

СТАНКИН
приветствует
вас

Физические ОСНОВЫ МЕХАНИКИ

лектор: доцент кафедры физики
Александр Евгеньевич Штанько

Образец подзаголовка

Семестр 1

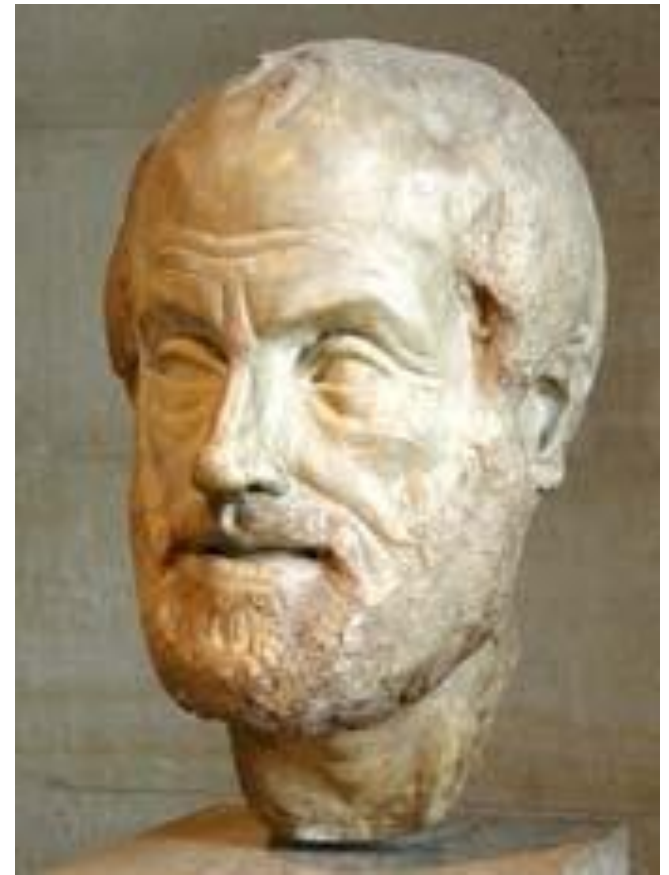
ЛЕКЦИЯ № 1

Кинематика материальной точки

1. *Предмет физики.* Физика - как основа современного естествознания. Роль физики в становлении современного инженера. Физика и высокие технологии.
2. *Предмет механики.* Классическая механика. Релятивистская механика. Квантовая механика.
3. *Международная система единиц (СИ).*
4. *Кинематика материальной точки.* Модель материальной точки (частицы). Пространство и время. Система отсчета. Радиус - вектор. Траектория. Скорость и ускорение.
5. *Кинематика криволинейного движения.* Движение по окружности. Угловая скорость и ускорение. Нормальное, тангенциальное и полное ускорения. Движение материальной точки по плоской кривой. Радиус кривизны траектории.

Слово «физика» (от др.-греч. φύσις «physis» - «природа») ввёл Аристотель (384 – 322 гг. до н. э.).

При этом он имел в виду не естественную среду, окружающую человека, а скрытую от его непосредственных ощущений сущность вещей и событий, познав которую можно объяснить не только то, как протекают наблюдаемые явления, но и понять, почему это происходит именно так, а не иначе.



Для древних греков «физика» и «философия» были синонимами, т.к. для объяснения явлений окружающего мира использовался умозрительный метод. Потом в результате научной революции XVI века физика стала отдельной наукой.

В русский язык слово «физика» впервые ввёл Михаил Васильевич Ломоносов (1711 - 1765), когда он издал в России учебник физики в переводе с немецкого языка.



Физика изучает наиболее общие закономерности неживой природы, строение и свойства материи, законы движения материи и временной эволюции Вселенной.

В основе физики, как науки, лежат экспериментально установленные факты, которые подтверждены независимыми исследователями при заданных контролируемых условиях.



Связные научные знания сформированы в физическую теорию - инструмент интеллектуального видения явлений материального мира. Одними из существенных принципов научной теории являются принцип причинности, принцип познаваемости мира, принцип верифицируемости (проверяемости), принцип наблюдаемости и другие.



Физика формирует материалистическое мировоззрение, лежит в основе естественно - научной подготовки инженеров, развивая критическое рациональное мышление. Физика является наиболее фундаментальной наукой о природе, поэтому ее изучение закладывает фундамент для всех специальных технических дисциплин.



МЕХАНИКА

Изучение курса физики обычно начинается с физических основ механики, где рассматривается наиболее общий и простой вид движения материи - механическое движение. При механическом движении объект просто меняет свое положение в пространстве, оставаясь тождественным самому себе, т. е. не меняя своей структуры и внутренних свойств. В качестве объектов движения в механике рассматриваются: частица (материальная точка), система частиц, абсолютно твердое тело и сплошная среда.

В современной физике различают:

1) классическое нерелятивистское движение макроскопических тел со скоростями, много меньшими скорости света в вакууме $c = 3 \times 10^8 \text{ м/с}$;

2) классическое релятивистское движение макроскопических тел со скоростями $\sim c$;

3) квантовое движение микроскопических и макроскопических объектов.

Это 3 различных модели движения объектов.

Сначала мы рассмотрим классическое нерелятивистское движение макроскопических тел, описываемое законами Ньютона.

Международная система единиц СИ

Законы механики устанавливают определенную связь между физическими понятиями. Большинство физических понятий имеют количественную характеристику (выражаемую в единицах измерения) и называются физическими величинами.

Для задач механики достаточно 3 основных единиц:

1) **единицы массы – 1 килограмм** - есть масса международного прототипа, созданного из платиноиридиевого сплава и введенного в использование в 1901 году;

2) **единицы времени – 1 секунда** - есть 9.192.631.770 периодов электромагнитного излучения при переходе между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия 133 (введен в 1967 году);

3) **единица длины – 1 метр** есть длина пути, проходимого светом в вакууме за интервал времени $1/299792458$ с при точно известной скорости света

$c = 299792458$ м/с (создан в 1983 году)

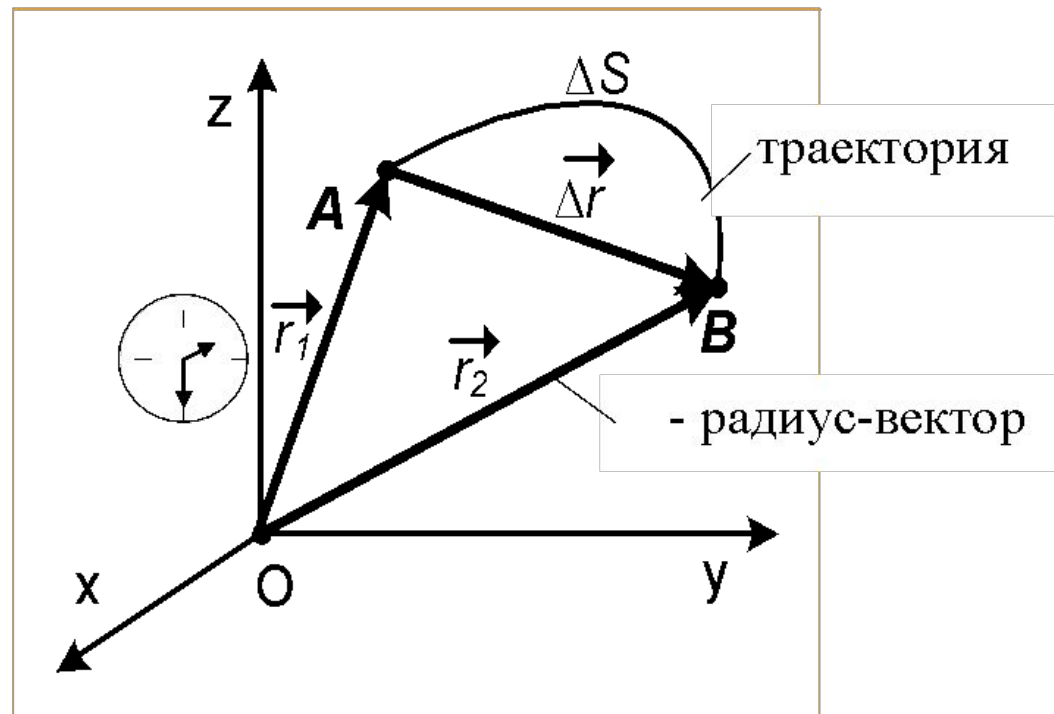
Кинематика материальной точки

Кинематика – раздел механики, которая описывает движение, отвлекаясь от причин, вызвавших это движение.

Материальная точка (частица) - это тело, линейные размеры которого малы по сравнению с характерными длинами в решаемой задаче.

Система отсчета включает :

- 1) тело отсчёта **O**;*
- 2) связанную с ним систему координат(**x,y,z**);*
- 3) систему измерения времени (**часы**).*



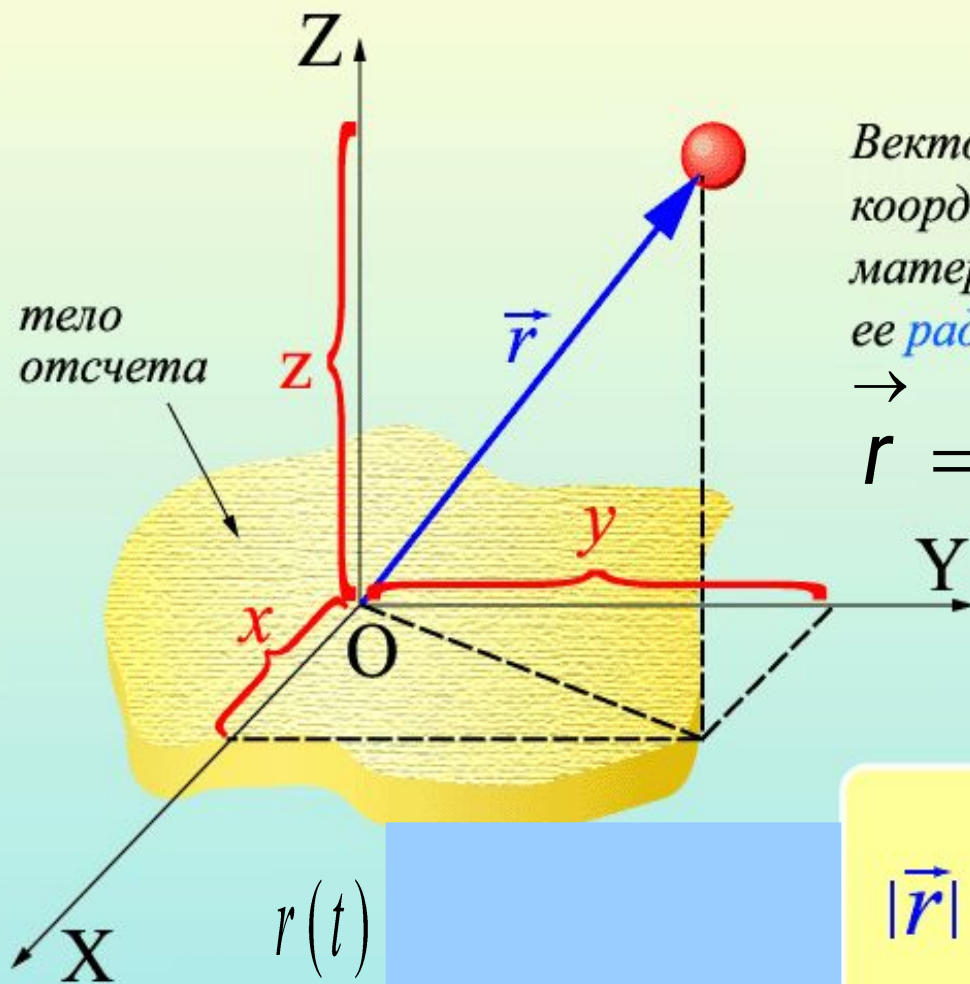
Материальная точка при своем движении описывает некоторую линию, которая называется **траекторией**. В зависимости от формы траектории различают прямолинейное движение, движение по окружности, криволинейное движение.



Путь ΔS - это расстояние между точками 1 и 2, отсчитанное вдоль траектории.

Перемещение Δr - это прямолинейный отрезок, проведенный из точки 1 в точку 2.

Радиус-вектор материальной точки

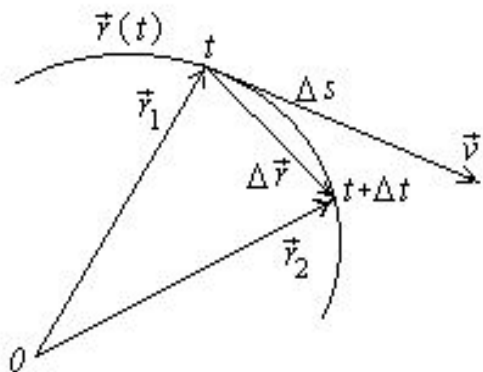


Вектор $\vec{r}$, проведенный из начала координат в место расположения материальной точки, называется ее **радиус-вектором**

$$\vec{r} = x \vec{i} + y \vec{j} + z \vec{k}$$

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

Скорость точки (мгновенная скорость)



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

$d\vec{r}$ - перемещение за малое время dt

Вектор $\vec{v}$ направлен по касательной к траектории движения.

Поскольку модуль перемещения и расстояние, пройденное за малое время, совпадают, модуль вектора скорости равен производной от пути

$$v = \frac{ds}{dt} = s'$$

Путь, пройденный за время t
равен интегралу от скорости

$$s = \int_{t_1}^{t_2} v \cdot dt$$

Движение материальной точки также описывают с помощью ее координат x, y, z .

В этом случае, чтобы определить скорость v , сначала вычисляют проекции скорости на оси x, y, z , которые равны производным от соответствующих координат по времени

$$v_x = \frac{dx}{dt} = x' \quad , \quad v_y = \frac{dy}{dt} = y' \quad , \quad v_z = \frac{dz}{dt} = z' \quad .$$

Тогда величина скорости (модуль скорости):

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

УСКОРЕНИЕ

скорость изменения вектора скорости во времени

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \dot{\vec{v}} = \ddot{\vec{r}}$$

- ускорение

материальной точки.

Ускорение $\vec{a}$ есть вторая производная от радиус-вектора $\vec{r}$ по времени t (две точки означают вторую производную по времени t). Легко установить связь с координатным представлением ускорения:

$$\vec{a} = a_x \vec{i} + a_y \vec{j} + a_z \vec{k} = \ddot{x} \vec{i} + \ddot{y} \vec{j} + \ddot{z} \vec{k}$$

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

- модуль вектора

ускорения.

Обратная задача кинематики

заключается в том, что по известному значению ускорения $a(t)$ найти скорость точки и восстановить траекторию движения $r(t)$.

По определению
$$a(t) = \frac{dv(t)}{dt},$$

Отсюда
$$v(t) = v(t_0) + \int_{t_0}^t a(t) dt$$

или, так как
$$v(t) = \frac{dr}{dt},$$

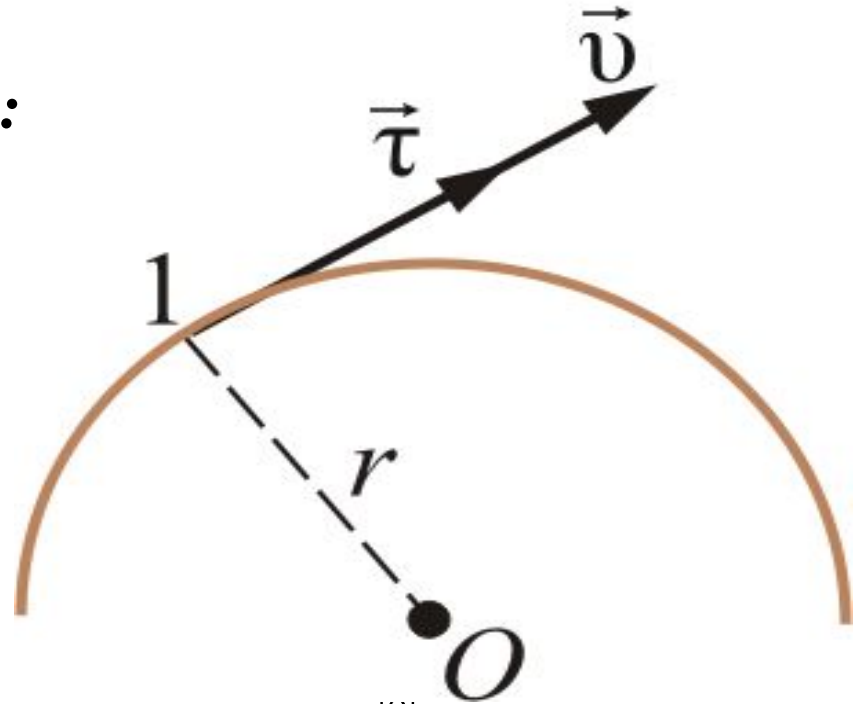
Следовательно
$$r(t) = r(t_0) + \int_{t_0}^t v(t) dt.$$

Ускорение при криволинейном движении

Введем **единичный вектор** $\vec{\tau}$, связанный с точкой 1 и направленный по касательной к траектории движения точки 1 (векторы $\vec{v}$ и $\vec{\tau}$ в точке 1 совпадают).

Тогда можно записать:

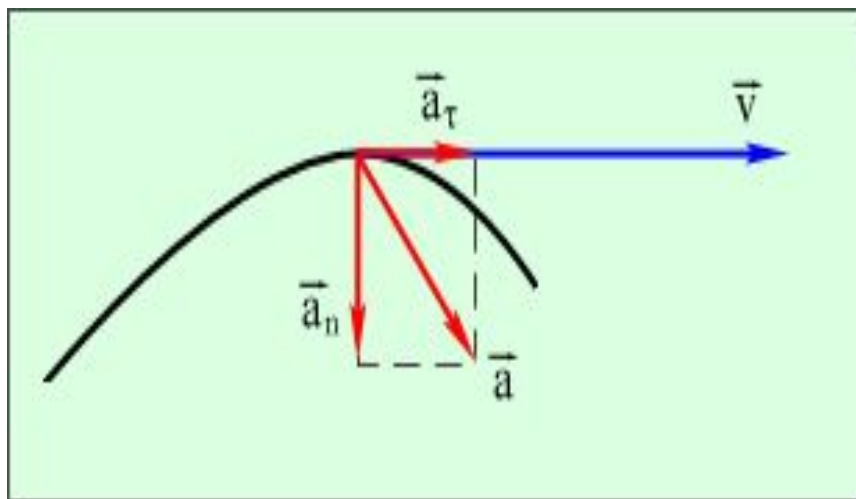
$$\vec{v} = v\vec{\tau};$$



$$\vec{a} = \frac{d}{dt}(v\vec{\tau}) = \vec{\tau} \frac{dv}{dt} + v \frac{d\vec{\tau}}{dt} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n;$$

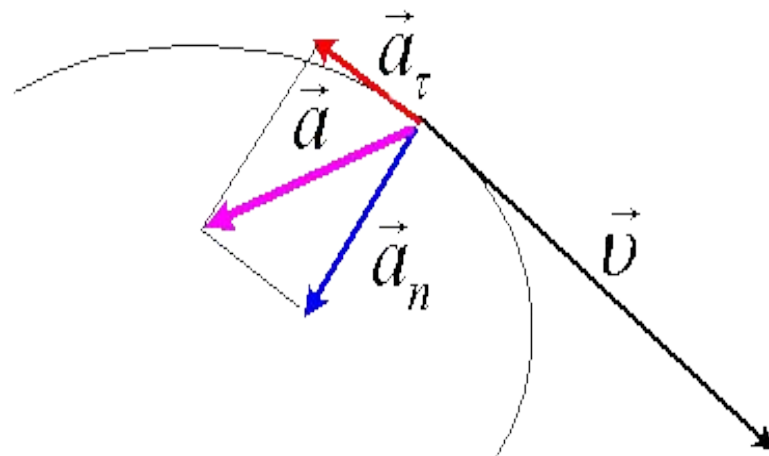
ТАНГЕНЦИАЛЬНОЕ УСКОРЕНИЕ

Тангенциальное ускорение характеризует изменение скорости по величине.



$$a_\tau > 0;$$

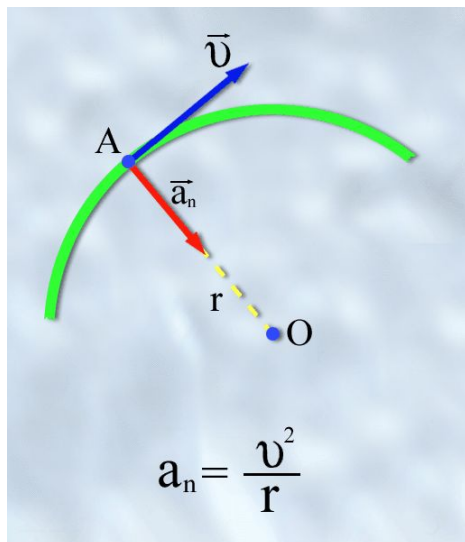
$$\boxed{a_\tau} = a_\tau \boxed{\tau};$$



$$a_\tau < 0;$$

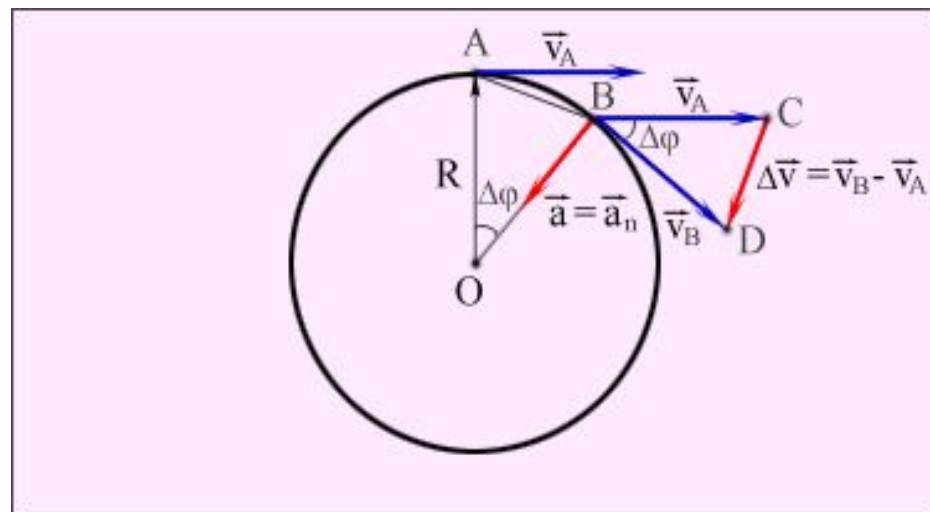
$$a_\tau = \frac{dV}{dt} = \dot{V};$$

НОРМАЛЬНОЕ УСКОРЕНИЕ



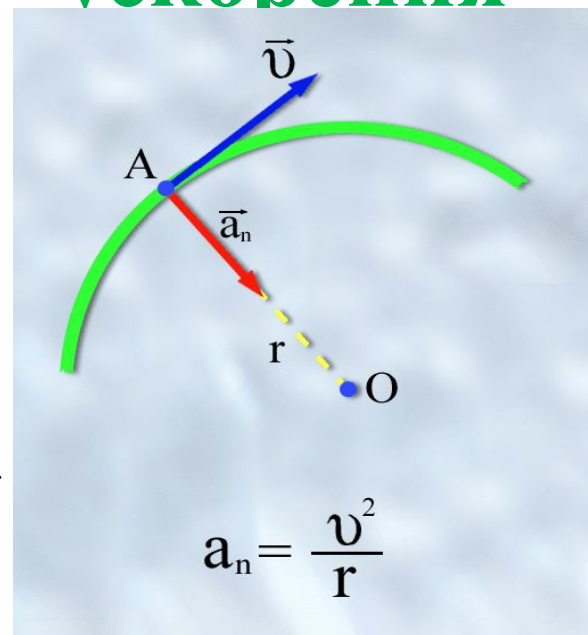
Нормальное ускорение характеризует изменение скорости по направлению.

$$\begin{aligned}
 a_n &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta V}{\Delta t} = \\
 &= V \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = V \cdot \omega
 \end{aligned}$$



Модуль нормального ускорения

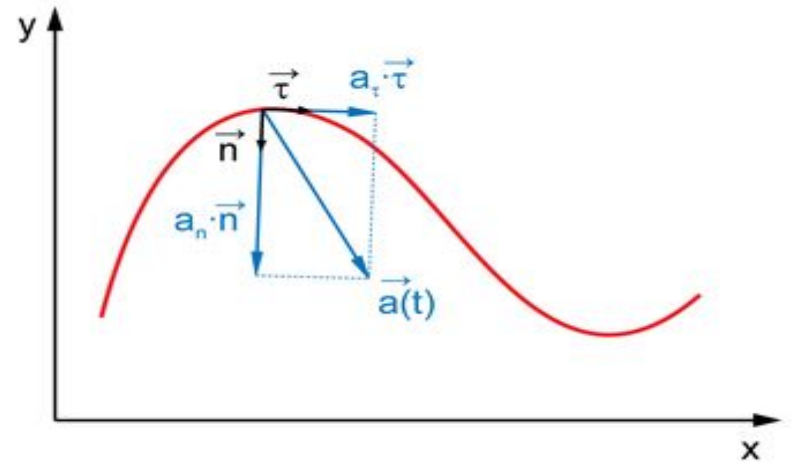
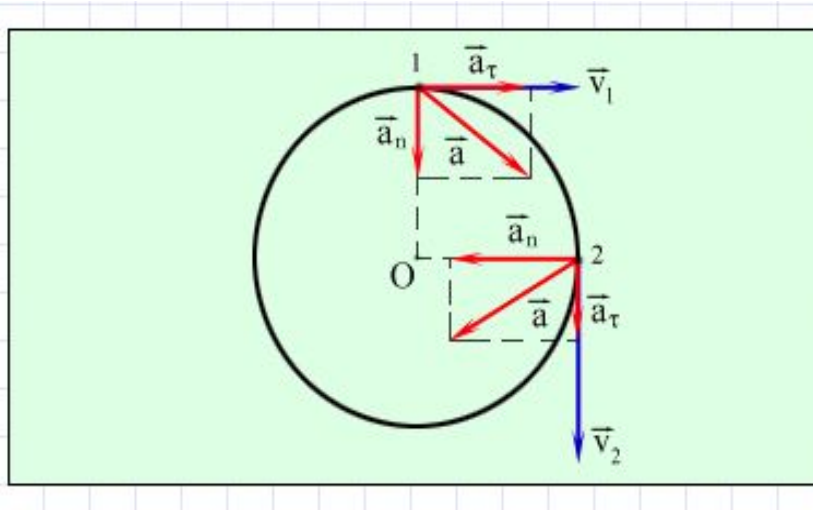
$$a_n = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(V \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} \right) = V \cdot \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta \varphi}{\Delta S} \frac{\Delta S}{\Delta t} \right) =$$
$$V \cdot \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta \varphi}{\Delta S} \right) \cdot \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta S}{\Delta t} \right) = V \cdot \frac{1}{R} \cdot V = \frac{V^2}{R}$$



$$\vec{a}_n = \frac{V^2}{R} \vec{n}$$

Нормальное ускорение или центростремительное , т.к. направлено оно к центру кривизны, перпендикулярно $\vec{V}$

Полное ускорение



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

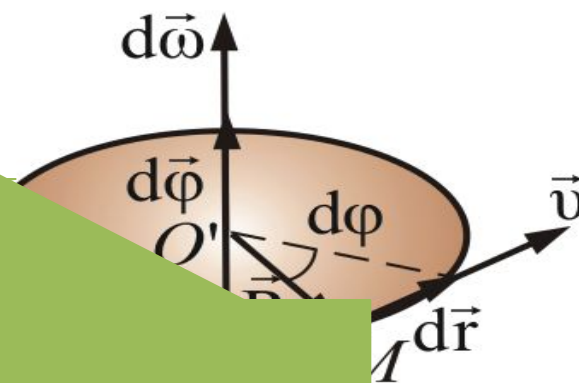
$$a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}$$

УГЛОВАЯ СКОРОСТЬ

Угол поворота $d\varphi$ характеризует перемещения точки M за время dt (угловой путь)

Удобно ввести $\vec{d\phi}$ вектор элементарного поворота тела, численно равный $d\phi$ и направленный вдоль оси вращения так, чтобы глядя вдоль вектора $\vec{d\phi}$ мы видели вращение по часовой стрелке (направление вектора $\vec{d\phi}$ совпадает с направлением вращения)

*и направление вращения
связаны правилом
буравчика).*



Угловой скоростью $\vec{\omega}$ называется вектор численно равный первой производной от угла поворота по времени и направленный вдоль оси вращения в направлении $d\vec{\varphi}$ ($\vec{\omega}$ и $d\vec{\varphi}$ всегда направлены в одну сторону).

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

Модуль угловой скорости

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

Связь линейной и угловой скорости

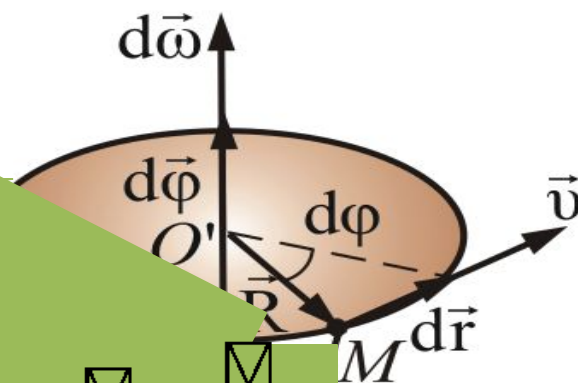
Пусть v – линейная скорость точки M .

За промежуток времени dt точка M проходит путь $dr = vdt$. В то же время $dr = R d\varphi$ (центральный угол).

Тогда,

$$v = \frac{dr}{dt} = \frac{R d\varphi}{dt} = \omega R$$

В векторной форме $\vec{v} = [\vec{\omega}, \vec{R}]$



Если $\omega = \text{const}$, то вращение равномерное и его можно характеризовать **периодом вращения** T .

Это время, за которое точка совершает один полный оборот, т.е. поворачивается на угол 2π .

Так как промежутку времени $\Delta t = T$ соответствует $\Delta\varphi = 2\pi$, то $\omega = 2\pi / T$ то

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

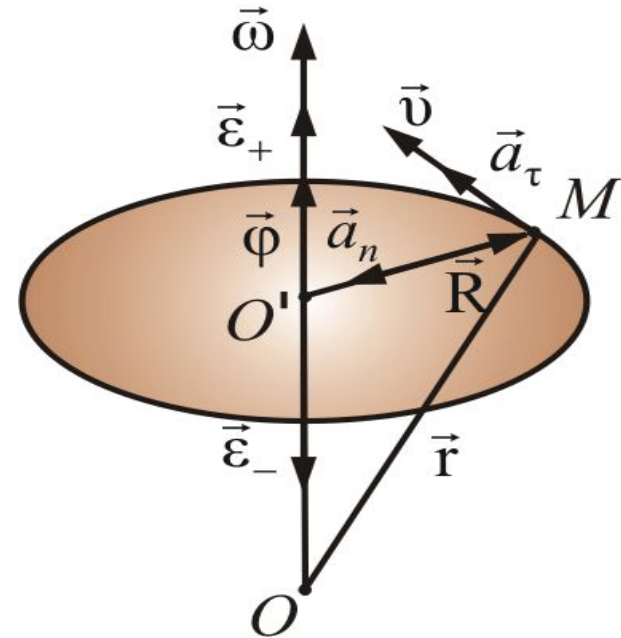
Число полных оборотов, совершаемых телом при равномерном движении по окружности, в единицу времени называется **частотой вращения**:

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

Вектор углового ускорения $\vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}$

(при неравномерном вращении)

Вектор углового ускорения направлен в ту же сторону, что и вектор угловой скорости $\vec{\omega}$ при ускоренном вращении и в противоположную - при замедленном.



*Связь тангенциального и нормального
ускорения с угловым ускорением и скоростью*

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

$$a_{\tau} = R\varepsilon;$$

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

