

Карбань Оксана Владиславовна,  
заведущая кафедры "Физика", д.ф.-м.н

1 семестр – Механика и молекулярная  
физика

2 семестр – Электричество и магнетизм

3 семестр - Оптика и квантовая физика

Литература: **Трофимова Т. И.**

Курс физики: учеб. пособие для вузов /— 11-е  
изд., стер. — М.: Издательский центр Академия,  
2006. — 560 с.

## Виды занятий:

- Лекции - 1 раз в неделю
- Практика - 1 раз в неделю **с 5 октября!!!!**
- Лабораторные работы - 1 раз в две недели по подгруппам

*Каждая лекция - отдельная тема!*

*Каждая практика - задачи на отдельную тему.  
Не повторяются!*

Форма оценки в I семестре - **зачет**

## Условие получение автомата

1. Пропуск не более 2 лекций
2. Закрывать лабораторные работы к моменту зачета
3. Отсутствие неудовлетворительных оценок за контрольные
4. Сдача РГР до 20 декабря

## Контрольные:

2 промежуточные контрольные

Отработки долгов – консультации

# Лекция № 1

## **Введение. Кинематика поступательного и вращательного движения**

Физика – это наука, изучающая наиболее общие законы, которым подчиняется окружающий нас внешний мир.

Механика, рассматривающая объекты, превышающих размеры атомов, перемещающихся со скоростью много меньшими скорости светового



Молекулярная физика и термодинамика, занимающиеся изучением теплоты, температуры и поведения систем, состоящих из большого числа частиц



# Электромагнетизм, изучающий взаимодействие электрических зарядов и электромагнитных полей



# Оптика, анализирующая поведение света, и его взаимодействие с различными материалами



Квантовая физика, содержащая теории поведения объектов микроскопических размеров.



Международная система единиц (СИ)  
фр. *Système International*

Метр    Килограмм    Секунда  
Ампер    Кельвин    Моль  
Кандела    Радиан    Стерadian

Гауссова система единиц (СГС)  
«сантиметр -грамм -секунда

Механика — раздел физики, который изучает закономерности механического движения и причины, вызывающие или изменяющие это движение.

Механика Галилея-Ньютона наз-ся классической механикой.

Законы движения макроскопических тел, скорости к-рых малы по сравнению со скоростью света.



**Релятивистская механика**, основана на специальной теории относительности, сформулированной А. Эйнштейном

*Законы движения макроскопических тел со скоростями, сравнимыми со скоростью света*

**Кинематика** изучает движение тел, не рассматривая причины, которые это движение обуславливают

**Мех-кое движение** — это изм-ние с течением времени взаимного расположения тел или их частей в пространстве.

При **поступательном дв-нии** все точки тела движутся **одинаково**, имеют одинаковые скорости и ускорения.



При **вращательном движении** все точки тела движутся **по окружностям**, центры, к-ых лежат на одной прямой, наз-ой **осью вращения**.



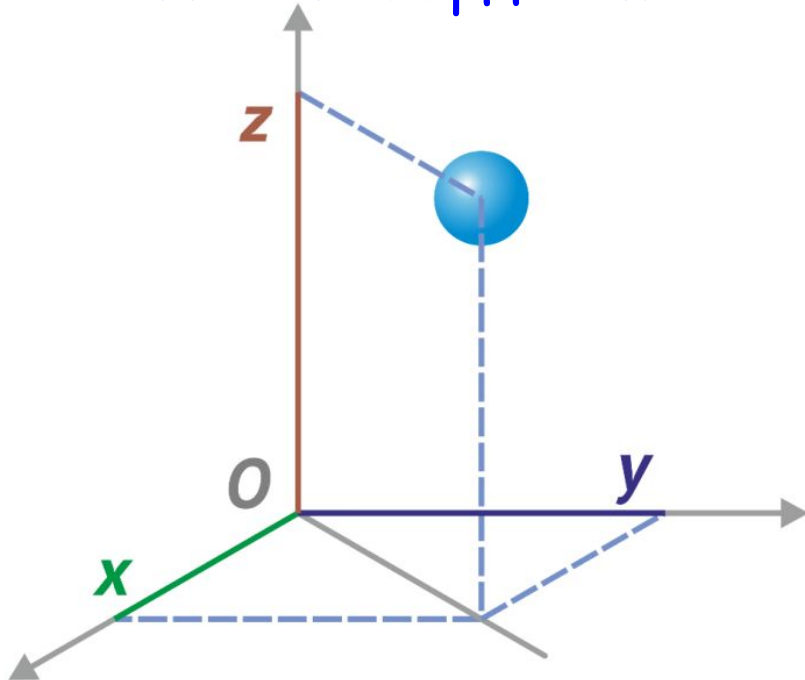
**Материальной точкой** наз-ся тело, формой и размерами к-го можно пренебречь по сравнению с расстоянием, на к-ом оно рассматривается

система отсчета,  
система координат

## Система отсчета

- 1) **тело отсчета**, относительно к-го будет расм-ся движение
- 2) жестко связанную с телом отсчета **систему координат**;
- 3) **часы**

Система координат



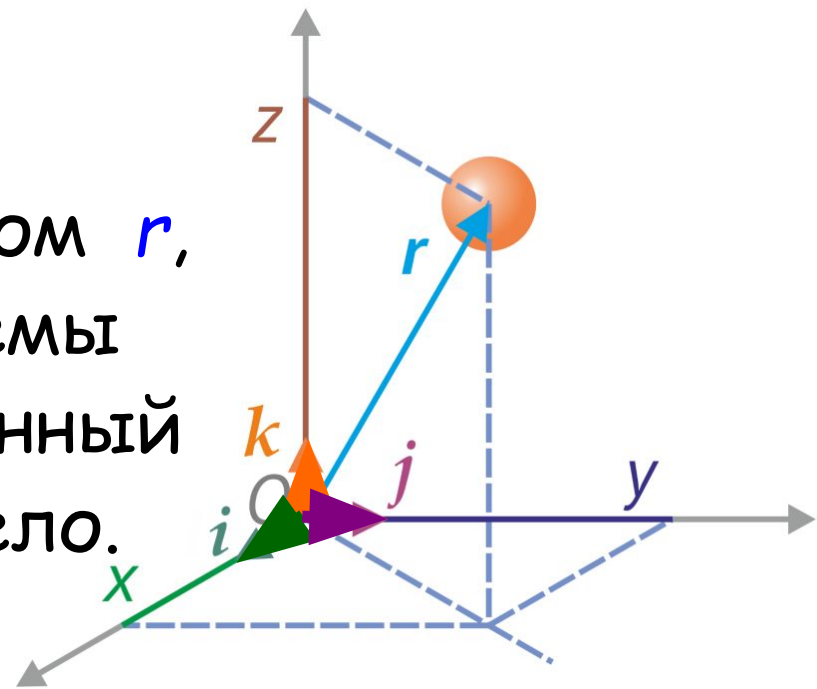
Прямоугольная  
(декартова)  
система координат

**x** - абсцисса  
**y** — ордината  
**z** — аппликата

Положение матер. точки,  
кинemat.ур-ния движения

1) **Координатный** - тремя координатами  $(X, Y, Z)$

2) **Векторный** - радиус вектором  $r$ , проведенным из начала системы координат в ту точку, где в данный момент времени находится тело.



**Кинематические уравнения движения**

$$\begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \\ z = z(t) \end{cases}$$

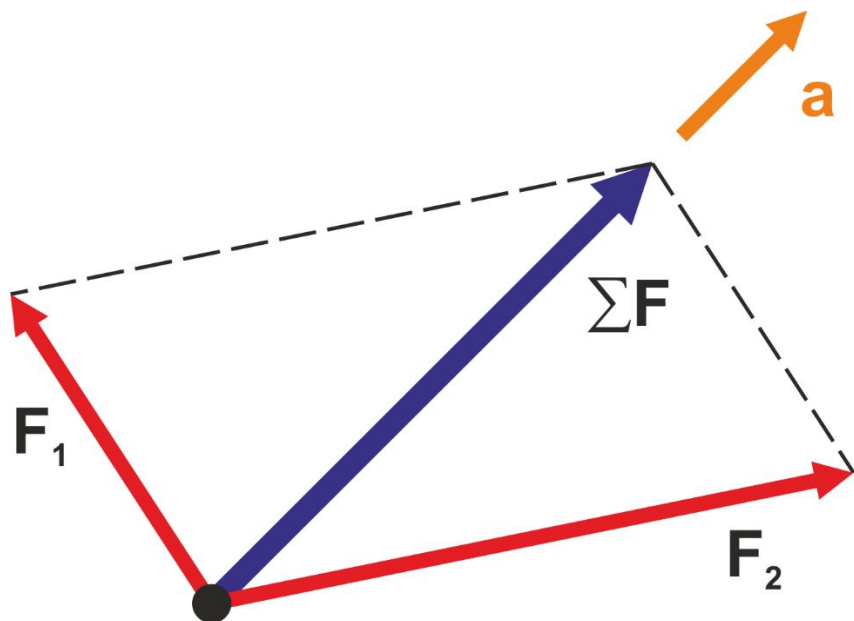
$$\overset{\Delta}{\mathbf{r}} = \overset{\Delta}{\mathbf{r}}(t)$$

$$\overset{\Delta}{\mathbf{r}} = x\overset{\Delta}{i} + y\overset{\Delta}{j} + z\overset{\Delta}{k}$$

Связь координатного и векторного способа

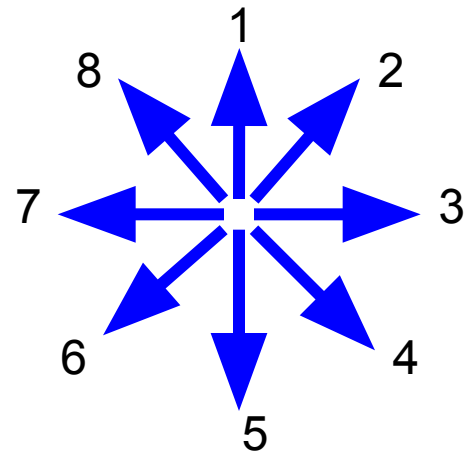
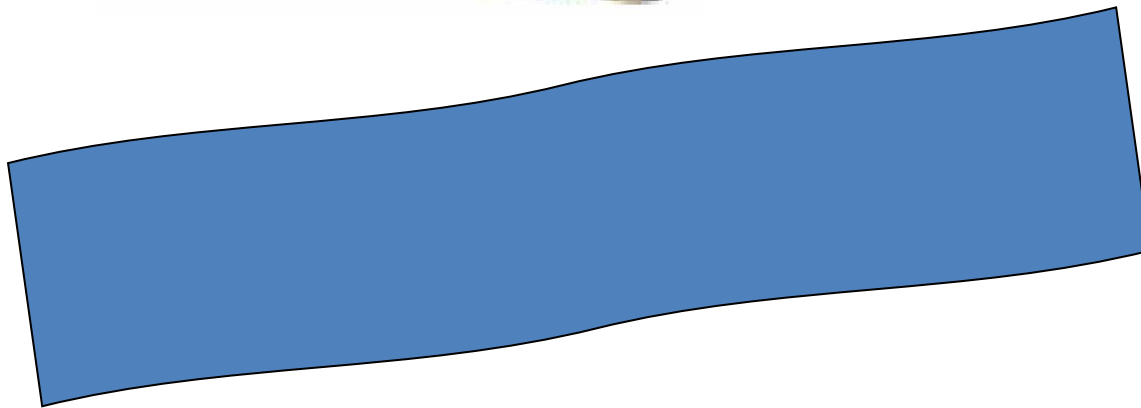
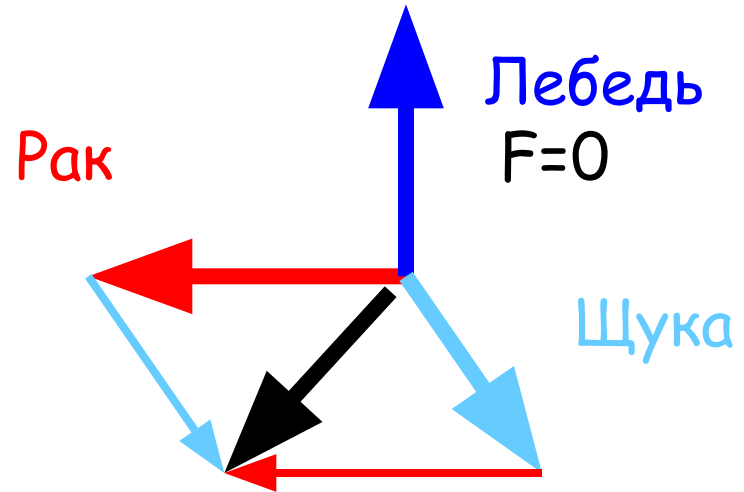
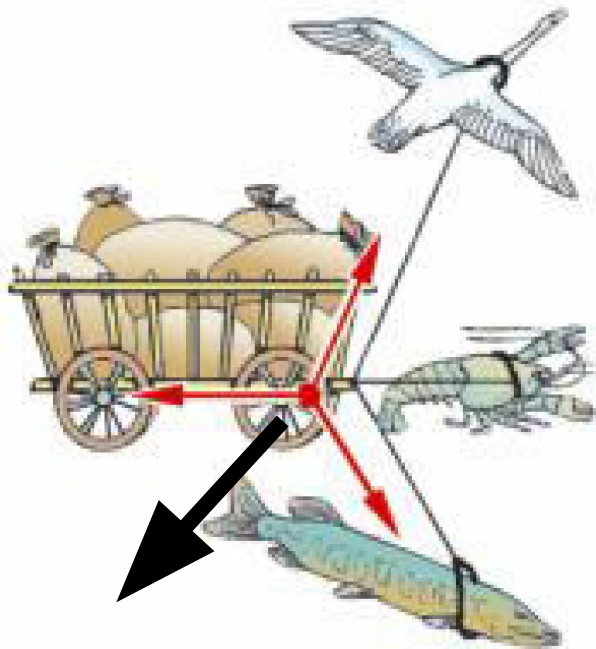
Одномерное - вдоль прямой, двумерное - на плоскости, многомерное - в пространстве

# Векторное сложение сил

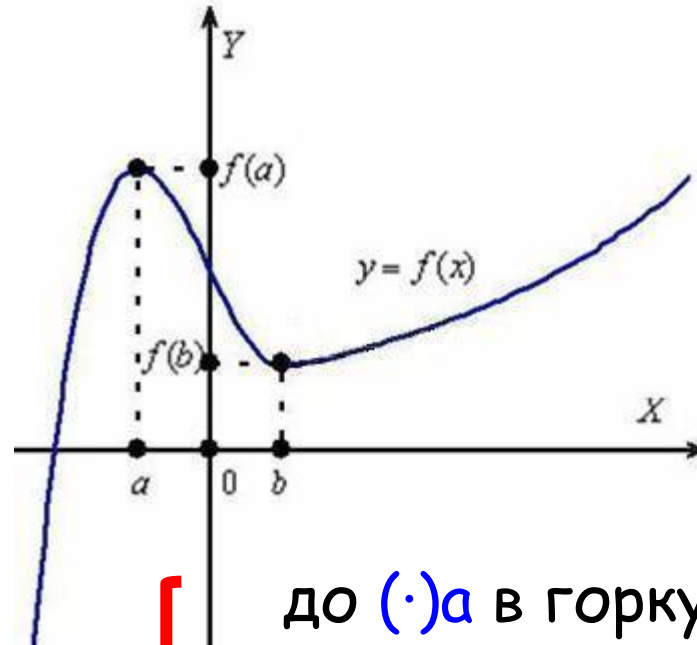


$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

# Тест 1



# Что такое производная функции?



Профиль дороги в виде графика

*Крутизна разная*



до  $(\cdot)a$  в горку

от  $(\cdot)a$  до  $(\cdot)b$  с горки

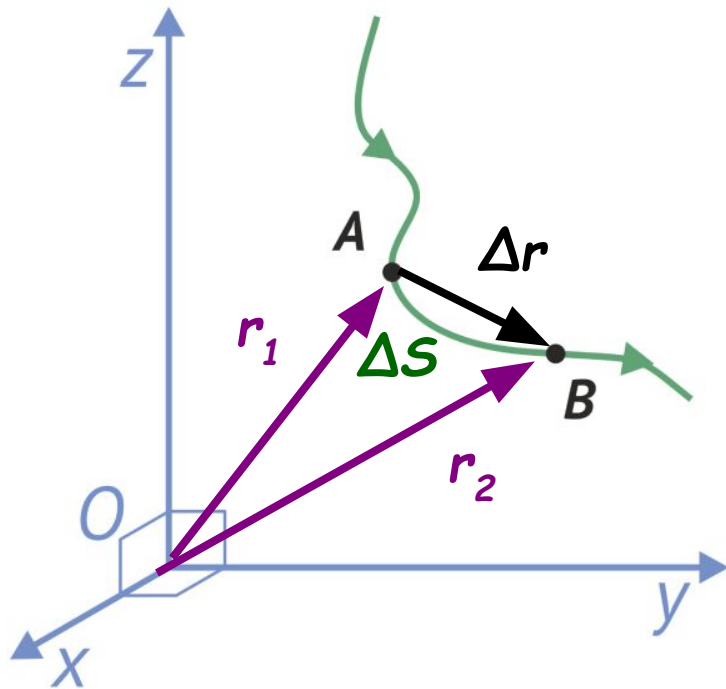
от  $(\cdot)b$  в горку

Изменение наклона дороги (графика)  
происходит с разной скоростью

**Производная функции** характеризует скорость  
изменения функции в данной точке

Из точки  $A \rightarrow B$  за время  $\Delta t$

Прямолинейное  
криволинейное



$$\Delta \vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$$

**Траектория движения** мат. точки — линия, по которой движется тело в пространстве.

**Перемещение** - вектор направленный из начального положения тела в конечное

**Путь  $\Delta S$**  - это длина траектории.

перемещение  $\neq$  путь

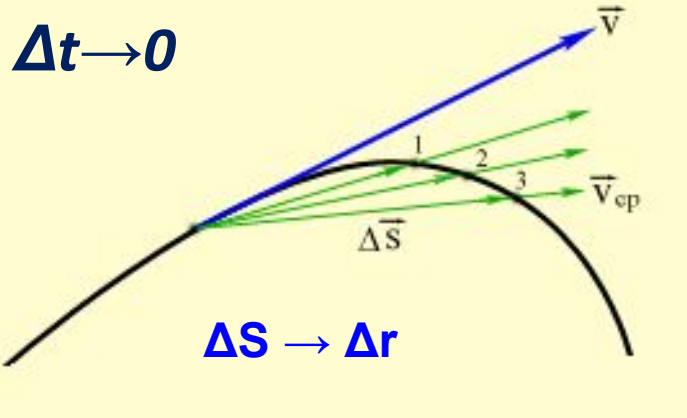
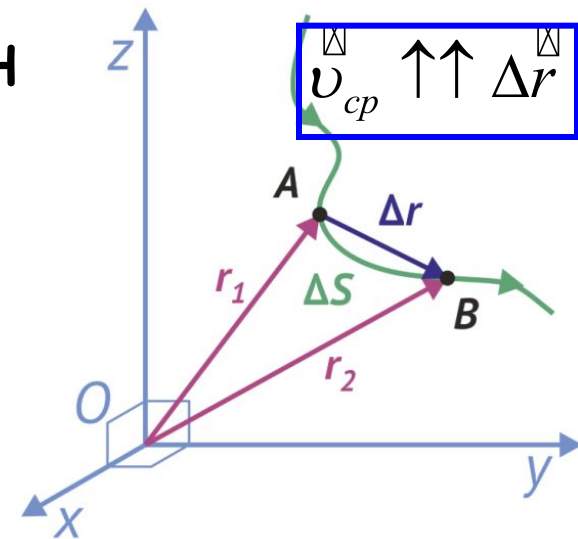
При прямолинейном движении  $\Delta S = \Delta r$



**Скорость** - это физическая величина которая определяет как быстроту движения, так и его направление в данный момент времени

$$\bar{u}_{cp} = \frac{|\Delta r|}{\Delta t}$$

- средняя скорость за время  $\Delta t$



$$\bar{u} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{dr}{dt}$$

$$|\bar{u}| = \left| \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta r}{\Delta t} \right| = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{dS}{dt}$$

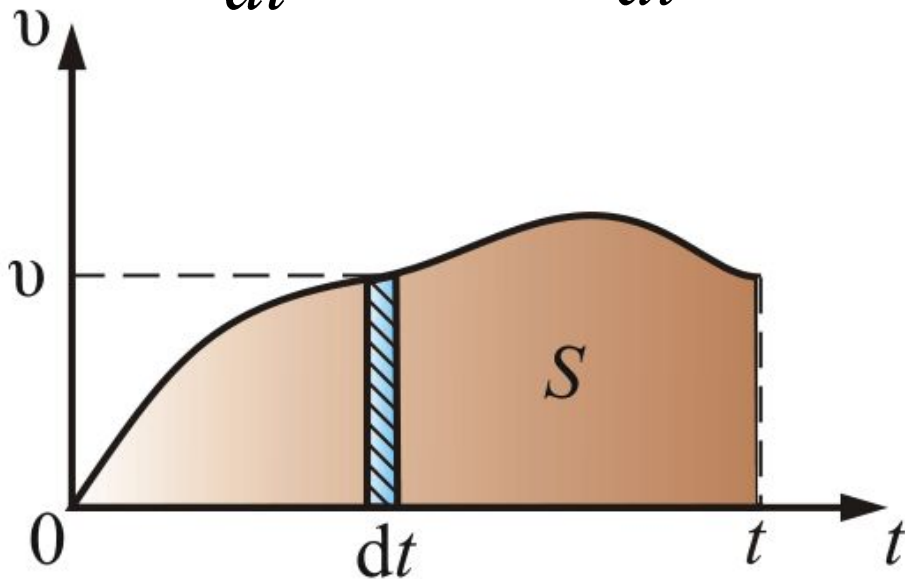
Модуль мгновенной скорости равен первой производной пути по времени

**[u] — метр в секунду (м/с).**

Равномерн.дви-  
ние, ускорение

$$\vec{v} = v_x + v_y + v_z :$$

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



Как найти путь?

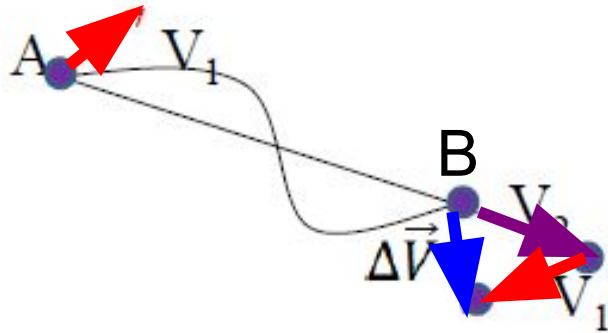
Геометрический  
смысл - площадь под  
кривой  $v(t)$  есть путь  
тела за время  $t$

**Равномерное движение** - движение с постоянной  
скоростью

$$S = \int_{t1}^{t2} v dt$$

$$S = v \Delta t$$

**Ускорение** - физическая величина, характеризующая быстроту изменения скорости по величине и направлению.



$$\Delta \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$$

$$\vec{a}_{cp} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

**Среднее ускорение** - это отношение изменения скорости к промежутку времени, за который это изменение произошло.

$$\text{при } \Delta t \rightarrow 0 \quad \vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

**[a] — метр на секунду в квадрате (м/с<sup>2</sup>).**

1-я производная скорости по времени называется **мгновенным ускорением**

Равноускоренное движение

**Равноускоренное движение** - движение с постоянным ускорением.

$$\overset{\boxminus}{a} = \text{const}$$

$$\overset{\boxminus}{v} = \overset{\boxminus}{v}_0 + \overset{\boxminus}{a}t$$

$$|\overset{\boxtimes}{a}| = \left| \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \overset{\boxtimes}{v}}{\Delta t} \right| = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} =$$

Ускорение -2-я производная пути по времени

$$S = \int_0^t v dt :$$

Путь при равноускоренном движении

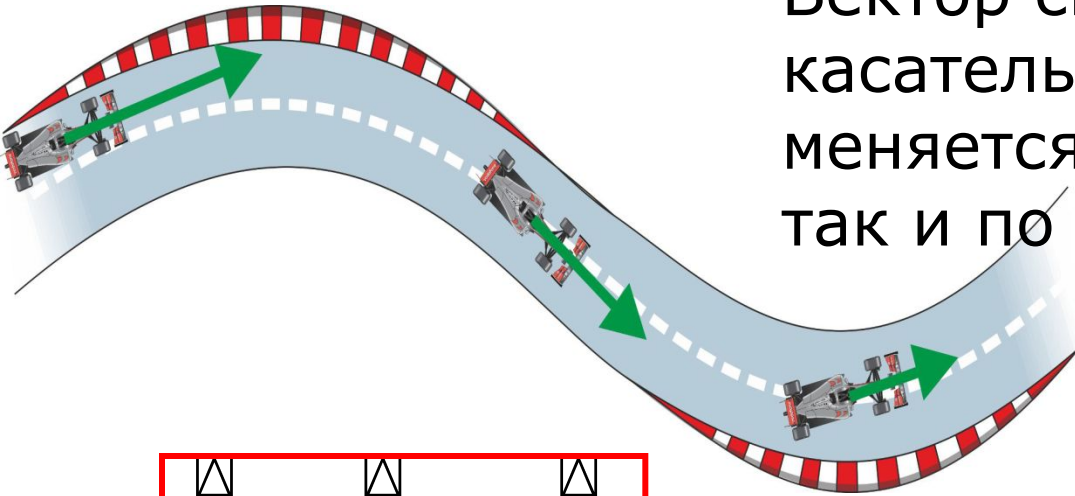


Равномерное  $a=0$

$$\vec{a} = \vec{a}_x + \vec{a}_y + \vec{a}_z$$

Общий случай

Куда направлены вектора скорости и ускорения?



Вектор скорости направлен по касательной к траектории и меняется как по *направлению*, так и по *величине*

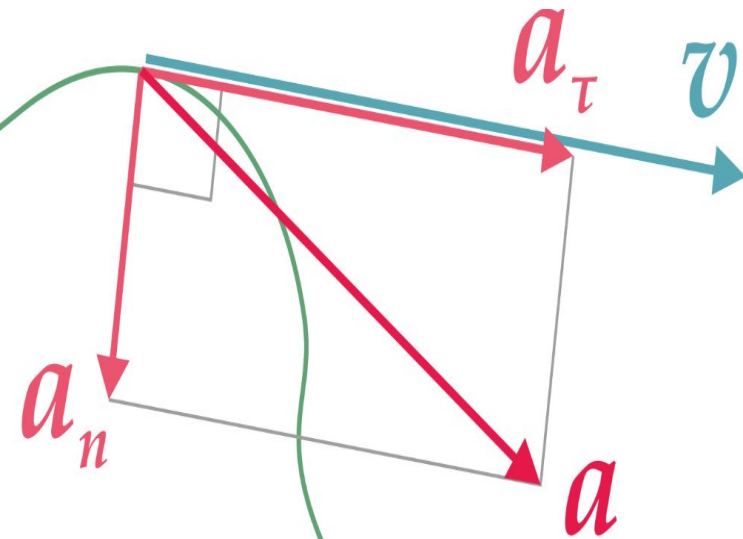


2 составляющие

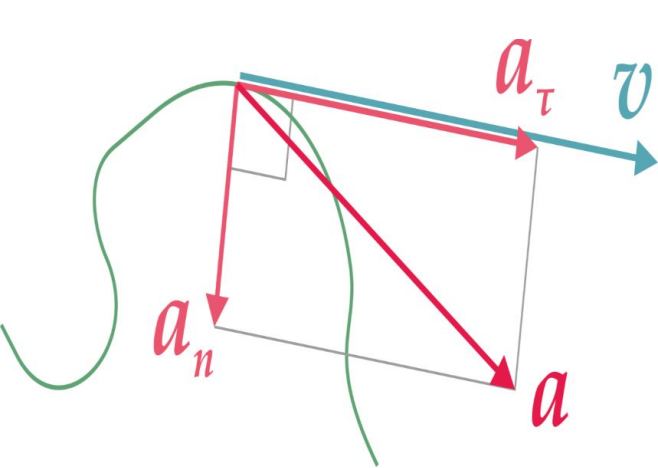
$$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau$$

$\vec{a}_n$  - Нормальное ускорение

$\vec{a}_\tau$  - Тангенциальное ускорение



Нормальное и тангенциальное



## Тангенциальное ускорение

направлено вдоль вектора скорости и определяет изменение скорости

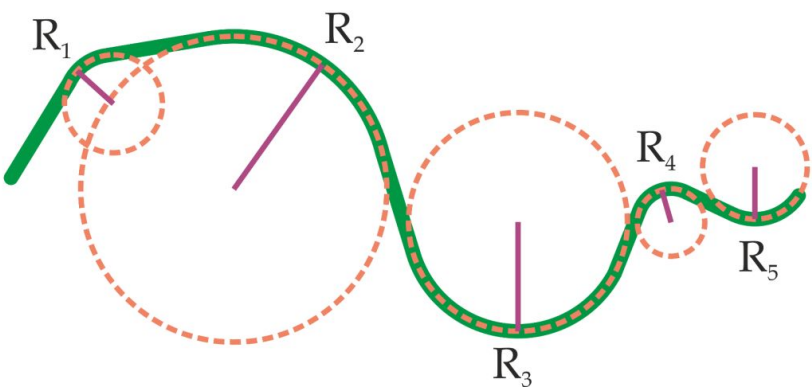
по модулю

$$a_{\tau} = \frac{dv}{dt}$$

$$\frac{d\overset{\Delta}{v}}{dt} \neq \frac{dv}{dt}$$

Нормальное ускорение направлено по нормали к касательной траектории и определяет изменение скорости по направлению

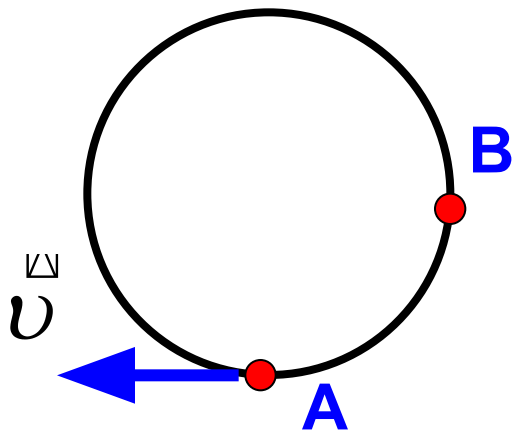
$$a_n = \frac{v^2}{R}$$



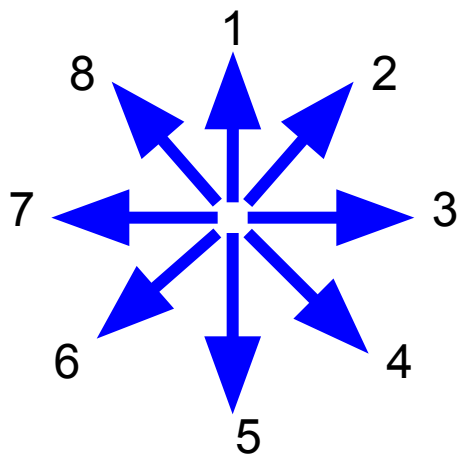
Нормальное уск-е  $\approx$  центростремительному уск-ию, но радиус окружности меняется в каждый момент времени

пример

## Тест 1.



Мат. точка вращается по окружности со скоростью  $v(t)$ . Начальный момент наблюдения соответствует времени A. В каком направлении в момент времени B будут направлены векторы ?



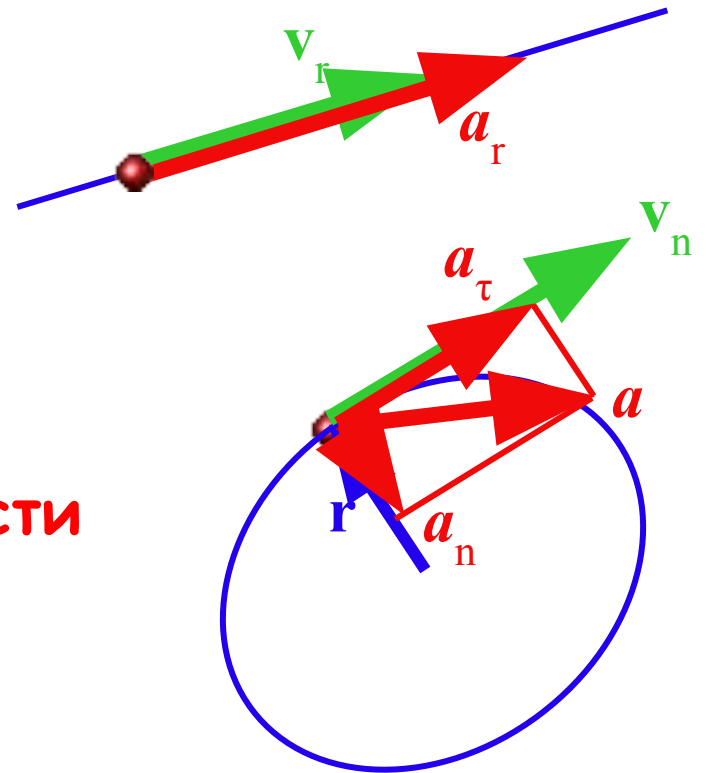
1. Скорости? **5**
2. Тангенциального ускорения? **5**
3. Нормального ускорения? **7**
4. Перемещения? **2**



**Полное ускорение** есть геометрическая сумма тангенциальной и нормальной составляющей

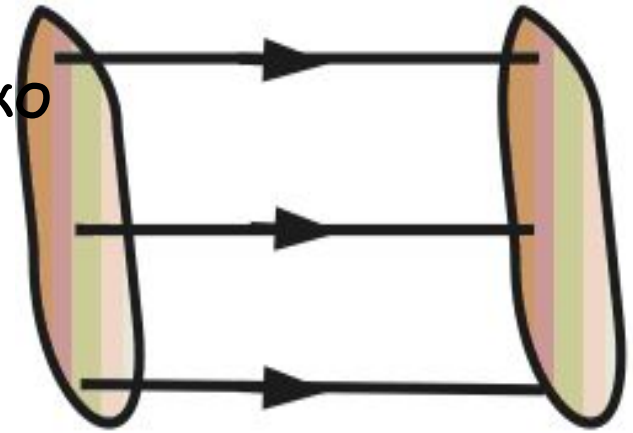
$$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau \quad a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}$$

**Точка движется прямолинейно**

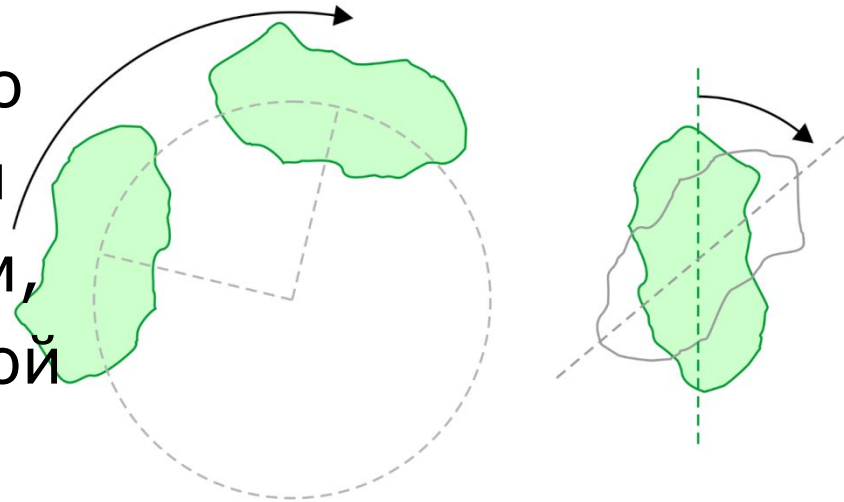


**Точка движется по дуге окружности**

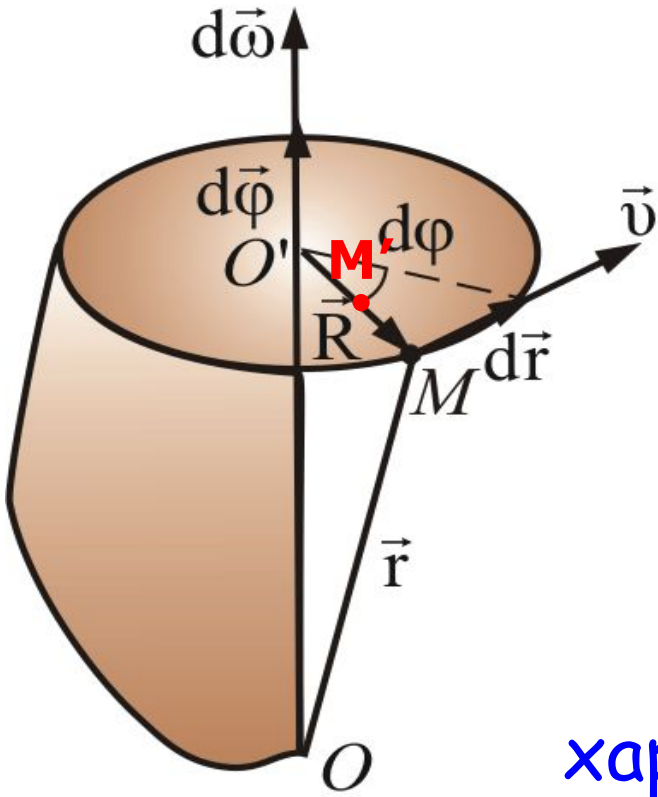
**Поступательное движение** — это движение, при котором любая прямая, жестко связанная с движущимся телом, остается параллельной своему первоначальному положению и все точки тела совершают одинаковые перемещения.



**Вращательное движение** — это движение, при котором все точки тела движутся по окружностям, центры которых лежат на одной и той же прямой, называемой осью вращения.



Угловая скорость



перемещение некоторой точки  $M$  твердого тела

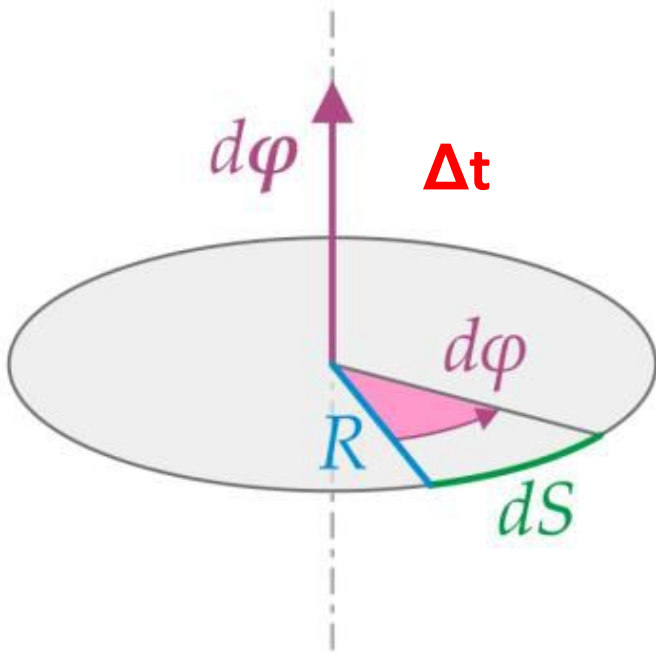
первая производная  $\frac{dr}{dt}$

вторая производная

$$\frac{d^2 r}{dt^2}$$

не могут служить характеристикой движения всего твердого тела.

понятие вращательного движения для материальной точки неприемлемо



## Угол поворота $d\varphi$

характеризует перемещения  
всего тела за время  $dt$   
(координата тела)



- вектор элементарного  
поворота

Единица  
измерения угла  
в СИ – радиан  
(рад)

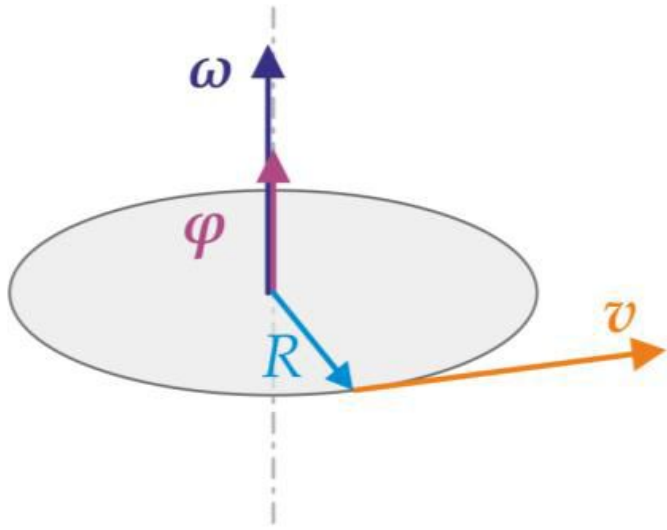
$\pi$  рад =  $180^\circ$

1 рад =  $57,296^\circ$

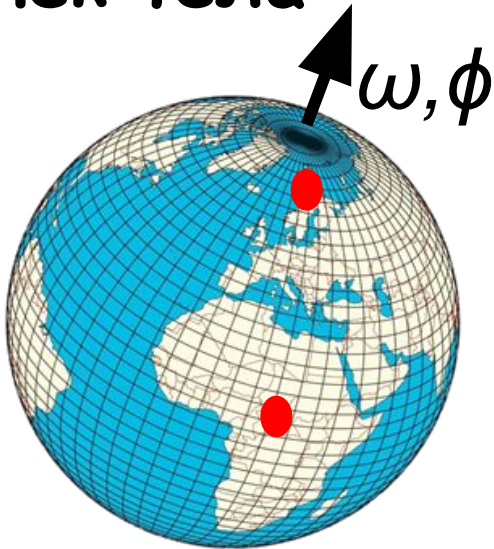
Модуль вектора равен углу  
поворота, а его направление  
подчиняется правилу правого  
винта.

глядя вдоль вектора мы видим  
вращение по часовой стрелке

**Угловой скоростью** наз-ся вектор численно равный первой производной от угла поворота по времени и направленный вдоль оси вращения в направлении



$\omega = \text{const}$  для всех точек тела



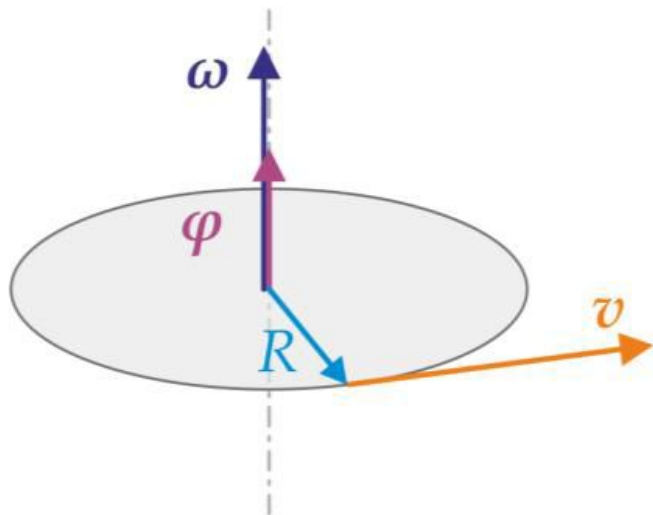
$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{d\varphi}{dt}$$

Направления всегда совпадают

$$\omega \uparrow \uparrow d\varphi$$

**Единица угловой скорости — радиан в секунду (рад/с).**

Линейная



$$dS = v dt \quad dS = R d\varphi$$

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

Линейная скорость точки

В векторной форме

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

$$|\vec{v}| = |\vec{\omega}| |\vec{R}| \sin(\vec{\omega} \wedge \vec{R})$$

Вектор ортогонален к векторам  $\vec{\omega}$  и  $\vec{R}$  и направлен в ту же сторону, что и векторное произведение  $[\vec{\omega}, \vec{R}]$

совпадает с направлением поступательного движения правого винта при его вращении от  $\omega$  к  $R$ .

Период вращения

if  $\overset{\forall}{\omega} = const$

**Период T** - промежуток времени, в течение которого тело совершает полный оборот (т.е. поворот на угол  $\phi = 2\pi$ )

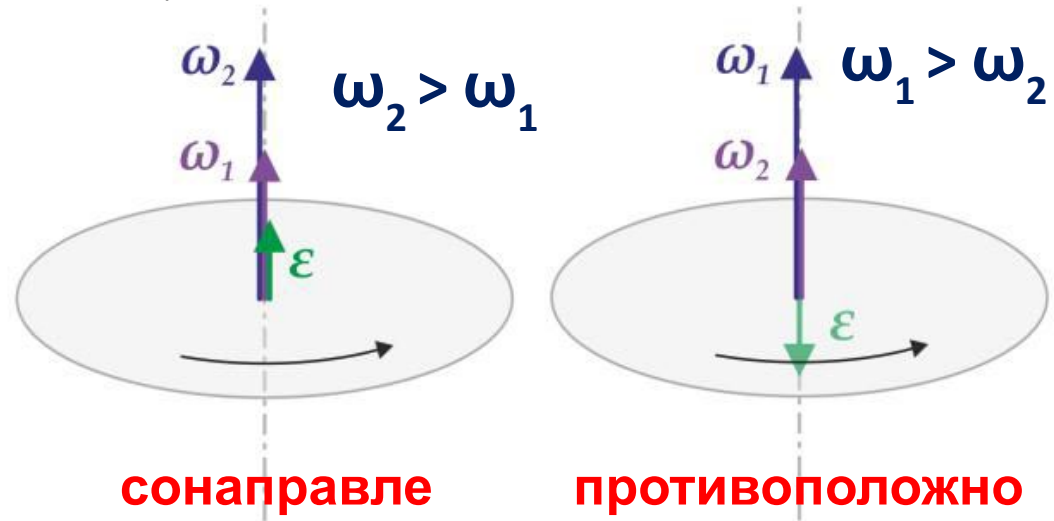
$$\omega = \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \longrightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} \longrightarrow T = \frac{2\pi}{\omega}$$

**Частота вращения** - число полных оборотов, совершаемых телом при равномерном его движении по окружности в единицу времени:

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{\frac{2\pi}{\omega}} = \frac{\omega}{2\pi} \longrightarrow \omega = 2\pi\nu$$

**Угловым ускорением** называется векторная величина, равная первой производной угловой скорости по времени

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



направлен вдоль оси вращения в сторону вектора элементарного приращения угловой скорости.

$$a_{\tau} = \frac{dv}{dt}$$

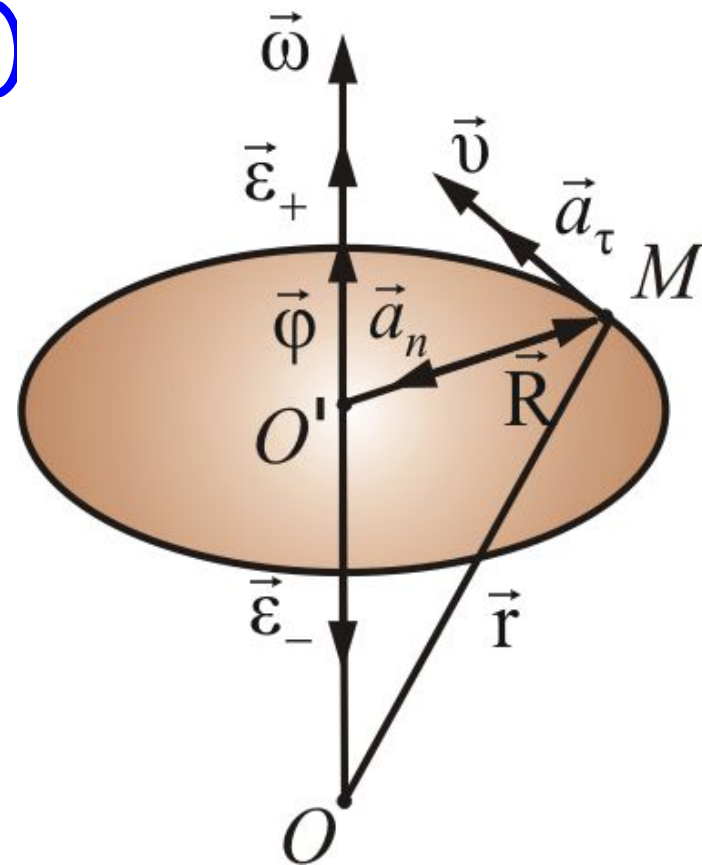
=  Тангенциальное ускорение

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

Нормальное ускорение



**Все кинематические параметры, характеризующие вращательное движение (угловое ускорение, угловая скорость и угол поворота) направлены вдоль оси вращения.**



Формулы простейших случаев вращения тела  
вокруг неподвижной оси:

- **равномерное вращение**  $\varepsilon = 0; \omega = \text{const};$

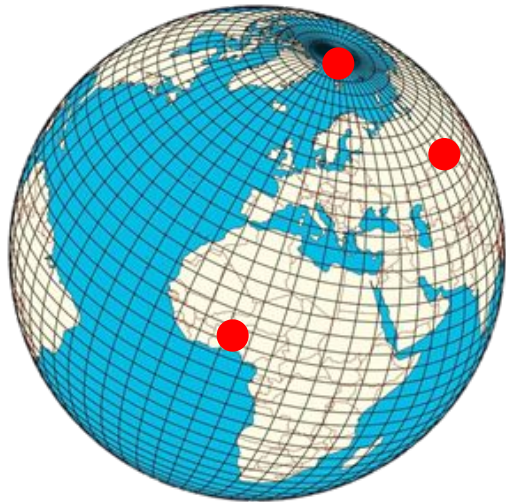
$$\varphi = \omega t;$$

- **равнопеременное вращение**  $\varepsilon = \text{const};$

$$\omega = \omega_0 \pm \varepsilon t$$

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

## Тест 2.



Сравнить нормальное ускорение точек на поверхности земного шара?

$$a_n = \omega^2 R$$

А. на экваторе

$$R = \max$$

1) наибольшее



Б. на широте  $60^\circ$

$$R = R \cos \phi$$

2) наименьшее



В. на полюсах

$$R = \min$$

3) среднее



# Соответствие линейных и угловых величин

Линейные	Угловые
$x, y, z$ - координаты	$\phi$ - угол поворота
$\vec{r}$ радиус-вектор	$\phi$ угол поворота
$\vec{v}$ скорость	$\omega$ угловая скорость
$\vec{a}$ -ускорение	$\varepsilon$ угловое ускорение

$$S = \phi R \quad v = R\omega \quad a_{\tau} = R\varepsilon \quad a_n = \omega^2 R$$

Тангенциальн	Нормальное	Движение
--------------	------------	----------

$$a_{\tau} = 0$$

$$a_n = 0$$

Прямолинейное  
равномерное движение

$$a_{\tau} = \text{const}$$

$$a_n = 0$$

Прямолинейное  
равнопеременное движение

$$a_{\tau} = f(t)$$

$$a_n = 0$$

Прямолинейное движение с  
переменным ускорением

$$a_{\tau} = 0$$

$$a_n = \text{const}$$

Равномерное движение по  
окружности

$$a_{\tau} = 0$$

$$a_n \neq 0$$

Равномерное  
криволинейное движение

$$a_{\tau} = \text{const}$$

$$a_n \neq 0$$

Криволинейное  
равнопеременное движение

$$a_{\tau} = f(t)$$

$$a_n \neq 0$$

Криволинейное движение с  
переменным ускорением

1.  $(a + b)^2 = a^2 + b^2$  **x**

8.  $10^{-10}/10^{-5} = 10^{-15}$ . **x**

2.  $\frac{1}{a+b} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$  **x**

3. Половина от  $10^{-10}$   
равна  $10^{-5}$ . **x**

9.  $\log AB = \log A \cdot \log B$ . **x**

4.  $4 : \frac{1}{2} = 2$ . **x**

10.  $\sin(A+B) = \sin A + \sin B$ . **x**

5.  $\sqrt{16ab} = 4ab$ . **x**

6.  $\frac{a}{b} + \frac{x}{y} = \frac{a+x}{b+y}$  **x**

7.  $\frac{1}{2}$  от  $10^{-8}$  равна  $5^{-8}$ . **x**

