

# Механика. Кинематика.

---

- I. Предмет физики. Роль физики в техническом вузе.
- II. Механика. Движение.
- III. Система отсчета.
- IV. Уравнение движения.
- V. Поступательное движение. Перемещение. Скорость. Ускорение.
- VI. Криволинейное движение.
- VII. Вращательное движение.
- VIII. Связь кинематических характеристик поступательного и вращательного движений.

# Физика.

---

- **Физика** – наука о наиболее общих свойствах и формах движения материи.
- Два вида материи: вещество и поле.
- **Вещество:**
  - 1. Элементарные частицы;
  - 2. Атомы, молекулы, ионы.
  - 3. Физические тела.
- **Физические поля** – электромагнитные, гравитационные.

# Физика.

---

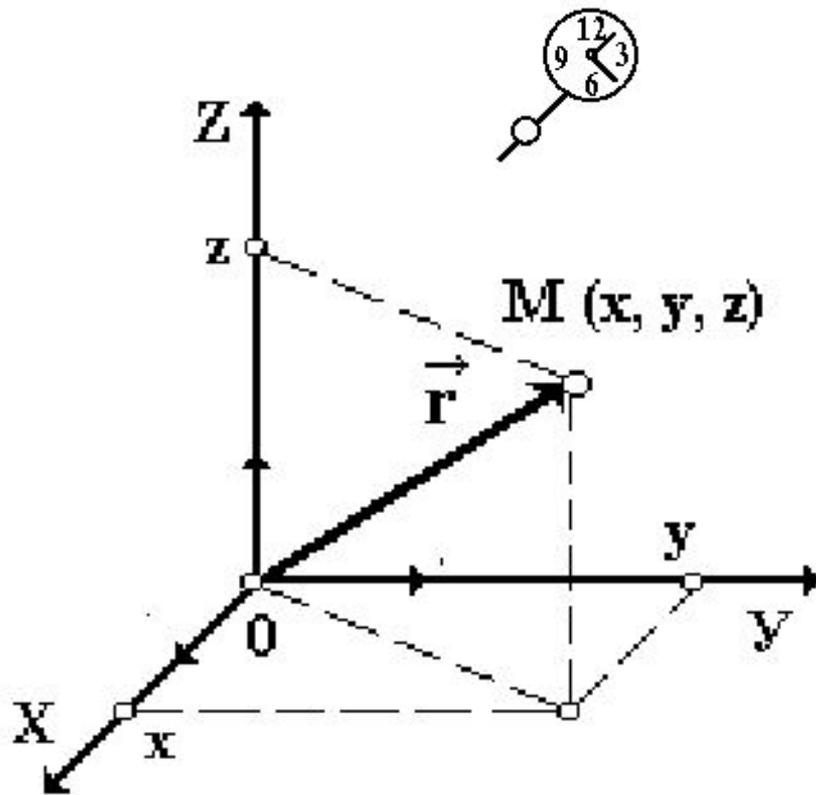
- **Физические законы** устанавливаются на основе обобщения опытных данных и выражают общие закономерности, существующие в природе.
- Общие этапы:
  - 1. Опыт;
  - 2. Гипотеза;
  - 3. Физическая теория – система основных идей, обобщающая опытные данные и отражающая общие закономерности природы.

# Механика

---

- **Механикой** называют раздел физики, посвященный изучению закономерностей простейших форм движения материи – механического движения.
- **Механическое движение** состоит в изменении с течением времени взаимного расположения тел или частей тел в пространстве.
- Простейшая **модель тела** – **материальная точка** (можно пренебречь размерами).
- **Физическое тело** – система материальных точек.
- **Модель** физического тела – **абсолютно твердое тело**.

# Система отсчета.



- Система отсчета:
- 1. точка отсчета 0;
- 2. связанная с ней система координат;
- 3. хронометр (часы).
- Положение ( $\cdot$ ) M можно задать:
- 1. координатами  $x, y, z$ .
- 2. радиус – вектором  $\vec{r}$ , проведенным из ( $\cdot$ ) 0 в ( $\cdot$ ) M.

# Уравнение движения

---

- Радиус – вектор можно найти

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

- При движении ( $\cdot$ ) М её координаты  $x, y, z$  и  $\vec{r}$
- изменяются с течением времени.

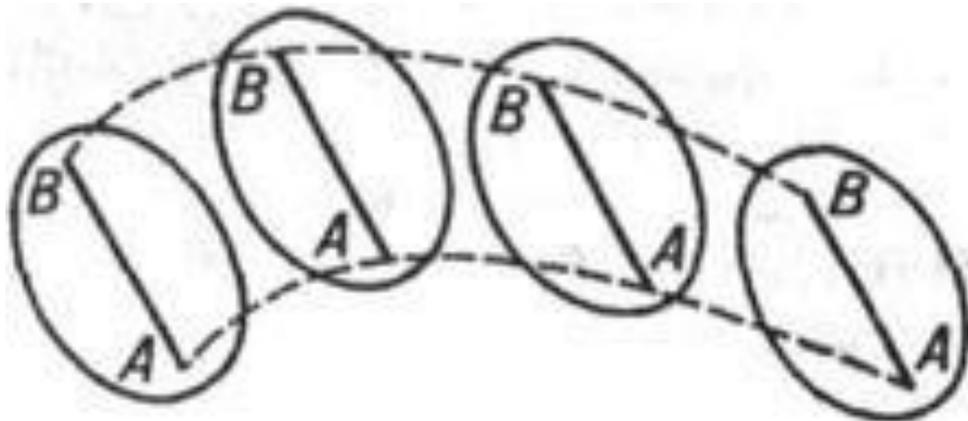
- Движение материальной точки задается кинематическими уравнениями движения

- $x = x(t), \quad y = y(t), \quad z = z(t)$

- ИЛИ  $\vec{r} = \vec{r}(t)$

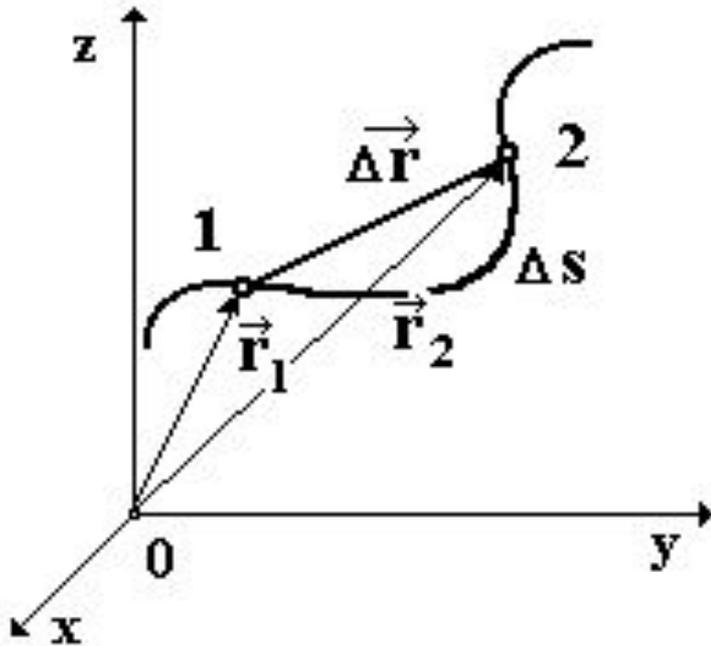
# Поступательное движение

---



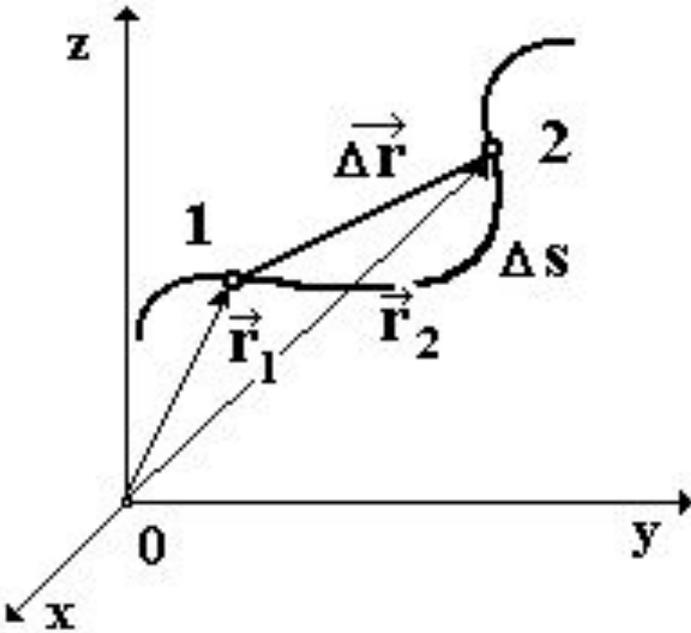
- *Поступательным* называют движение тела, при котором прямая, соединяющая две произвольные его точки, перемещается, оставаясь параллельной своему первоначальному направлению.

# Траектория. Длина пути.



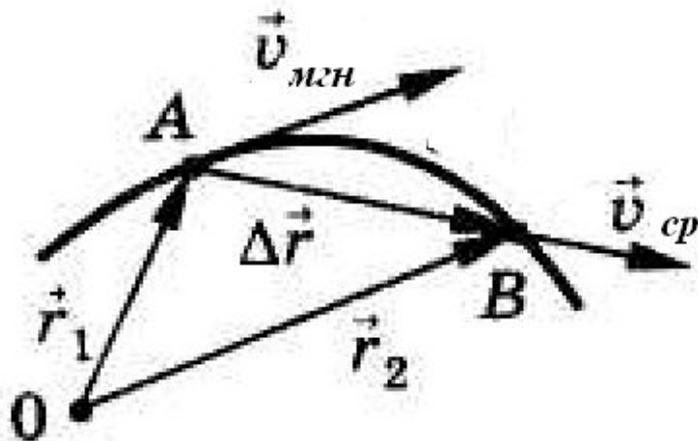
- *Траектория* – линия, вдоль которой движется тело.
- В зависимости от формы траектории различают движения *прямолинейные и криволинейные*.
- *Длина пути* ( $\Delta S$ ) - скалярная величина, равная длине участка траектории, пройденного материальной точкой за рассматриваемый промежуток времени.

# Перемещение



- Вектор  $\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1$ , проведенный из начального положения движущейся точки в положение её в данный момент времени (приращение радиус – вектора точки за рассматриваемый промежуток времени) называется **перемещением**.
- В системе единиц СИ  $[\Delta \mathbf{r}] = [\text{м}]$
- В случае прямолинейного движения путь равен перемещению.

# Средняя скорость

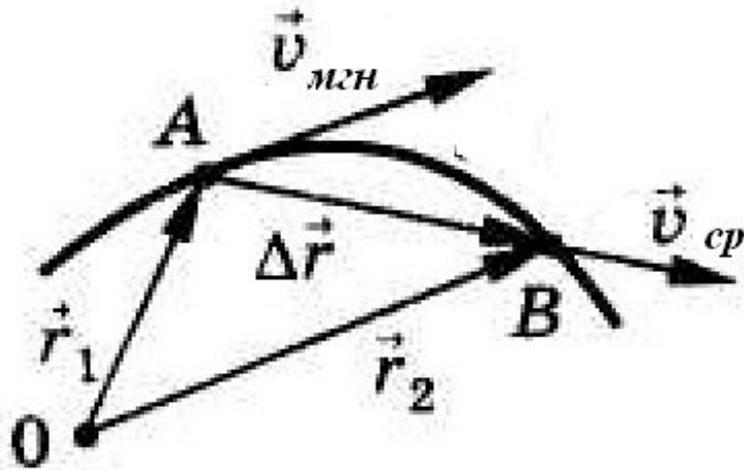


- **Скорость** – векторная величина, характеризующая быстроту изменения положения материальной точки в пространстве с течением времени.
- **Средней линейной скоростью** называется векторная величина, равная отношению перемещения к промежутку времени, за которое это перемещение произошло.

$$\vec{v}_{\text{ср}} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} \quad [\vec{v}] = [\text{м/с}]$$

- Направление средней скорости совпадает с направлением радиус – вектора.

# Мгновенная скорость



- *Мгновенной линейной скоростью* называется предел отношения перемещения к промежутку времени, за который это перемещение произошло, при стремлении к нулю промежутка времени

$$v_{\text{МГН}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{dr}{dt}$$

- Мгновенная скорость направлена по касательной к траектории.

# Ускорение

---

- **Ускорение** – векторная величина, характеризующая быстроту изменения скорости по величине и направлению.
- В системе единиц СИ  $[ a ] = [ \text{м/с}^2 ]$
- **Средним линейным ускорением** называется физическая величина, равная отношению изменения скорости к промежутку времени, за которое это изменение произошло.

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

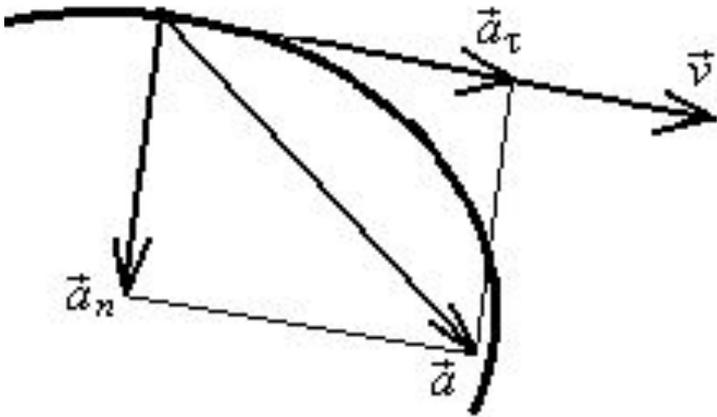
# Мгновенное ускорение

---

- ▣ *Мгновенным линейным ускорением* называется физическая величина, равная пределу отношения изменения скорости к промежутку времени, за который это изменение произошло, при стремлении промежутка времени к нулю

$$a_{\text{МГН}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2 r}{dt^2}$$

# Криволинейное движение



- В случае криволинейного движения вектор ускорения можно разложить на две составляющие:
- $a_n$  – нормальное ускорение, направленное по радиусу к центру траектории (окружности);
- $a_\tau$  – тангенциальное ускорение, направленное по касательной к траектории.

# Центростремительное ускорение

---

- *Вектор центростремительного (нормального) ускорения* характеризует изменение скорости по направлению

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

- где  $R$  – радиус кривизны траектории в данной точке.
- При равномерном движении тела по окружности оно обладает центростремительным ускорением.

# Тангенциальное ускорение

---

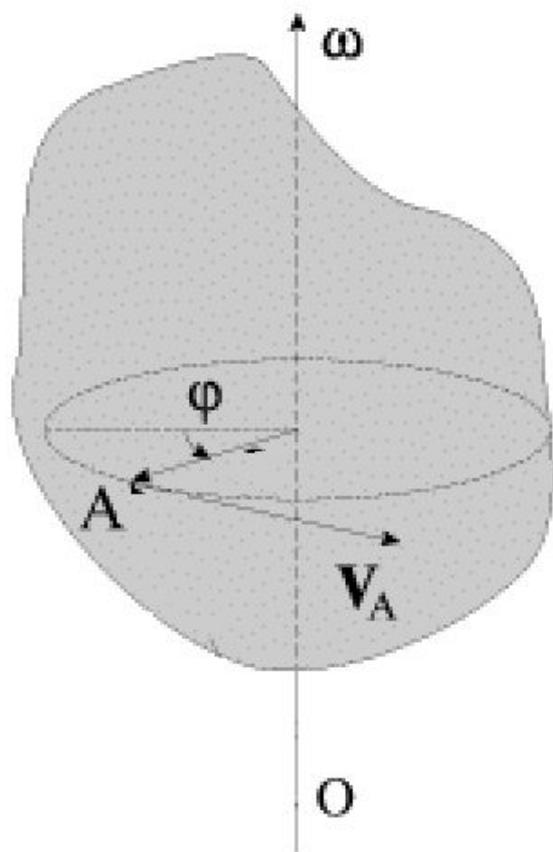
- **Вектор тангенциального ускорения** характеризует изменение скорости по величине, направлен по касательной к траектории в данной точке:

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

- **Вектор полного ускорения** характеризует изменение скорости по величине и направлению, направлен внутрь кривизны траектории, его модуль:

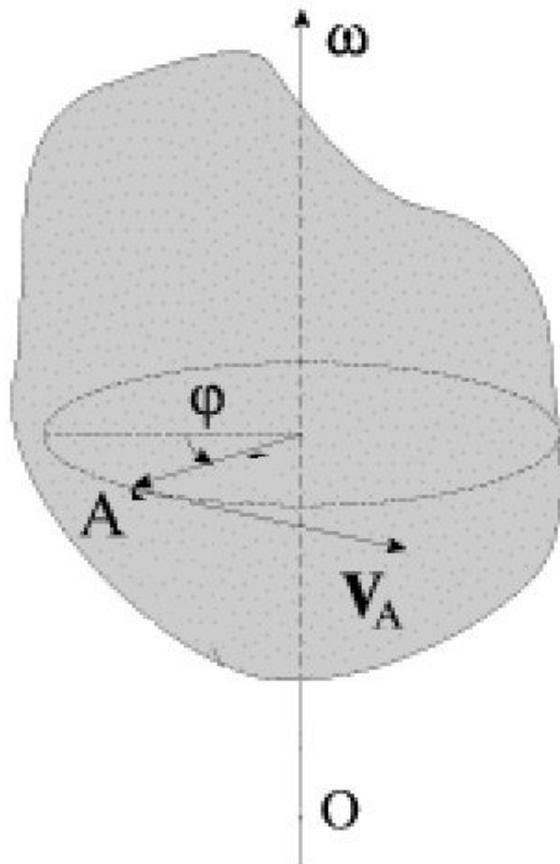
$$a = \sqrt{a_n^2 + a_{\tau}^2}$$

# Вращательное движение. Угловое перемещение



- **Вращательным** называется движение, при котором все точки тела движутся по окружностям, центры которых лежат на одной прямой, называемой осью вращения.
- **Угловое перемещение** - поворот тела на некоторый угол  $\phi$
- $[\phi]$  - [рад.]
- 3,14 радиан равны  $180^\circ$

# Угловая скорость



▣ *Угловой скоростью  $\omega$*  называется угол поворота материальной точки в единицу времени.

▣ Средняя угловая скорость

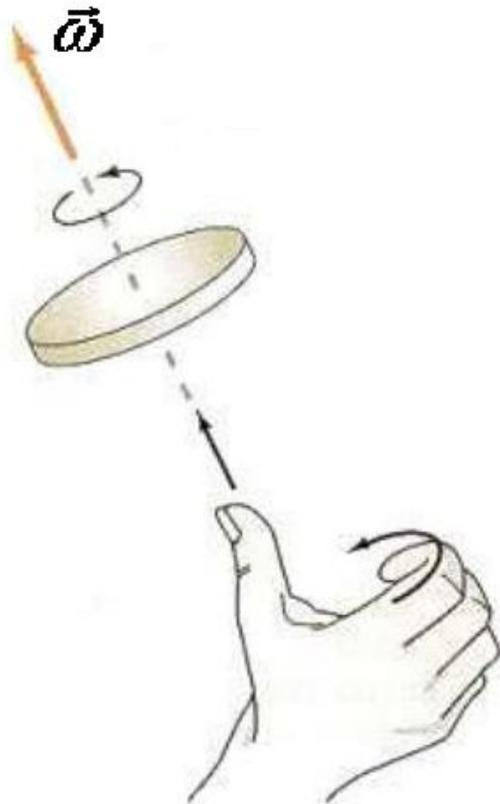
▣  $\omega_{\text{сред}} = \Delta\varphi / \Delta t$

▣  $[\omega] = [\text{рад/с}]$

▣ Мгновенная угловая скорость

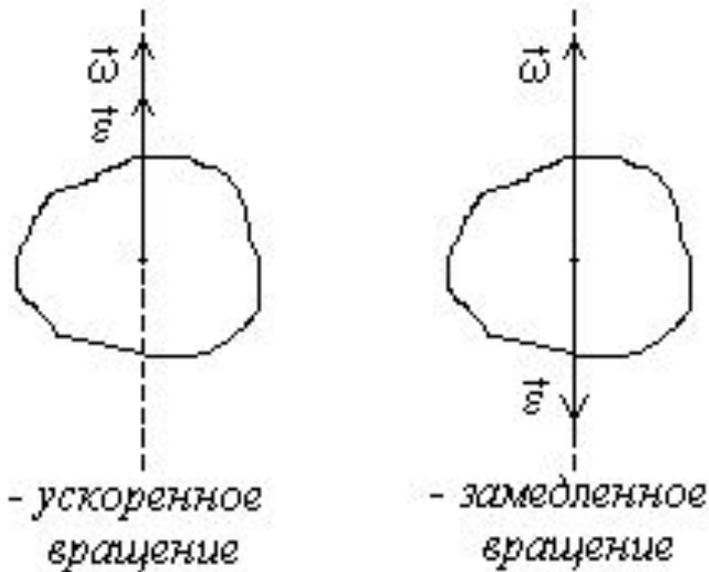
$$\omega = \frac{d\varphi}{dt}.$$

# Угловая скорость



- ▣ *Угловая скорость  $\omega$*  всегда направлена вдоль оси вращения.
- ▣ Направление *угловой скорости  $\omega$*  определяется по правилу правой руки (или правило правого винта, правило Буравчика, правило Максвелла, правило мясорубки): четыре согнутых пальца показывают направление движения тела, большой палец под углом  $90^\circ$  показывает направление угловой скорости.

# Угловое ускорение



- Изменение угловой скорости характеризуется угловым ускорением  $\varepsilon$
- *Мгновенное угловое ускорение*
$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}$$
$$[\varepsilon] = [\text{рад/с}^2]$$
- Угловое ускорение направлено вдоль оси вращения
- В случае равноускоренного движения направления  $\varepsilon$  и  $\omega$  совпадают, равнозамедленного – противоположны.



# Связь кинематических характеристик поступательного и вращательного движений

---

- $d S = R d\varphi$

- $v = R \omega$

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

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

# Сходство и различие линейных и угловых характеристик движения

Поступательное движение		Вращательное движение	
Путь	$S$	Угол поворота	$\varphi$
Скорость	$v = \frac{dS}{dt}$	Угловая скорость	$\omega = \frac{d\varphi}{dt}$
Ускорение	$a = \frac{dv}{dt}$	Угловое ускорение	$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}$
	$v = v_0 \pm at$ $S = v_0 t \pm \frac{at^2}{2}$ $S = \int_0^t v dt$		$\omega = \omega_0 \pm \varepsilon t$ $\varphi = \omega_0 t \pm \frac{\varepsilon t^2}{2}$ $\varphi = \int_0^t \omega dt$