

# ФИЗИКА

## Основная литература

Трофимова Т.И. Курс физики: Учебное пособие для вузов. -М: Высшая школа, 2002.- 542 с.

Суслопаров А.М., Василевский Л.С. Механика. Молекулярная физика. Термодинамика. Учебное пособие. Киров: ОАО «Дом печати – ВЯТКА», 2008. – 224 с.

Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике. М.: Издательство Физико-математической литературы, 2007. – 640 с.

## Дополнительная литература

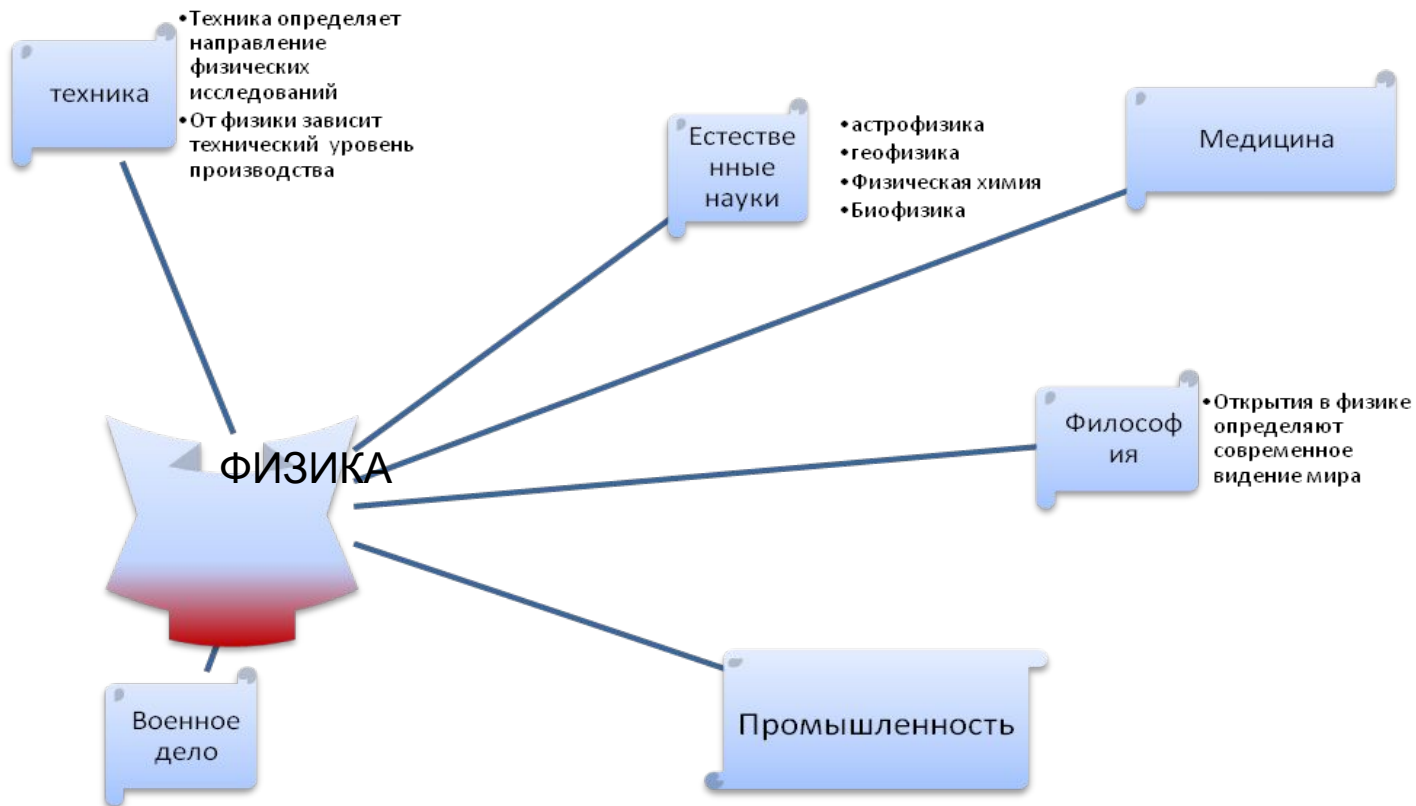
Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики: Учебное пособие для вузов. -М: Высшая школа, 2000.- 718 с.

Савельев И.В. Курс общей физики физики. Учебное пособие. В 3-х тт. □ СПб.: Издательство «Лань», 2006.

Волькенштейн В.С. Сборник задач по курсу физики.— СПб.: Книжный мир, 2003. – 328 с.

Яворский Б.М., Детлаф А.А., Лебедев А.К. Справочник по физике для инженеров и студентов вузов. – М.: ООО «Издательство Оникс», 2006. – 1056 с.

# Связь физики с различными сферами жизни



# **ФИЗИКА – это наука, изучающая общие свойства и законы движения материи (вещества и поля)**

Основным методом исследования в физике является **опыт (эксперимент)**. Это основанное на практике чувственно-эмпирическое познание объективной действительности, то есть наблюдение исследуемых явлений в точно учитываемых условиях, позволяющих следить за ходом явлений и многократно воспроизводить его при повторении этих условий.

- **ГИПОТЕЗА** – научное предположение, выдвигаемое для объяснения какого-либо явления и требующее проверки на опыте и теоретического обоснования, чтобы стать достоверной теорией.
- **ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАКОНЫ** – устойчивые, повторяющиеся физические закономерности, существующие в природе.
- **ИЗМЕРЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ** – действие, выполняемое с помощью средств измерений, для нахождения значений этих величин в принятых единицах (сравнение с одноименной физической величиной, принятой за эталон).

# Система Интернациональная (СИ)

- ❖ МЕТР (м)
- ❖ КИЛОГРАММ (кг)
- ❖ СЕКУНДА (с)
- ❖ АМПЕР (А)
- ❖ КЕЛЬВИН (К)
- ❖ МОЛЬ (моль)
- ❖ КАНДЕЛЛА (кд)
- ❖ РАДИАН (рад), СТЕРАДИАН (ср)-  
дополнительные единицы измерения

- МЕТР- единица длины, равная 1650763,73 длины волны в вакууме излучения, соответствующему переходу между уровнями  $2p_{10}$  и  $5d_5$  атома криптона Kr-86.
- КИЛОГРАММ-единица массы, равная массе международного прототипа килограмма (платино-иридиевого цилиндра, хранящегося в международном бюро мер и весов (Франция)).
- СЕКUNДА- единица времени, равная 9192631770 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия Cs-133.

- АМПЕР- единица силы тока, равная силе неизменяющегося тока, который, проходя по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и исчезающе малого кругового сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 м один от другого, вызвал бы между этими проводниками силу, равную  $2 \cdot 10^{-7}$  Н на каждый метр длины.
- КЕЛЬВИН- единица термодинамической температуры, равная  $1/273,16$  части термодинамической температуры тройной точки воды.
- МОЛЬ- единица количества вещества, равная такому его количеству, в котором содержится столько же структурных элементов, сколько атомов содержится в 0,012 кг изотопа углерода  $^{12}\text{C}$ .

- КАНДЕЛЛА- сила света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой  $540 \cdot 10^{12}$  Гц, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет  $1/683$  Вт/ср.

❖ Дополнительные единицы измерения

- РАДИАН –угол между двумя радиусами окружности, длина дуги между которыми равна радиусу окружности ( $1 \text{ рад} \approx 57,2957^\circ$ ).
- СТЕРАДИАН- телесный угол с вершиной в центре сферы, вырезающий на поверхности сферы площадь, равную площади квадрата со стороной равной радиусу сферы.



# Производные единицы измерения

Для установления производных единиц измерения используют физические законы, связывающие соответствующие физические величины с физическими величинами, измеряемыми в основных единицах.

$$v = s/t \quad [ \text{м/с} ]$$

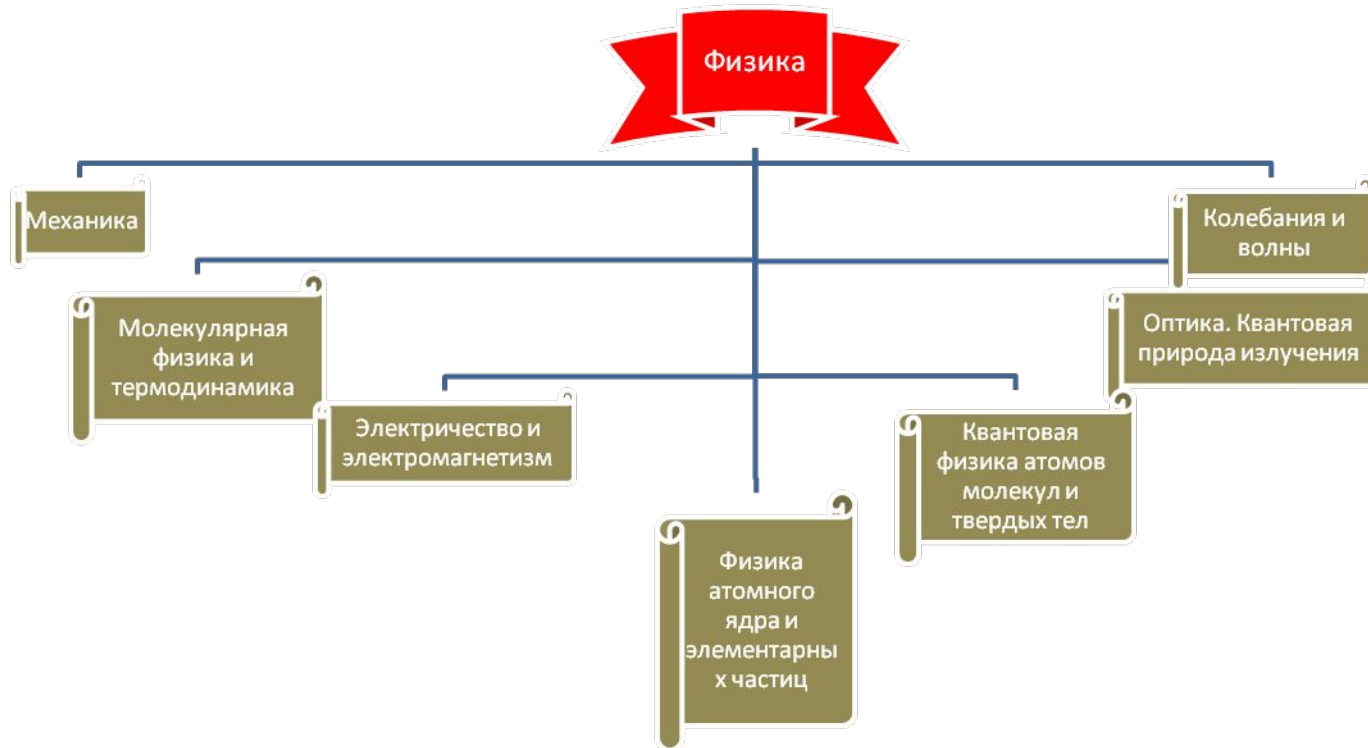
Размерность физической величины - её выражение в основных единицах измерения.

Например, размерность силы (через 2 закон Ньютона):  $F = ma$

$$\dim F = \text{MLT}^{-2}$$

$$\text{Н} = \text{кг} \cdot \text{м/с}^2$$

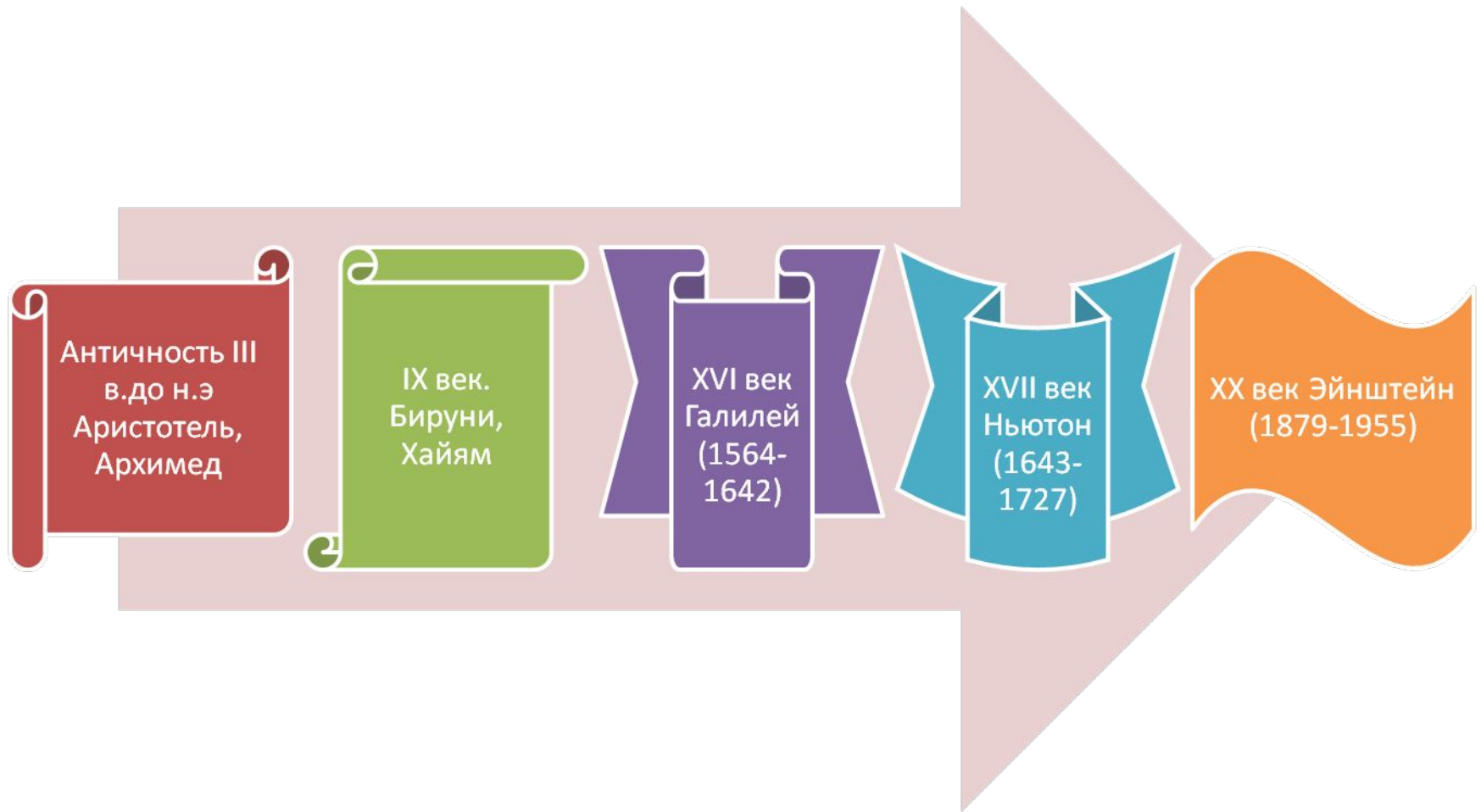
# РАЗДЕЛЫ ФИЗИКИ



**МЕХАНИКА** - раздел физики, в котором изучают закономерности механического движения и причины вызывающие или изменяющие это движение.

- **МЕХАНИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ** - изменение с течением времени взаимного расположения тел или их частей.

# История механики



# Разделы механики



- **Классическая механика** - (механика Галилея-Ньютона) изучает законы движения макроскопических тел, скорости которых малы по сравнению со скоростью света ( $c=3 \cdot 10^8$  м/с).
- **Релятивистская механика** - основана на специальной теории относительности (СТО), изучает законы движения макроскопических тел со скоростями сопоставимыми со скоростью света.
- **Квантовая механика** - служит для описания движения микроскопических тел (отдельных атомов и элементарных частиц), для которых не применимы законы классической механики.

- **Статика** - в данном разделе механики исследуются законы сложения сил и условия равновесия твердых, жидких и газообразных тел.
- **Кинематика** – в данном разделе механики приводится математическое описание механического движения тел безотносительно к тем причинам, которые вызывают тот или иной конкретный вид механического движения.
- **Динамика** - в данном разделе механики рассматривается влияние взаимодействия между телами на их механическое движение.

# КИНЕМАТИКА



# ФИЗИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

- Материальная точка - тело обладающее массой, размерами которого в данной задаче можно пренебречь.
- Макроскопическое тело (система тел) - тело (система тел), которое можно разбить на малые взаимодействующие между собой части, каждая из которых может рассматриваться как материальная точка.
- Абсолютно твёрдое тело - тело, которое ни при каких условиях не может деформироваться, и расстояния между любыми двумя точками этого тела всегда постоянны.

# ДВИЖЕНИЕ

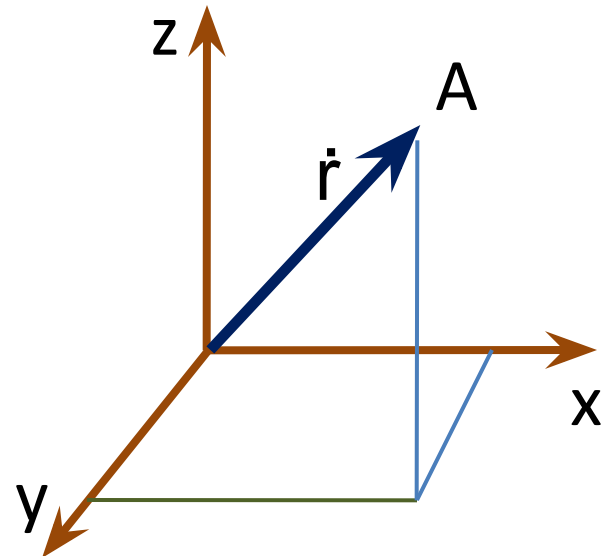
- Поступательное движение - движение, при котором любая прямая, жестко связанная с движущимся телом, остается параллельной своему первоначальному положению.
- Вращательное движение - движение, при котором все точки тела движутся по окружностям, центры которых лежат на одной оси.

# Кинематика поступательного ДВИЖЕНИЯ

# Кинематические уравнения материальной точки

- Положение материальной точки (тела) определяется по отношению к какому-либо другому, произвольно выбранному телу - телу отсчета. С ним связана система отсчета: совокупность системы координат и часов с телом отсчета.
- Число независимых координат однозначно определяющих положение в пространстве - число степеней свободы

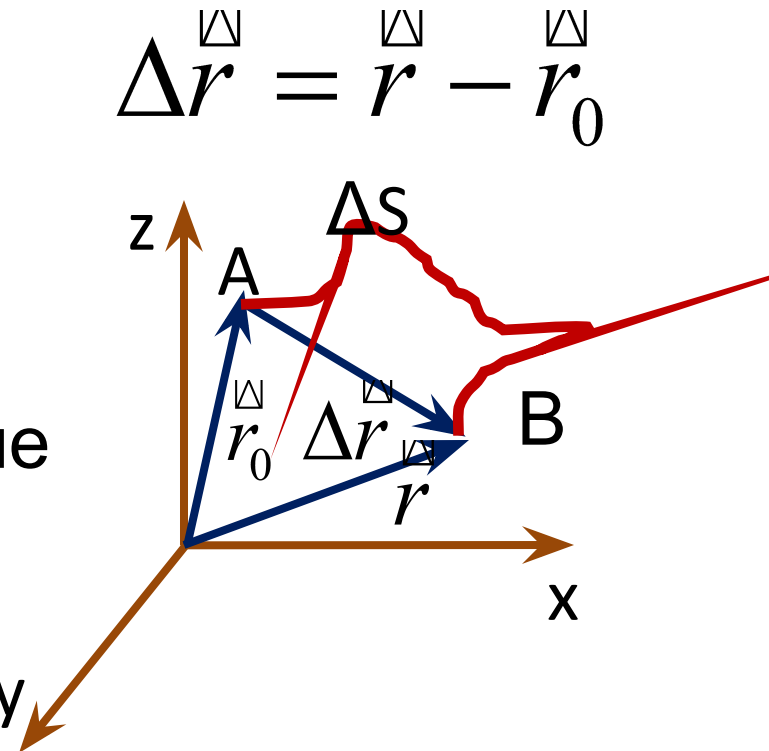
$$\vec{r} = \vec{r}(t) \cdot \begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \\ z = z(t) \end{cases}$$



# Траектория материальной

## ТОЧКИ

- Траектория материальной точки- линия, описываемая этой точкой в пространстве.
- Длина пути -  $\Delta S = \Delta S(t)$  - длина участ-ка траектории АВ, пройденного точкой с момента начала отсчета времени (величина скалярная).
- Перемещение -  $\Delta \vec{r}$  - приращение радиус-вектора точки за время  $\Delta t$
- При прямолинейном  $\vec{v}$  движении модуль перемещения равен пройденному пути  $|\Delta \vec{r}| = \Delta S$



$$\Delta \vec{r} = \vec{r} - \vec{r}_0$$

# Скорость

- Скорость - величина, которой определяется как быстрота движения, так и его направление в данный момент времени.

- Вектор средней скорости  $\langle \vec{v} \rangle$  - отношение приращения радиуса-вектора точки  $\Delta \vec{r}$  к промежутку времени  $\Delta t$ . Направление вектора средней скорости совпадает с направлением радиус вектора  $\Delta \vec{r}$   
$$\langle \vec{v} \rangle = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

При  $\Delta t \rightarrow 0$  средняя скорость стремится к предельному значению, называемому **мгновенной скоростью**

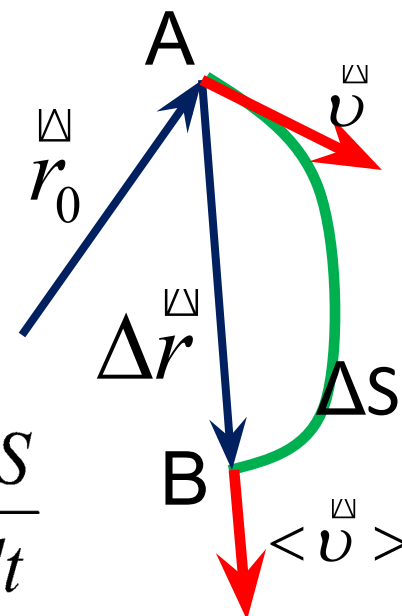
- Мгновенная скорость - векторная величина, равная первой производной радиус-вектора движущейся точки по времени. Направлена по касательной к траектории движения

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

По мере уменьшения  $\Delta t$  путь  $\Delta S$  будет приближаться к  $|\Delta \vec{r}|$ , то есть

$$v = |\vec{v}| = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta \vec{r}|}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{dS}{dt}$$

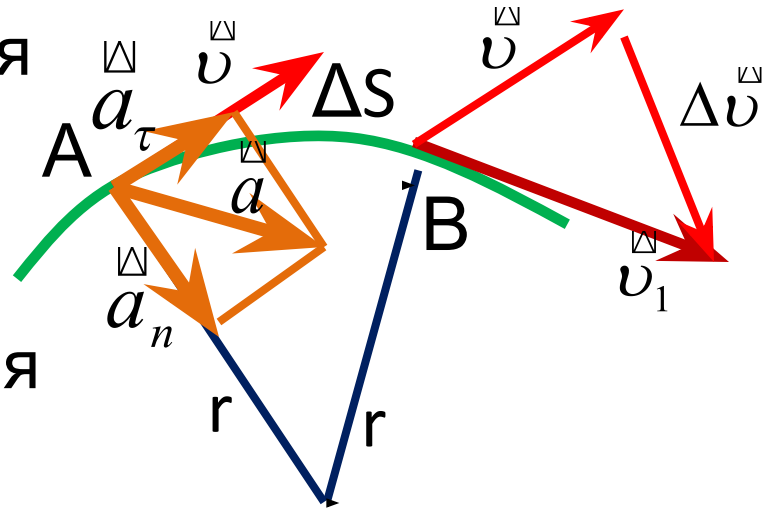
$$v = \frac{dS}{dt}$$



# Ускорение

- Ускорение- величина, характеризующая быстроту изменения скорости по модулю и направлению в случае неравномерного движения.
- Среднее ускорение - векторная величина, равная отношению изменения скорости  $\Delta \vec{v}$  к интервалу времени  $\Delta t$ , за которое произошло это изменение.

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



- $\vec{a}$  - полное ускорение
- $\vec{a}_\tau$  - тангенциальное ускорение
- $\vec{a}_n$  - нормальное ускорение



- Мгновенное ускорение - (ускорение материальной точки в момент времени  $t$ ), предел среднего ускорения при  $\Delta t \rightarrow 0$  (первая производная скорости по времени).  
$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \langle \vec{a} \rangle = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

- Тангенциальная составляющая ускорения - равна первой производной по времени от модуля скорости, определяя тем самым быстроту изменения скорости по модулю. Направлен вектор тангенциального ускорения по касательной к траектории движения.

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

- Нормальная составляющая ускорения – характеризует быстроту изменения скорости по направлению. Вектор нормального ускорения направлен по нормали к траектории к центру её кривизны.

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

- Полное ускорение тела- геометрическая сумма тангенциальной и нормальной составляющих

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

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

# Типы движения в зависимости от ускорения

1. Прямолинейное равномерное движение

$$\left. \begin{array}{l} a_{\tau} = 0 \\ a_n = 0 \end{array} \right\} a = 0$$

2. Прямолинейное равнопеременное движение

$$\left. \begin{array}{l} \boxtimes a_{\tau} = \boxtimes a = const \\ \boxtimes a_n = 0 \end{array} \right\}$$

$$a = a_{\tau} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_{\hat{e}} - v_0}{t_{\hat{e}} - t_0}$$

$$v = v_0 + at$$

$$S = \int_0^t v dt = \int_0^t (v_0 + at) dt = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

### 3. Прямолинейное движение с переменным ускорением

$$\left. \begin{array}{l} a_{\tau} = f(t) \\ a_n = 0 \end{array} \right\}$$

### 4. Равномерное движение по окружности

$$\left. \begin{array}{l} a_{\tau} = 0 \\ a_n = \text{const} \end{array} \right\}$$

(При  $a_{\tau} = 0$  скорость не изменяется по модулю, а изменяется по направлению)

$r$ -постоянный радиус кривизны.

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

## 5. Равномерное криволинейное движение

$$\left. \begin{array}{l} a_{\tau} = 0 \\ a_n \neq 0 \end{array} \right\}$$

## 6. Равнопеременное криволинейное движение

$$\left. \begin{array}{l} a_{\tau} = \text{const} \\ a_n \neq 0 \end{array} \right\}$$

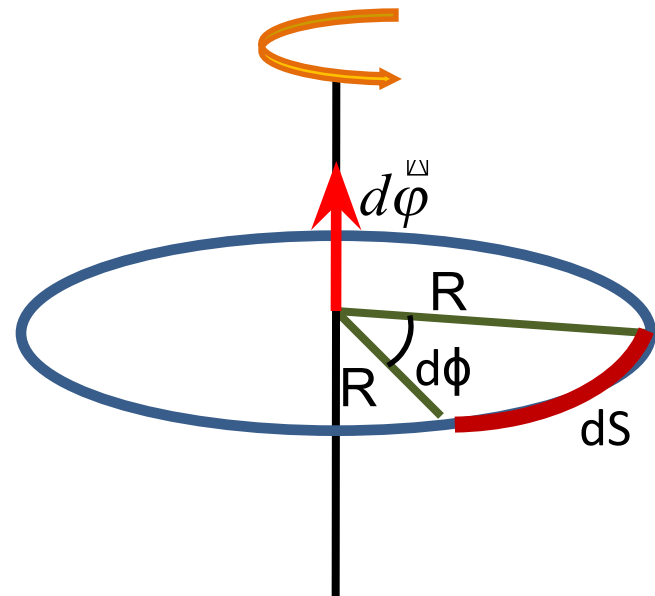
## 7. Криволинейное движение с переменным ускорением

$$\left. \begin{array}{l} a_{\tau} = f(t) \\ a_n \neq 0 \end{array} \right\}$$

# Кинематика вращательного движения

# Угол поворота

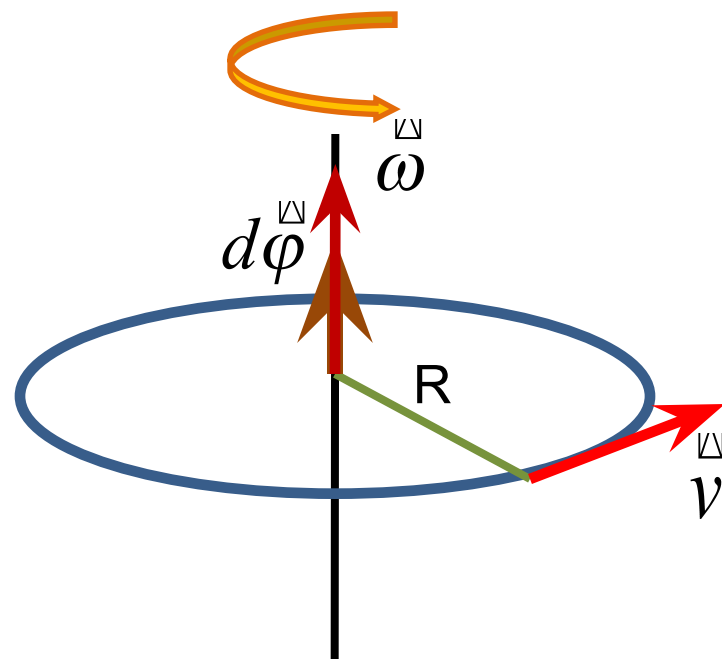
- Пусть некоторая точка движется вокруг своей оси по окружности радиусом  $R$ . Её положение через промежуток времени  $\Delta t$  зададим углом  $\Delta\phi$ . Элементарные (бесконечно малые) углы поворота  $d\overset{\curvearrowright}{\phi}$  рассматривают как векторы, модули которых равны углу поворота.



- Направление вектора  $d\overset{\curvearrowright}{\phi}$  определяется при помощи правила правого винта (буравчика).

# Угловая скорость

- Угловая скорость - векторная величина, равная первой производной от угла поворота по времени. Вектор  $\vec{\omega}$  направлен вдоль оси вращения по правилу правого винта.



$$\omega = \omega_0 + \varepsilon t \quad \varphi = \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2} \quad \vec{\omega} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{\varphi}}{\Delta t} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}$$



- Скорость поступательного движения можно выразить через угловую скорость

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta S}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|R\Delta\varphi|}{\Delta t} = R \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = R\omega$$

В векторном виде  $\vec{v} = [\vec{\omega} R]$

В скалярном виде  $v = \omega R$

Если  $\omega = \text{const}$ , вращательное движение можно охарактеризовать периодом

вращения  $T$

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

- Период вращения  $T$  - время, за которое совершается полный оборот (прохождение точкой угла  $2\pi$ )

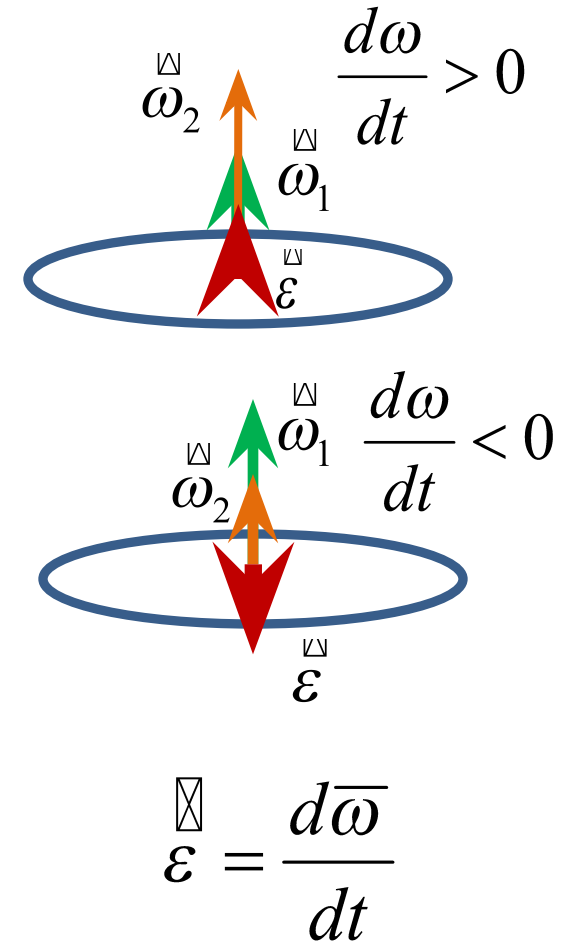
$$\left. \begin{array}{l} \Delta\varphi = 2\pi \\ \Delta t = T \end{array} \right\} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega}$$

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

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

# Угловое ускорение

- Угловое ускорение - векторная величина, равная первой производной угловой скорости по времени. При ускоренном движении  $\vec{\varepsilon}$  сонаправлен вектору  $\vec{\omega}$
- При замедленном движении  $\vec{\varepsilon}$  направлен в сторону противоположную  $\vec{\omega}$ .



# Связь между линейными и угловыми величинами

- Тангенциальная составляющая ускорения

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

- Нормальная составляющая ускорения

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

- Связь между линейными и угловыми величинами

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