

Полезная информация

Сайт кафедры физики

<http://www.physics.vstu.edu.ru>

Папка «Для студентов ИСФ» внизу

- Методички для лаб. работ

- Задачи РГЗ и примеры решения

- Презентации по каждой лекции

- Тексты лекций

- Инструкции для тестирования

Сайт ДО

<http://do.vstu.edu.ru/>

Лучше через Mozilla Firefox

ВоГТУ

Лекция 1

Введение. Кинематика

***Кузина Л.А.,
к.ф.-м.н.,
доцент***

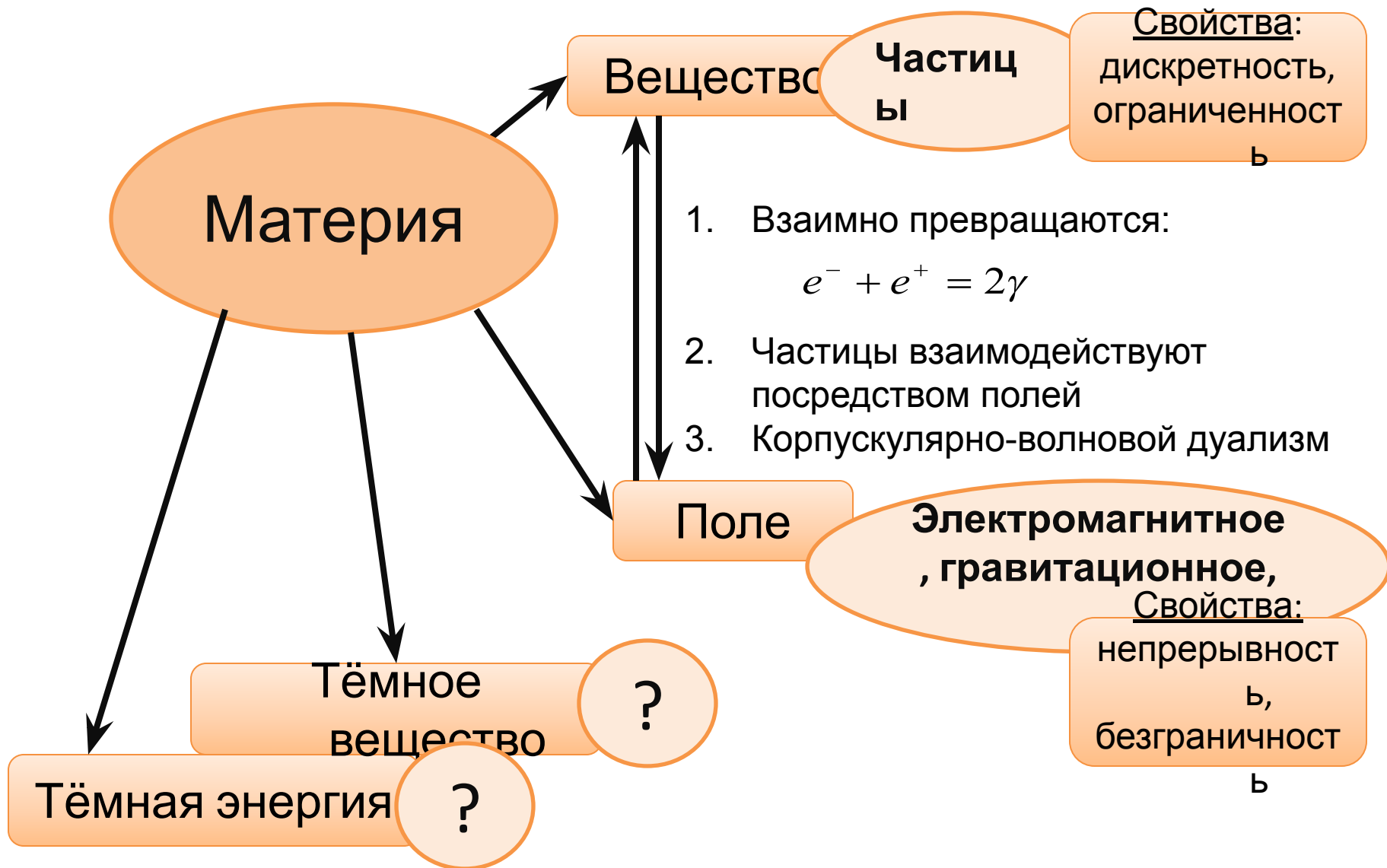
2015 г.

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

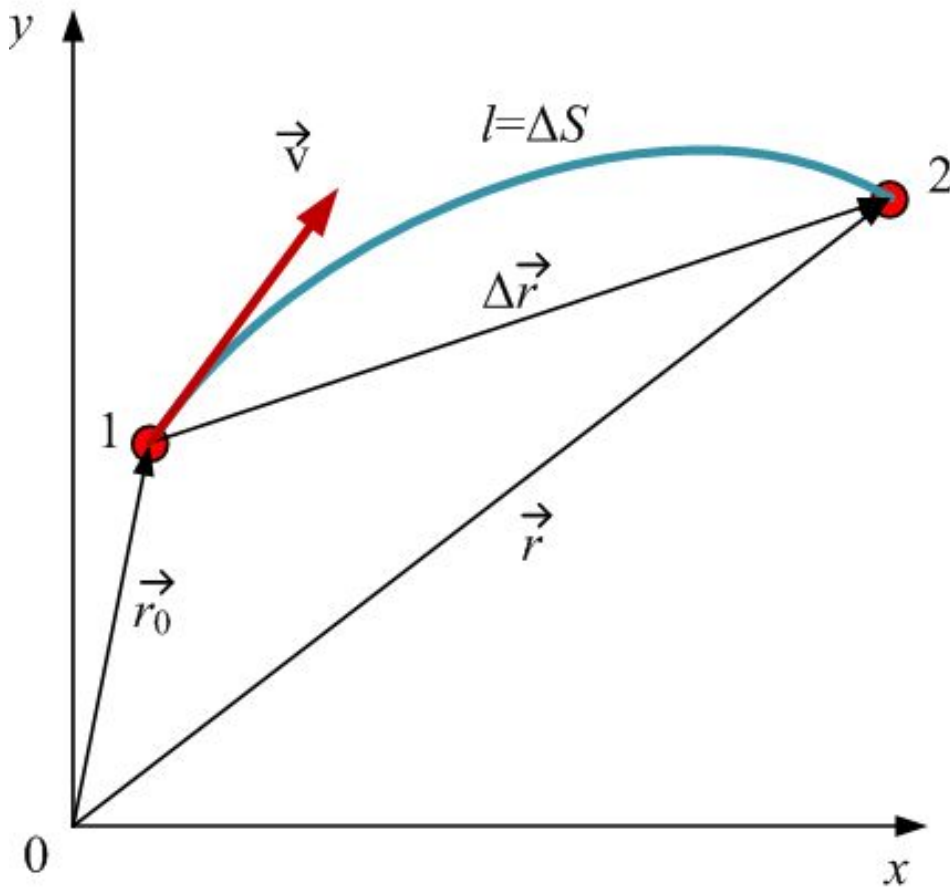
Линия, описываемая материальной точкой в процессе движения

***Путь* ($\Delta S, \Delta l$)**

Длина траектории

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

Вектор, соединяющий начальную и конечную точку

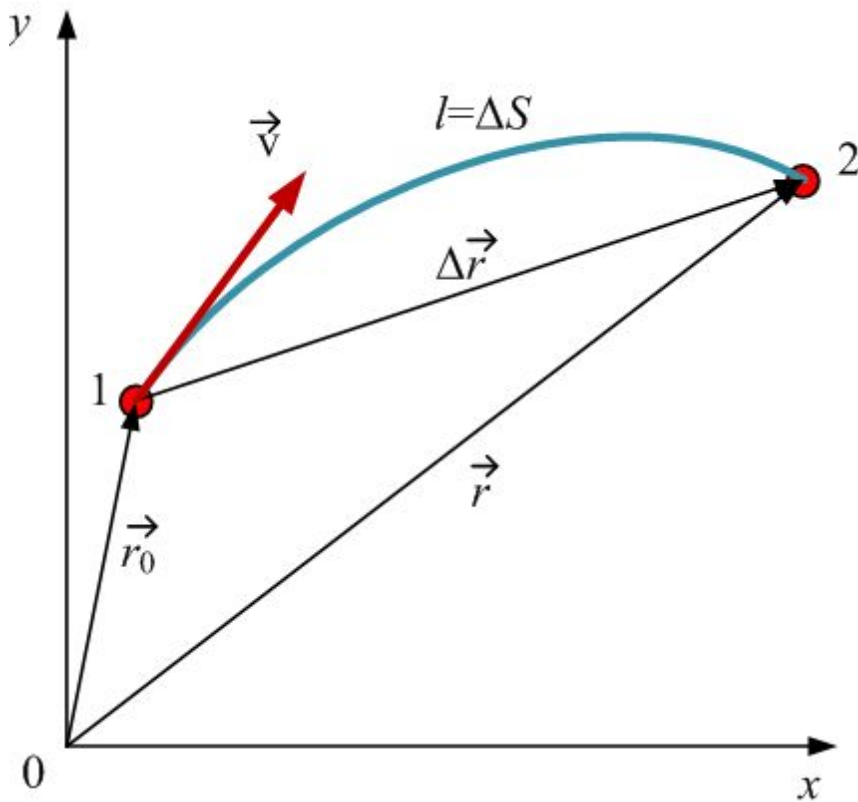


$$\vec{v}_{cp.} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

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

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

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

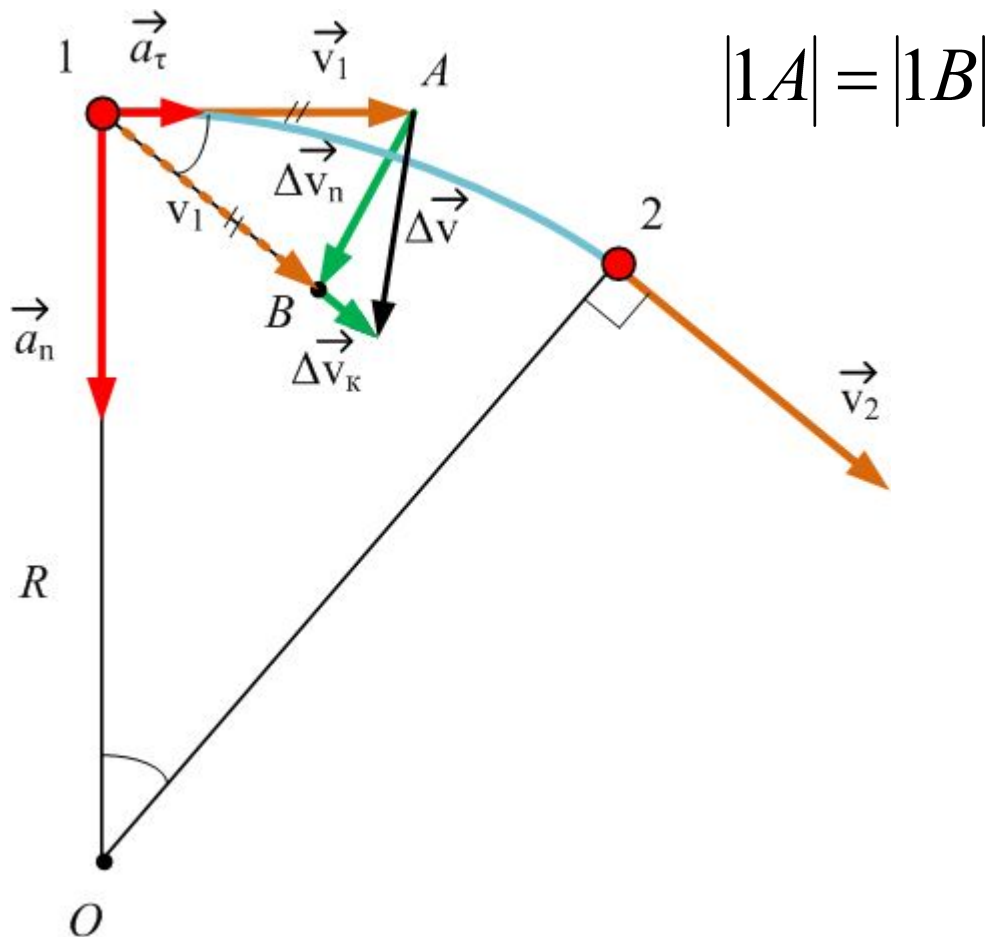


$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

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

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

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

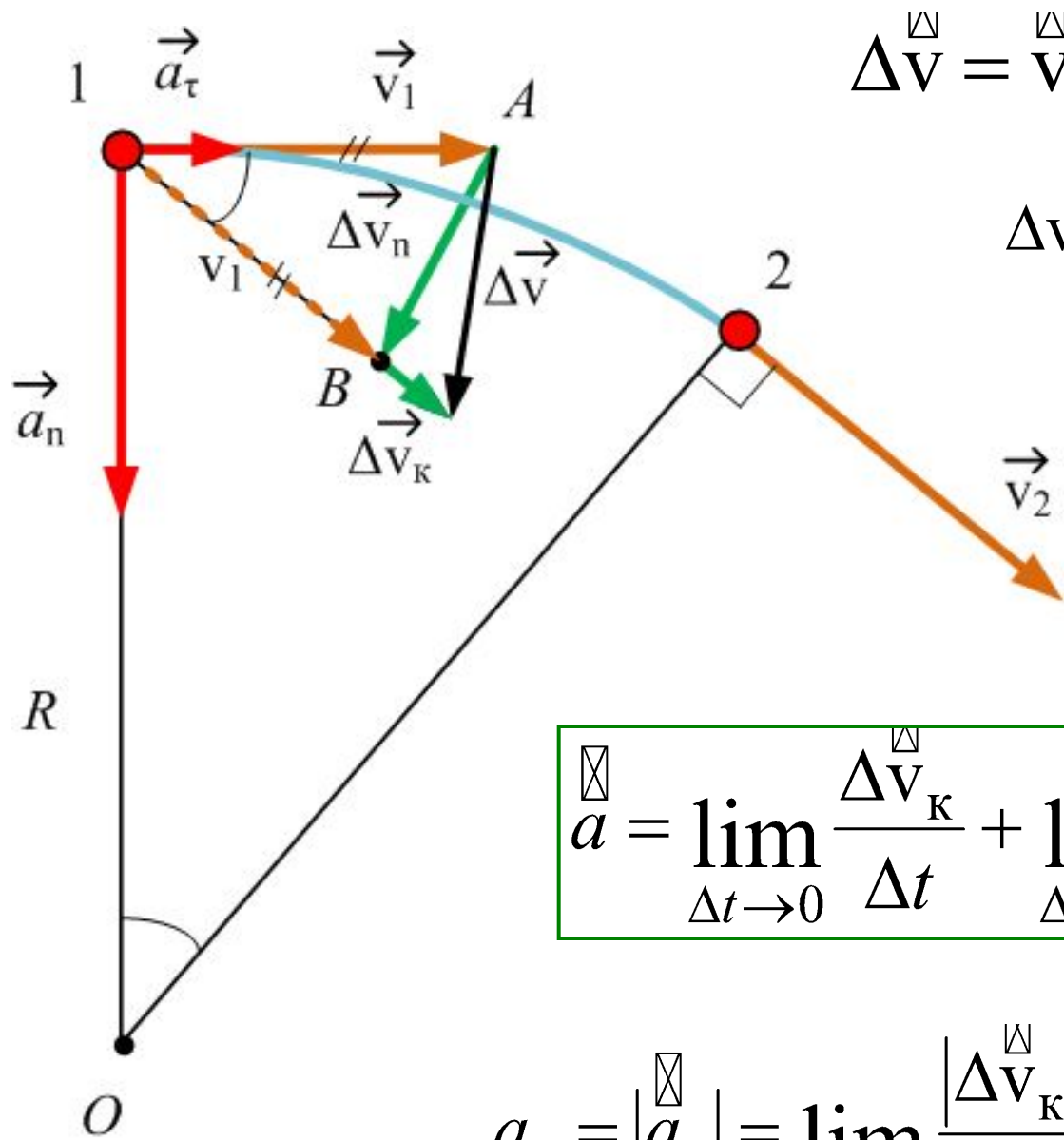


$$\overline{a}_{cp.} = \frac{\Delta \overline{v}}{\Delta t} = \frac{\overline{v}_2 - \overline{v}_1}{\Delta t}$$

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

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

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



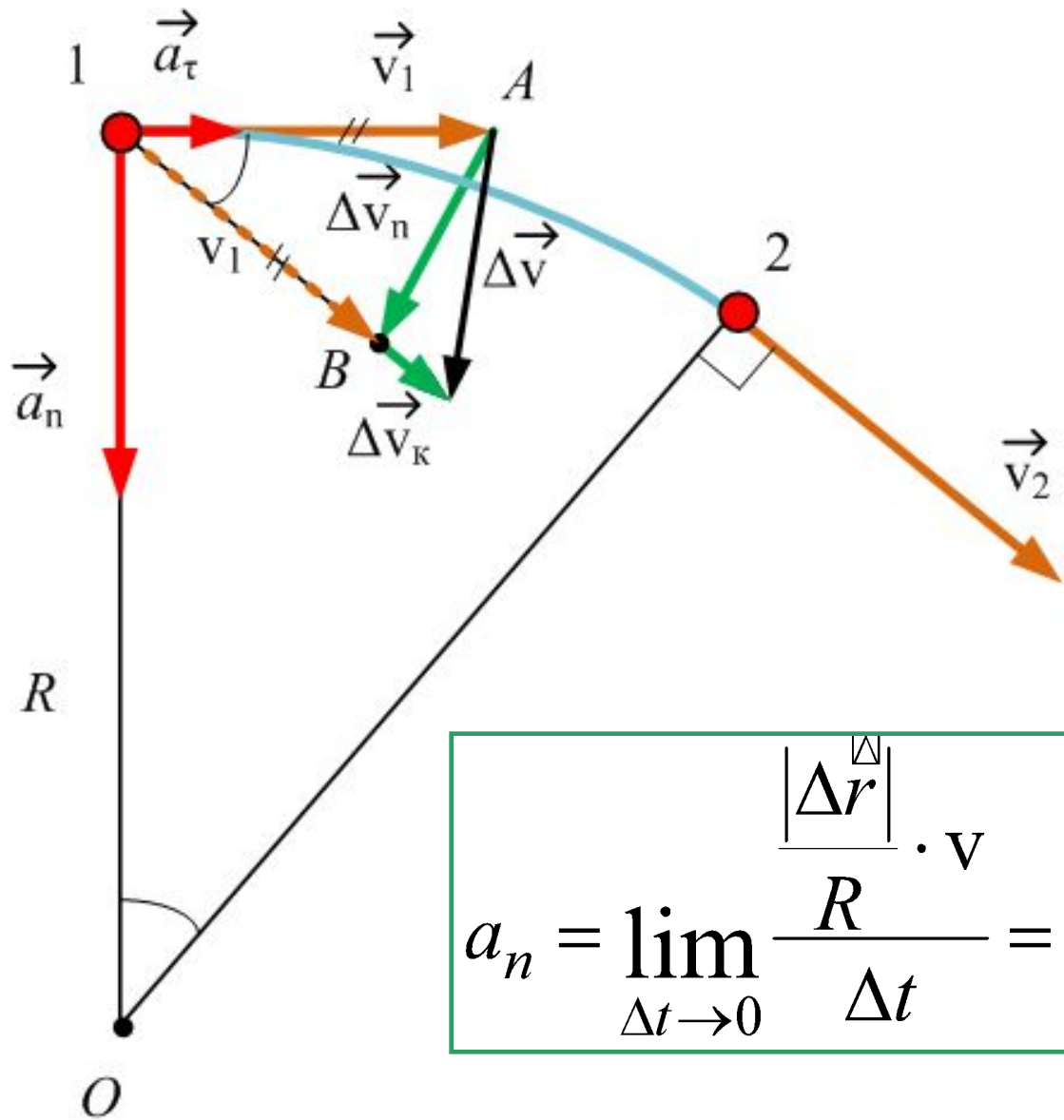
$$\Delta \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1 = \Delta \vec{v}_k + \Delta \vec{v}_n$$

$$\Delta v_k = |\Delta \vec{v}_k| = v_2 - v_1 = \Delta v$$

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

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}_k}{\Delta t} + \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}_n}{\Delta t} = a_\tau + a_n$$

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



$$\frac{|\Delta \vec{r}|}{R} = \frac{|\Delta \vec{v}_n|}{v}$$

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

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

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

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

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

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

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

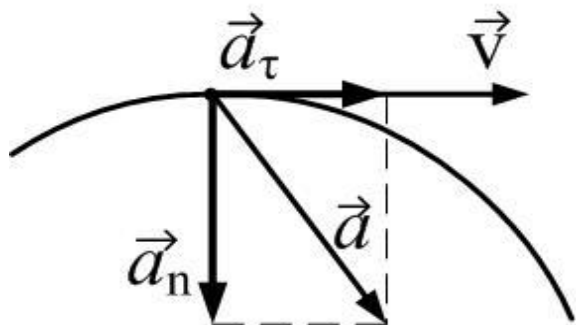
Нормальное
(центростремительное)
ускорение характеризует
быстроту изменения скорости
по направлению

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

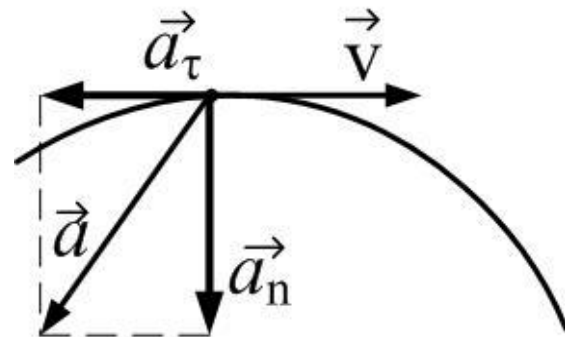
$$\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$$

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

Полное ускорение всегда направлено внутрь криволинейной траектории



при ускорении



при торможении

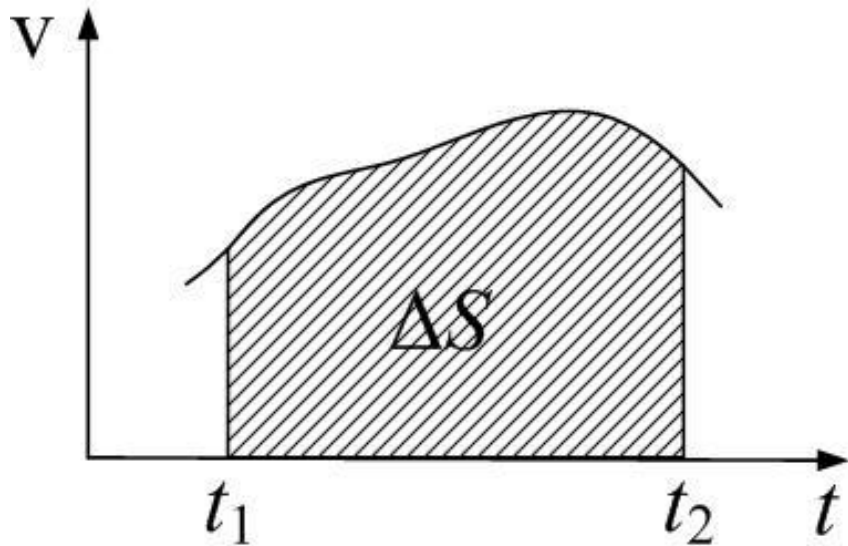
Прямолинейное движение

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

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

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

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

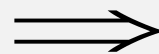
$$\left\{ \begin{array}{l} v_x = v_{0x} + a_x \cdot t \\ x = x_0 + v_{0x} \cdot t + \frac{a_x \cdot t^2}{2} \end{array} \right.$$

В проекциях на ось OX

*Равнопеременное криволинейное с
постоянным тангенциальным ускорением*

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

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



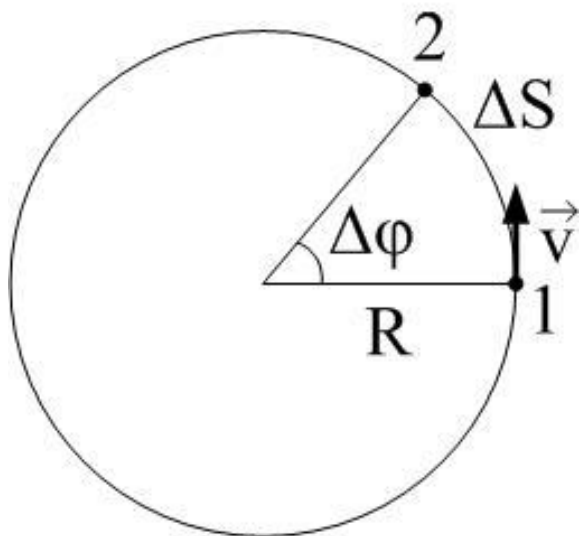
$$v = v_0 + a_{\tau} \cdot t$$
$$\Delta S = v_0 \cdot t + \frac{a_{\tau} \cdot t^2}{2}$$

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

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

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

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

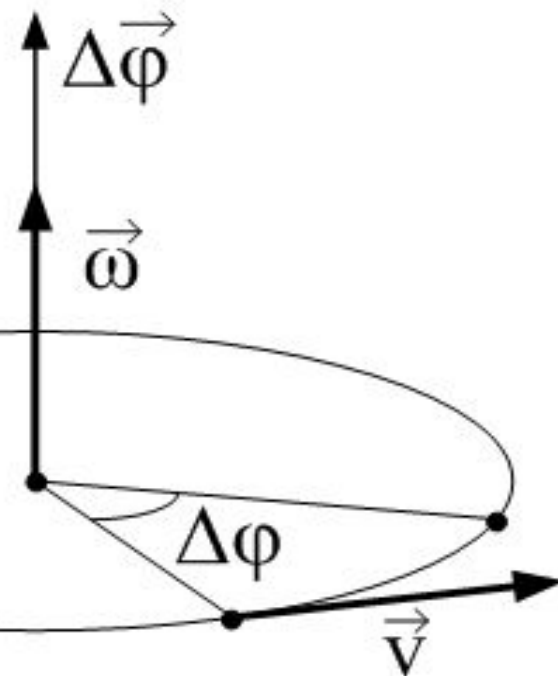
$$\vec{\omega} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\vec{\varphi}}{\Delta t} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}$$

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

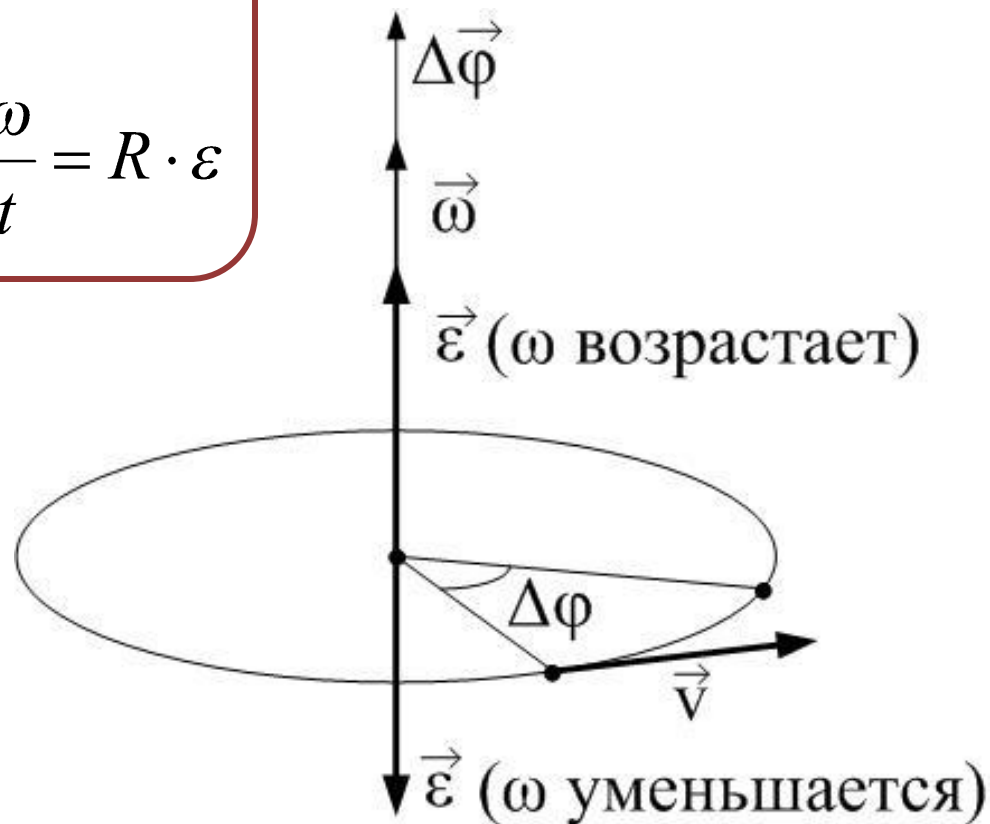
При неравномерном вращении

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

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

Угловое ускорение ε 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	φ	$S = R \cdot \varphi$
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	
$S = \int_0^t v(t) \cdot dt$	$\varphi = \int_0^t \omega(t) \cdot dt$
$v = v_0 + \int_0^t a_{\tau} \cdot dt$	$\omega = \omega_0 + \int_0^t \varepsilon(t) \cdot dt.$