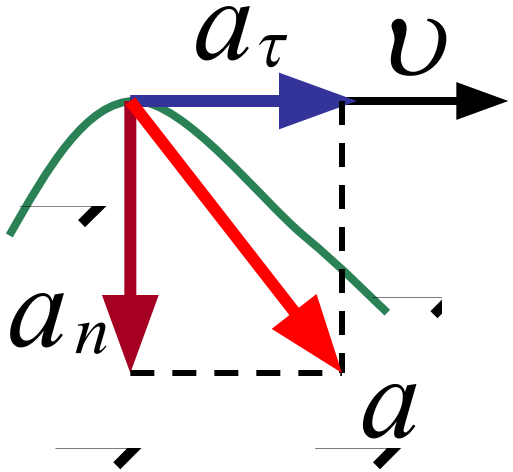
Игошин А.В. МАОУ "Физико-математический лицей №38 г. Ульяновска"



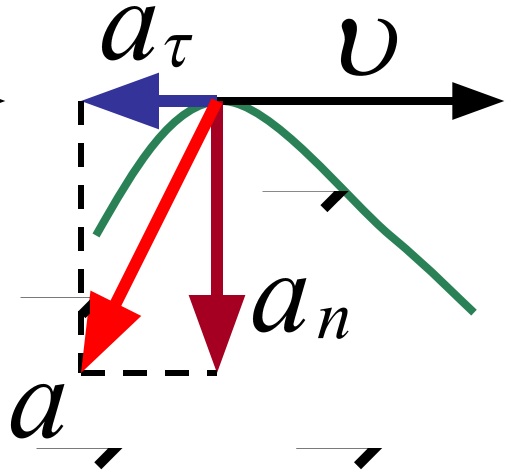
$$\Delta\vec{\upsilon} = \Delta\vec{\upsilon}_n + \Delta\vec{\upsilon}_\tau$$

$$\lim_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta\vec{\upsilon}}{\Delta t} = \lim_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta\vec{\upsilon}_n}{\Delta t} + \lim_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta\vec{\upsilon}_\tau}{\Delta t}$$

$$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau$$



$\upsilon \uparrow\uparrow a_\tau$

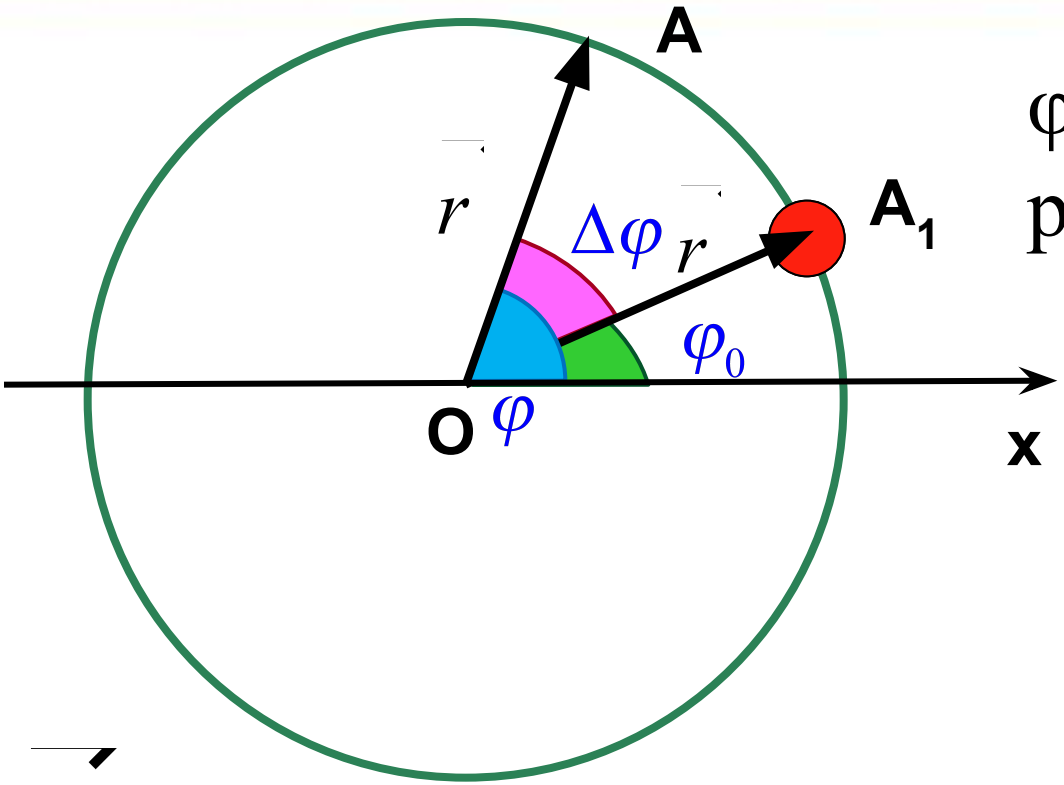


$\upsilon \uparrow\downarrow a_\tau$

ускоренное **замедленное**

Угловая скорость и угловое ускорение.

Игошин А.В. МАОУ "Физико-математический лицей №38 г. Ульяновска"



φ- угол поворота радиус-вектора

$$\varphi = \varphi_0 + \Delta\varphi$$

Равномерное прямолинейное движение (аналогия)

$$x = x_0 + \Delta x$$

радиус вектор

Радиус-вектор точки – это *вектор*, начало которого совпадает с началом системы координат, а конец - с данной точкой.

Игошин А.В. МАОУ "Физико-математический лицей №38 г. Ульяновска"

Угловая скорость характеризует быстроту изменения угла поворота.

Угловой скоростью при равномерном движении по окружности называется отношение угла поворота Δφ радиус-вектора к промежутку времени Δt, за который этот оборот произошел.

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \qquad [\omega] = \left[\frac{рад}{с}\right]$$

За один полный оборот $\Delta\varphi = 2\pi$, $\Delta t = T$.

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

Игошин А.В. МАОУ "Физико-математический лицей №38 г. Ульяновска"

$$\Delta\varphi = \omega\Delta t \qquad \Delta t = t - t_0$$

$$\textit{если} \quad t_0 = 0 \quad \textit{то} \quad \Delta t = t$$

$$\Delta\varphi = \omega t$$

$$\varphi = \varphi_0 + \Delta\varphi \qquad \varphi = \varphi_0 + \omega t$$

Равномерное прямолинейное движение (аналогия)

$$x = x_0 + \upsilon_x t$$

Игошин А.В. МАОУ "Физико-математический лицей №38 г. Ульяновска"

Угловое ускорение величина, характеризующая быстроту изменения угловой скорости точки.

Угловым ускорением при равнопеременном движении по окружности называется отношение изменения угловой скорости $\Delta\omega$ к промежутку времени Δt, за которое это изменение произошло.

$$\beta = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} \qquad [\beta] = \left[\frac{рад}{с^2}\right]$$

$$a_x = \frac{\Delta\upsilon_x}{\Delta t}$$

Равнопеременное прямолинейное движение (аналогия)

$$\beta = \frac{\omega - \omega_0}{\Delta t}$$

$$\omega = \omega_0 + \beta t$$

Скорость при равнопеременном движении по окружности

$+\beta$ ускоренное

$-\beta$ замедленное

Равнопеременное прямолинейное движение (аналогия)

$$\upsilon_x = \upsilon_{0x} + a_x t$$

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{\beta t^2}{2}$$

Уравнение равнопеременного движения точки по окружности

$+\beta$ ускоренное

$-\beta$ замедленное

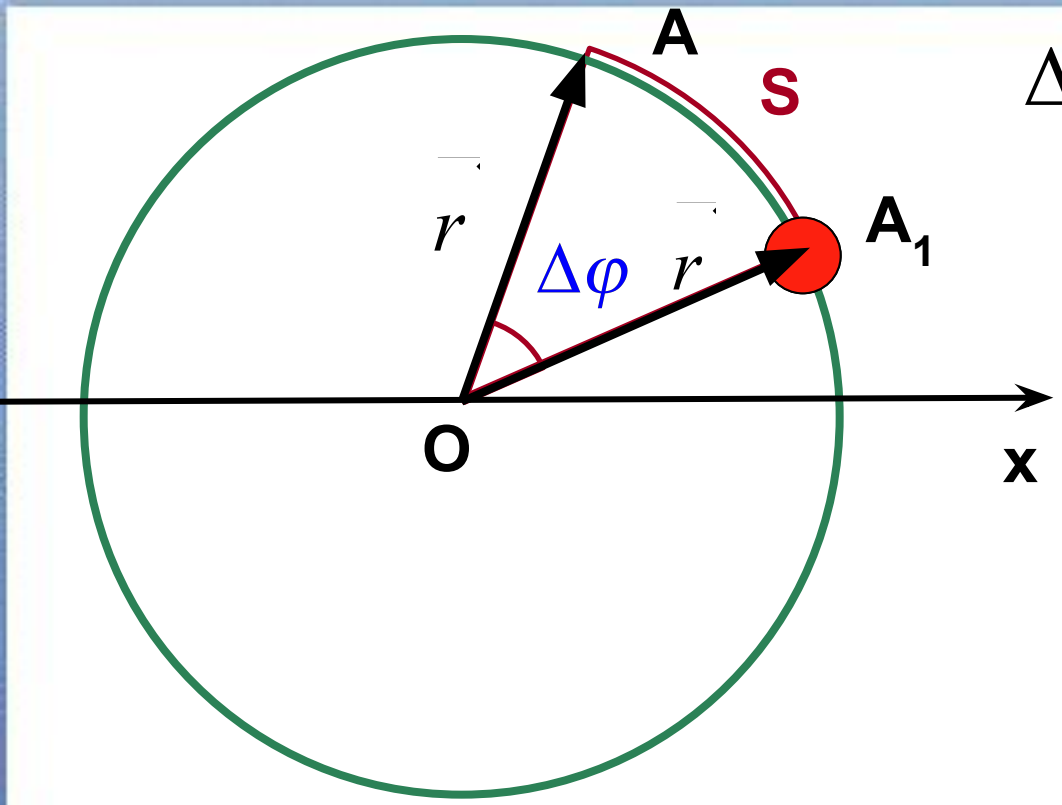
$$x = x_0 + \upsilon_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$$

Равнопеременное прямолинейное движение (аналогия)

Игошин А.В. МАОУ "Физико-математический лицей №38 г. Ульяновска"

Связь между линейными и угловыми величинами.

Игошин А.В. МАОУ "Физико-математический лицей №38 г. Ульяновска"



Δφ- центральный угол

$$S = \Delta\varphi R$$

$$\upsilon = \frac{S}{\Delta t} = \frac{\Delta\varphi R}{\Delta t}$$

$$\omega$$

$$\upsilon = \omega R$$

$$a_ц = \frac{\upsilon^2}{R} \qquad \upsilon = \omega R$$

$$a_ц = \frac{\omega^2 R^2}{R} \qquad a_ц = \omega^2 R$$

Игошин А.В. МАОУ "Физико-математический лицей №38 г. Ульяновска"

$$a_\tau = \frac{\Delta \upsilon}{\Delta t} = \frac{\Delta (R\omega)}{\Delta t} = \frac{R\Delta\omega}{\Delta t} \rightarrow \beta$$

$$a_\tau = R\beta$$

Игошин А.В. МАОУ "Физико-математический лицей №38 г. Ульяновска"