

***ВоГТУ***

*Лекция 1*

# **Введение. Кинематика**

***Кузина Л.А.,  
к.ф.-м.н.,  
доцент***

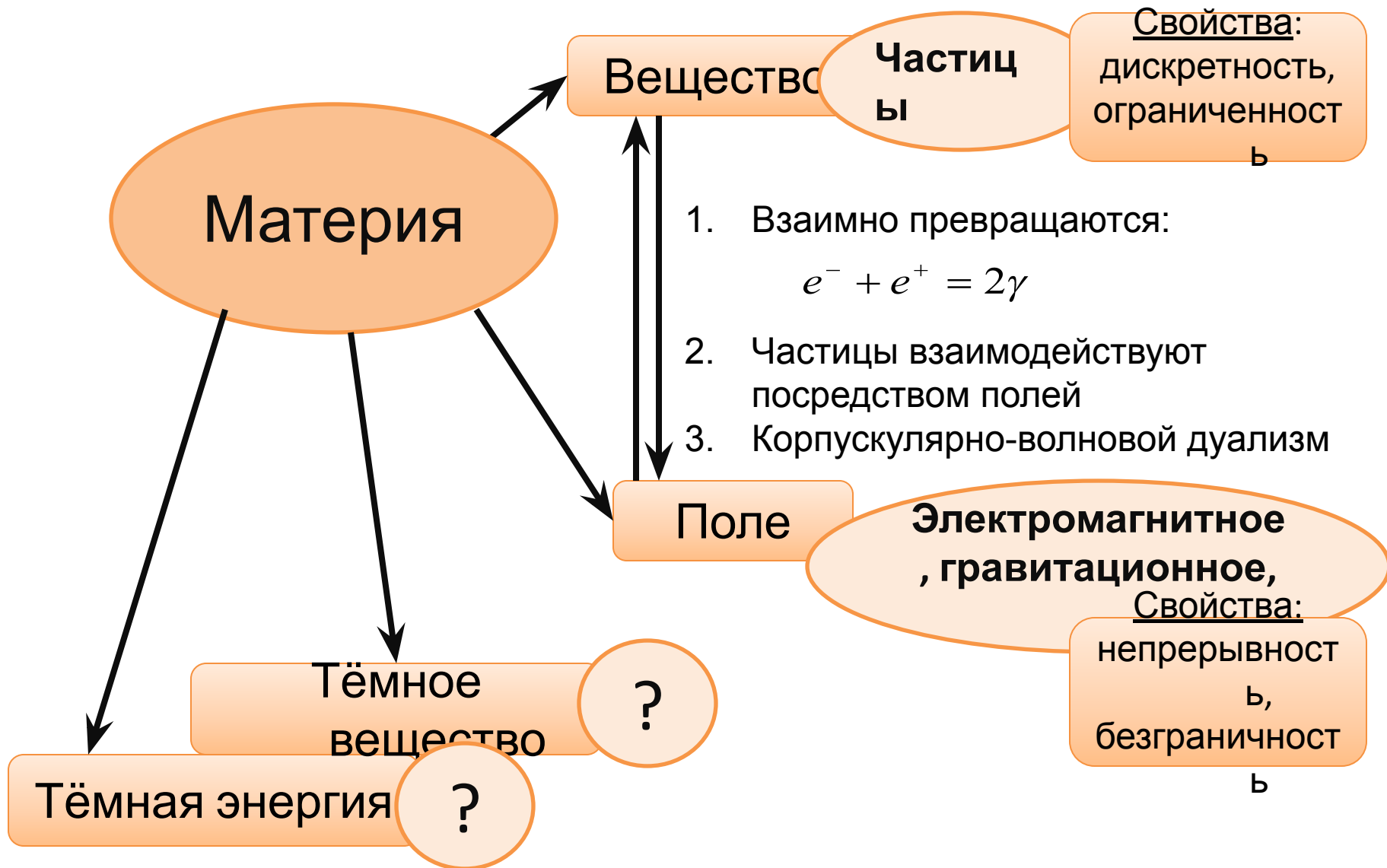
**2015 г.**

# Содержание

## Введение

- 1. Предмет физики**
- 2. Материя**
- 3. Виды движения**
- 4. Методы научного познания**
- 5. Модели**

Физика изучает наиболее общие свойства и формы движения материи



# Движение – любое изменение

## Виды движения

Механическое  
перемещение

Молекулярно-  
тепловое движение

Электромагнитные  
явления

Волновые явления

Внутриатомные  
процессы

Внутриядерные  
явления

## Разделы физики

Механика

Молекулярная  
физика

Термодинамика

Электромагнетизм

Оптика

Квантовая механика

Ядерная физика

Физика твёрдого  
тела



# Методы научного познания

**1. Наблюдение**

*Наблюдение явления в естественных условиях*

**2. Эксперимент**

*Воспроизведение явления в контролируемых условиях*

**3. Научное мышление**

*Обобщение результатов эксперимента; выработка гипотезы*

**4. Гипотеза**

*Объясняет явление; нуждается в экспериментальной проверке*

**5. Экспериментальная проверка**

*Выдержавшая экспериментальную проверку гипотеза превращается в научную теорию*

**6. Теория**

*Научные законы, объясняющие ряд фактов с единой точки зрения*

# Модель

## Модель – упрощение

Пренебрегаем несущественными свойствами объекта (явления); оставляем самые важные

### Примеры

**Материальная точка**

Тело, размерами которого можно пренебречь в данных условиях

**Абсолютно твёрдое тело**

Тело, деформациями которого можно пренебречь в данных условиях

**Упругая деформация**

Такая деформация, что после снятия нагрузки можно пренебречь остаточной деформацией

# ***Механика***

**Изучает простейшую форму движения –  
механическое перемещение тел**

## ***Кинематика***

**Даёт математическое  
описание движения без  
исследования причин  
механического  
перемещения**

## ***Динамика***

**Исследует  
взаимодействие тел и его  
влияние на механическое  
движение**

# ***Кинематика***

## **Основные понятия**

***Траектория***

**Линия, описываемая материальной точкой в процессе движения**

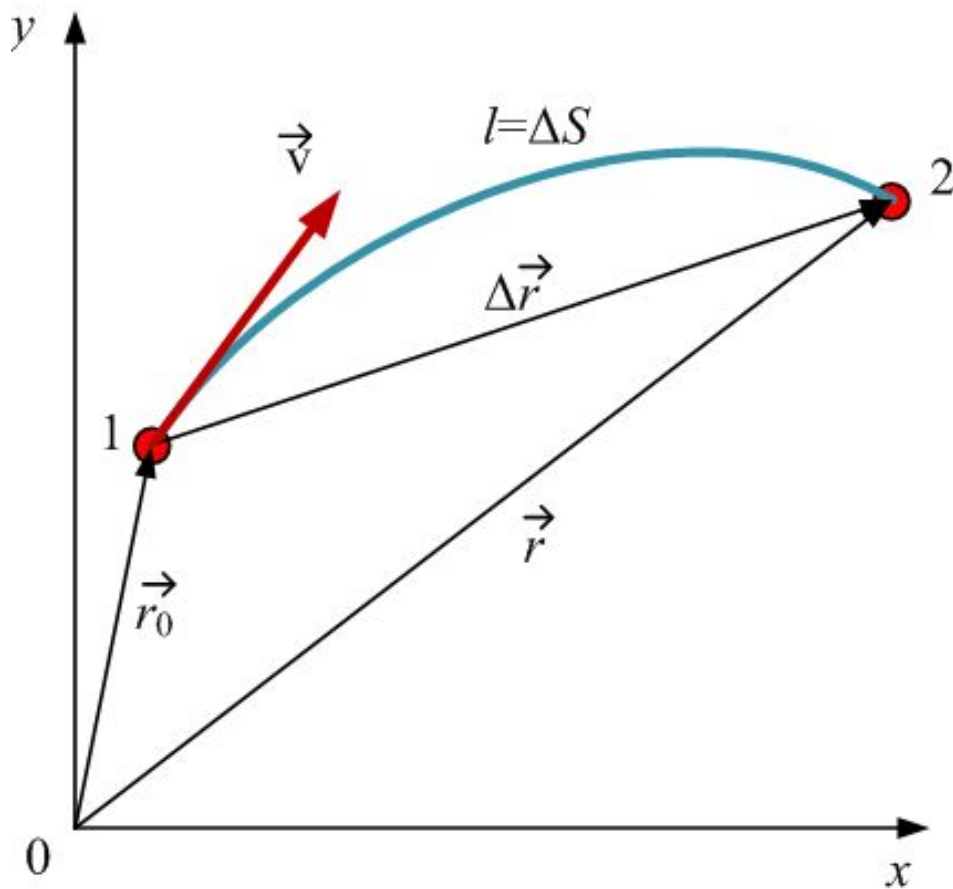
***Путь* ( $\Delta S, \Delta l$ )**

**Длина траектории**

***Перемещение***  
**( $\vec{\Delta S}; \vec{\Delta r}$ )**

**Вектор, соединяющий начальную и конечную точку**



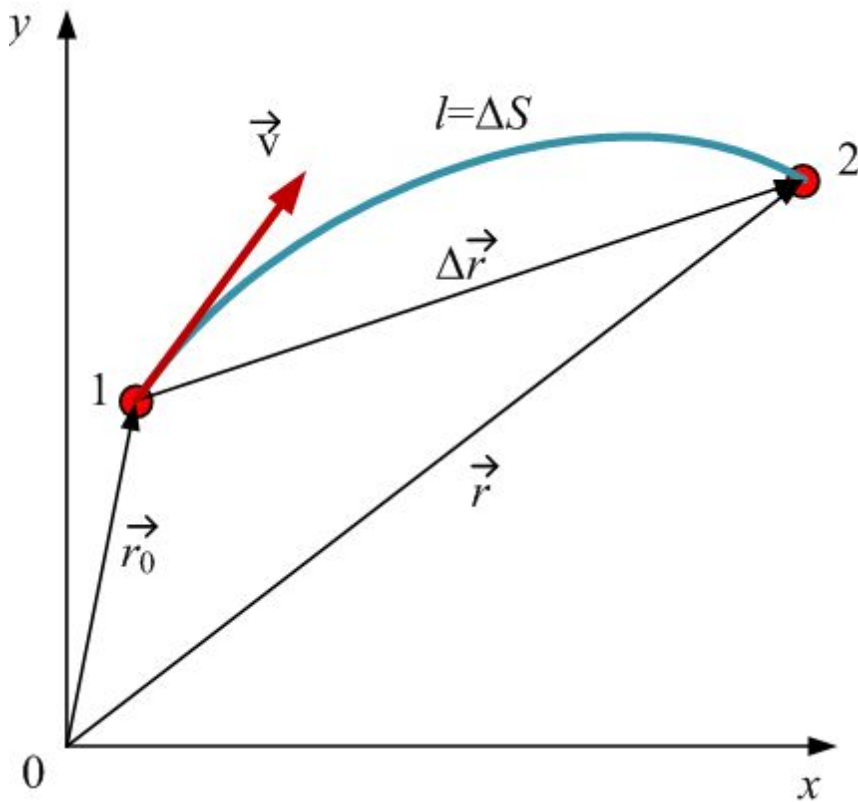


$$\vec{v}_{cp.} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$$

$$v_{cp.} = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

$$[v] = \frac{\mathcal{M}}{c}$$

*Физический смысл скорости:*  
**средняя скорость численно равна  
 перемещению (пути) за единицу времени**

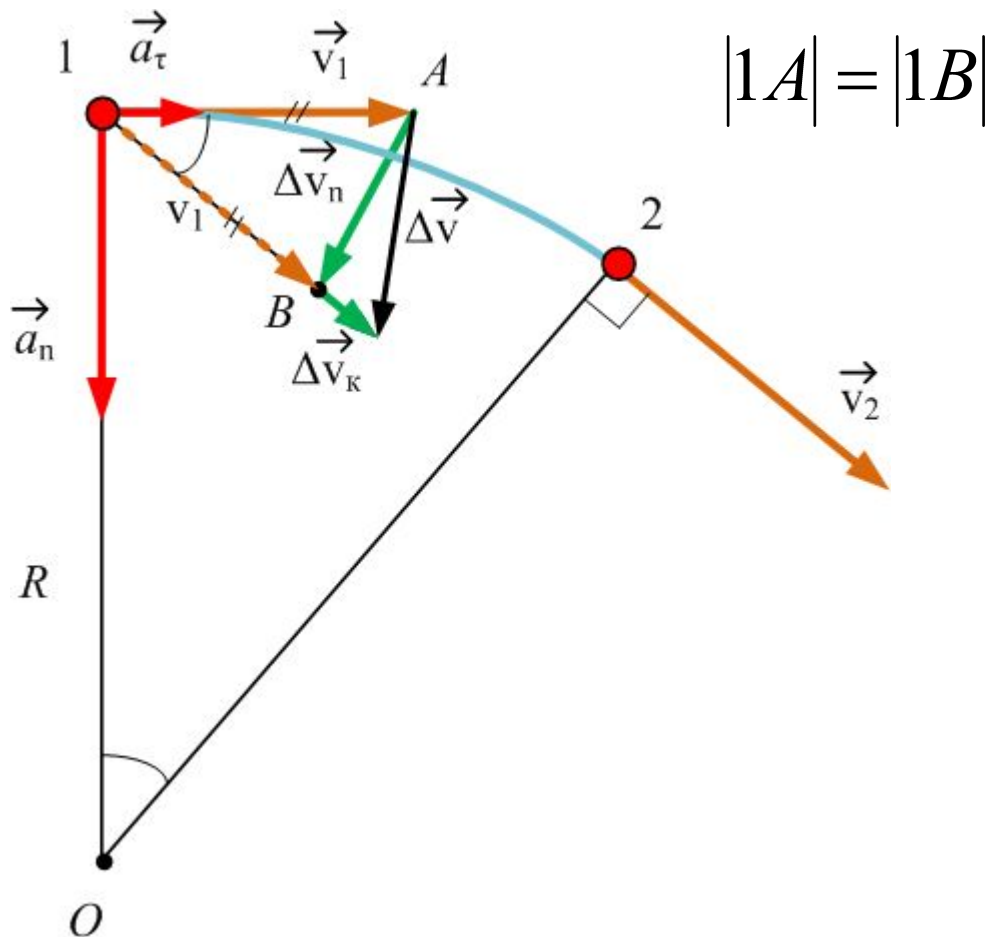


$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

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

$$\Delta t \rightarrow 0 \implies |\Delta \vec{r}| \rightarrow \Delta S$$

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

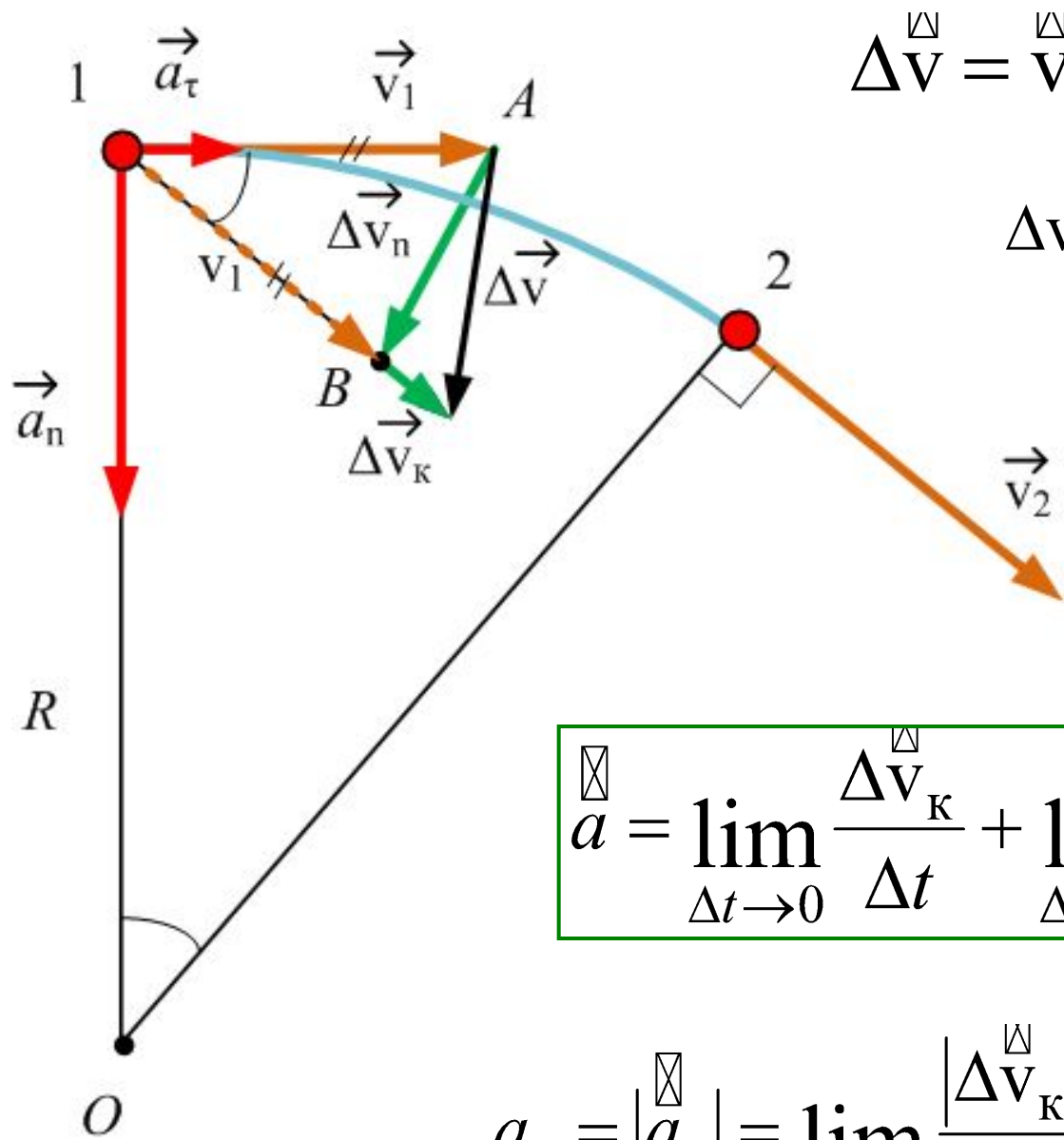


$$\vec{a}_{cp.} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{\Delta t}$$

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

$$[a] = \frac{m}{c^2}$$

Физический смысл ускорения:  
**ускорение численно равно изменению скорости за единицу времени**



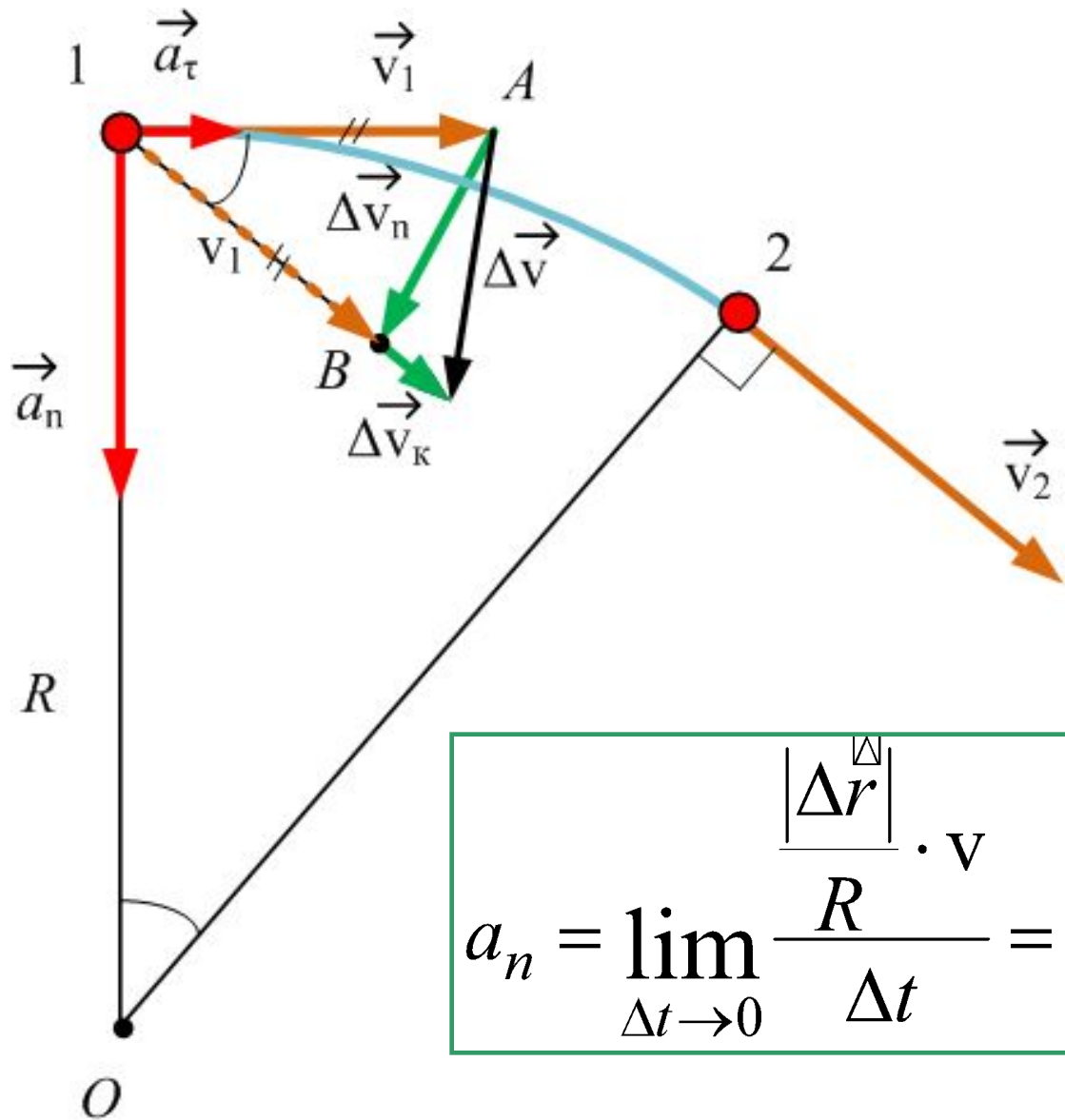
$$\Delta \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1 = \Delta \vec{v}_K + \Delta \vec{v}_n$$

$$\Delta v_K = |\Delta \vec{v}_K| = v_2 - v_1 = \Delta v$$

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

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}_K}{\Delta t} + \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}_n}{\Delta t} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$$

$$a_\tau = |\vec{a}_\tau| = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta \vec{v}_K|}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}$$



$$\frac{|\Delta r|}{R} = \frac{|\Delta v_n|}{v}$$

$$a_n = |\vec{a}_n| = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta v_n|}{\Delta t}$$

$$a_n = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta r|}{\Delta t} \cdot v = \frac{v}{R} \cdot \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta r|}{\Delta t} = \frac{v^2}{R}$$

$$\vec{a}_\tau = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}_K}{\Delta t}$$

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

**Тангенциальное** (касательное)  
ускорение  
характеризует **быстроту**  
**изменения скорости по**  
**величине**;  
численно равно производной  
величины скорости

$$\vec{a}_n = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}_n}{\Delta t}$$

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

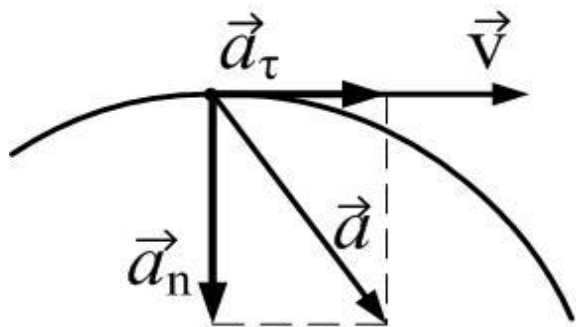
**Нормальное**  
(центростремительное)  
ускорение характеризует  
**быстроту изменения скорости**  
**по направлению**

При  $\Delta t \rightarrow 0$   $\Delta \vec{v}_\kappa \perp \Delta \vec{v}_n \implies \vec{a}_\tau \perp \vec{a}_n$

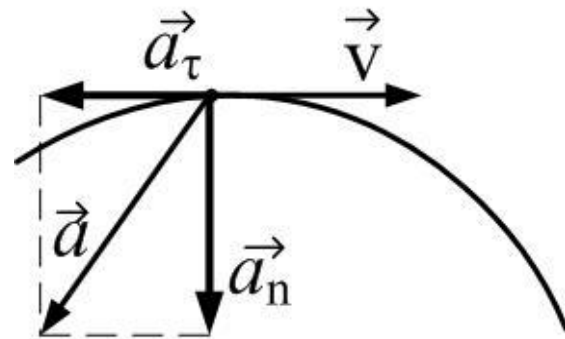
$$\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$$

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

Полное ускорение всегда направлено внутрь криволинейной траектории



при ускорении



при торможении

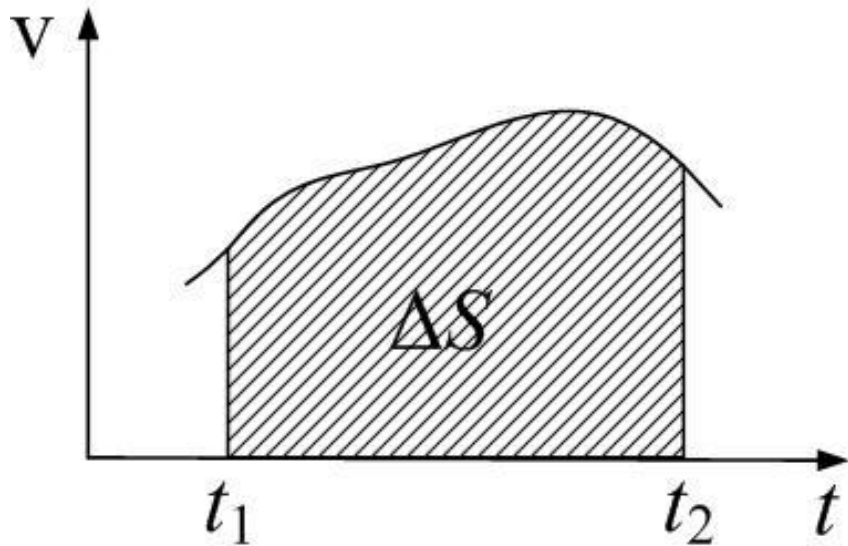
# Прямолинейное движение

## Графическое представление пути

$$v = \frac{dS}{dt} \implies \Delta S = \int_{t_1}^{t_2} v \cdot dt$$

Путь –  
площадь под графиком

$$v = f(t)$$



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

⇓  
 $t$

$$v = v_0 + \int_0^t a \cdot dt$$



# Произвольное криволинейное движение

$$\begin{cases} \vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} \\ \vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} \end{cases}$$

$\Rightarrow$

$$\begin{cases} \vec{v} = \vec{v}_0 + \int_0^t \vec{a}(t) \cdot dt \\ \vec{r} = \vec{r}_0 + \int_0^t \vec{v}(t) \cdot dt \end{cases}$$

# Равнопеременное движение

$$\vec{a} = \text{const}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{v} = \vec{v}_0 + \int_0^t \vec{a} dt \\ \vec{r} = \vec{r}_0 + \int_0^t \vec{v}(t) \cdot dt \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a} \cdot t \\ \vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 \cdot t + \frac{\vec{a} \cdot t^2}{2} \end{array} \right.$$

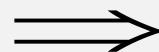
$$\left\{ \begin{array}{l} v_x = v_{0x} + a_x \cdot t \\ x = x_0 + v_{0x} \cdot t + \frac{a_x \cdot t^2}{2} \end{array} \right.$$

В проекциях на ось OX

*Равнопеременное криволинейное с  
постоянным тангенциальным ускорением*

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

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



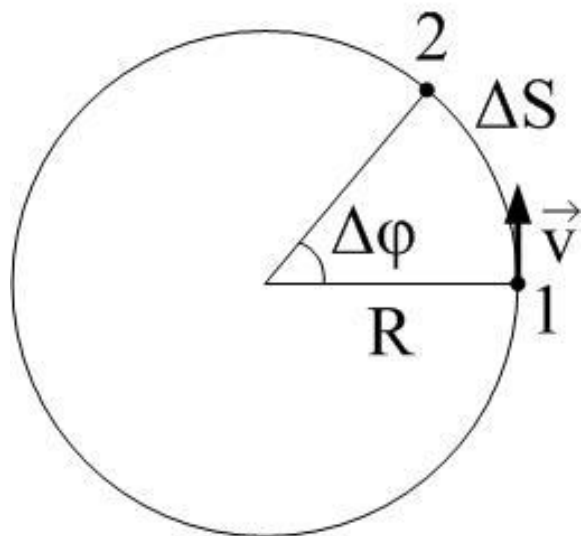
$$v = v_0 + a_{\tau} \cdot t$$
$$\Delta S = v_0 \cdot t + \frac{a_{\tau} \cdot t^2}{2}$$

$$\Delta S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a_{\tau}}$$

$$\Delta S = \frac{v + v_0}{2} t$$

$$\Delta S = v \cdot t - \frac{a_{\tau} \cdot t^2}{2}$$

# Кинематика вращательного движения



$$\Delta S = R \cdot \Delta\varphi$$

$$dS = R \cdot d\varphi$$

$$= \frac{dS}{dt} = R \cdot \frac{d\varphi}{dt}$$

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

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

$$v = R \cdot \omega$$

# Кинематика вращательного движения

Угловая скорость  $\vec{\omega}$  и угловое перемещение  $\Delta\vec{\varphi}$  - вектора. Они направлены по оси вращения по правилу буравчика

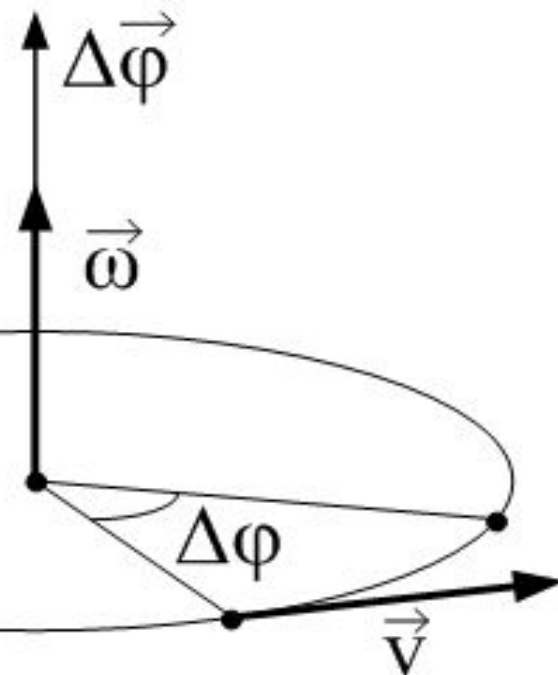
$$\vec{\omega} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\vec{\varphi}}{\Delta t} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}$$

При равномерном вращении  $\omega = const \implies v = R \cdot \omega = const$

$$a_{\tau} = \frac{dv}{dt} = 0$$

Полное ускорение равно центростремительному (нормальному):

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



# Кинематика вращательного движения

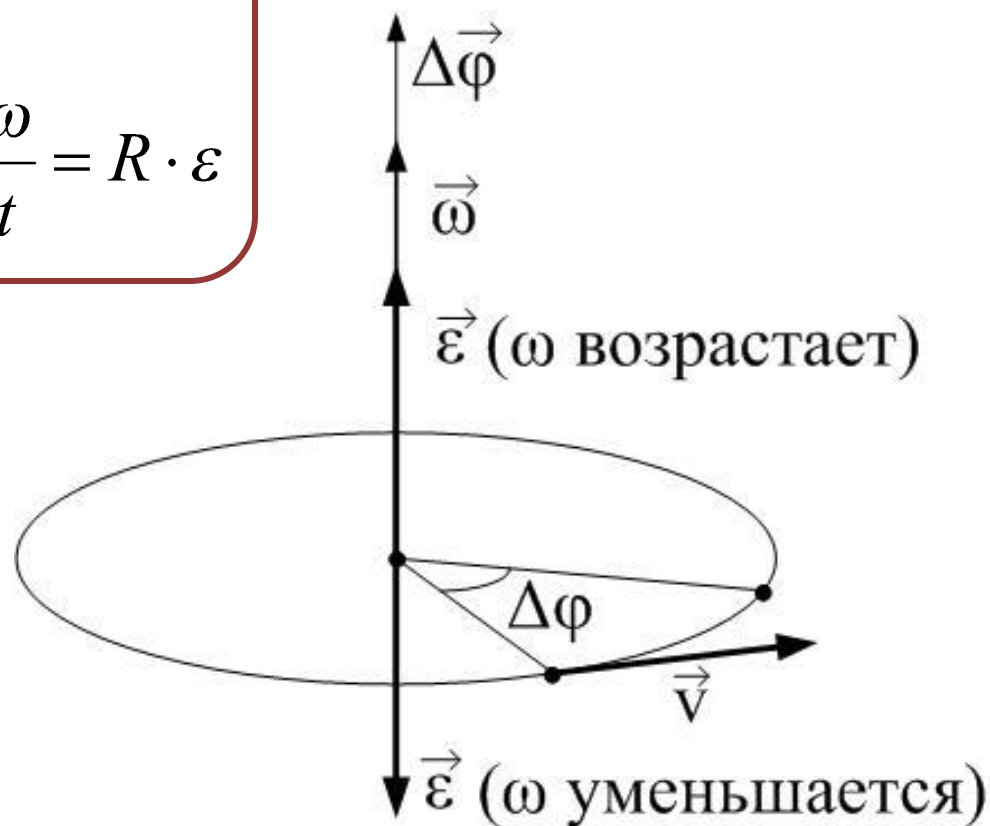
При неравномерном вращении

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

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

Угловое ускорение  $\varepsilon$  показывает быстроту изменения угловой скорости

$$[\varepsilon] = \frac{\text{рад}}{\text{с}^2} = \text{с}^{-2}$$



Величина	Поступательное движение	Вращательное движение	Связь между величинами
Путь	$S$	$\varphi$	$S = R \cdot \varphi$
Скорость	$v = \frac{dS}{dt}$	$\omega = \frac{d\varphi}{dt}$	$v = R \cdot \omega$
Ускорение	$a_{\tau} = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2 S}{dt^2}$	$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2 \varphi}{dt^2}$	$a_{\tau} = R\varepsilon$

### Равномерное движение

$v = \text{const}$	$\omega = \text{const}$
$S = v \cdot t$	$\varphi = \omega \cdot t$

### Равнопеременное движение

$a_{\tau} = \text{const}$	$\varepsilon = \text{const}$
$v = v_0 + a_{\tau} \cdot t$	$\omega = \omega_0 + \varepsilon \cdot t$
$S = v_0 \cdot t + \frac{a_{\tau} \cdot t^2}{2}$	$\varphi = \omega_0 \cdot t + \frac{\varepsilon \cdot t^2}{2}$
$S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a_{\tau}}$	$\varphi = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\varepsilon}$
$S = \frac{v + v_0}{2} t$	$\varphi = \frac{\omega + \omega_0}{2} t$

Равномерное движение	
$v = \text{const}$	$\omega = \text{const}$
$S = v \cdot t$	$\varphi = \omega \cdot t$
Равнопеременное движение	
$a_{\tau} = \text{const}$	$\varepsilon = \text{const}$
$v = v_0 + a_{\tau} \cdot t$	$\omega = \omega_0 + \varepsilon \cdot t$
$S = v_0 \cdot t + \frac{a_{\tau} \cdot t^2}{2}$	$\varphi = \omega_0 \cdot t + \frac{\varepsilon \cdot t^2}{2}$
$S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a_{\tau}}$	$\varphi = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\varepsilon}$
$S = \frac{v + v_0}{2} t$	$\varphi = \frac{\omega + \omega_0}{2} t$
Произвольное движение	
$S = \int_0^t v(t) \cdot dt$	$\varphi = \int_0^t \omega(t) \cdot dt$
$v = v_0 + \int_0^t a_{\tau} \cdot dt$	$\omega = \omega_0 + \int_0^t \varepsilon(t) \cdot dt.$