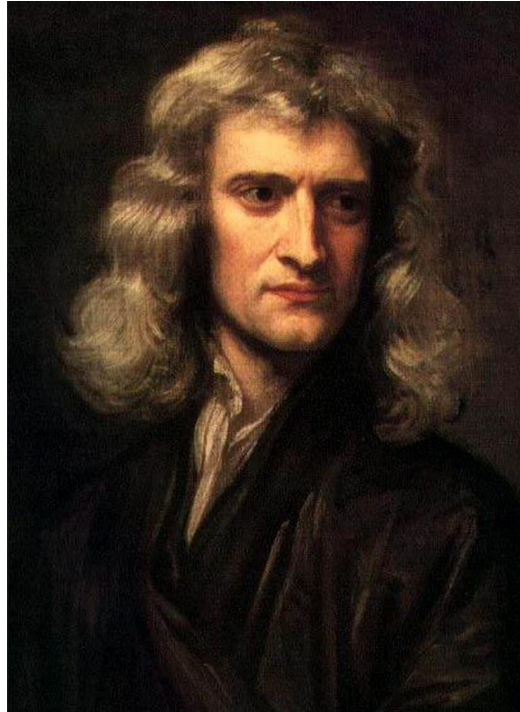
The background of the slide is a dark blue space filled with numerous small white stars. Overlaid on this are several glowing blue elliptical orbits of varying sizes and orientations, some intersecting each other. A single, prominent red comet with a bright orange-yellow head and a long, thin red tail is positioned in the upper left quadrant, appearing to move across the scene.

Глава 1.
Общие сведения.
Кинематика.

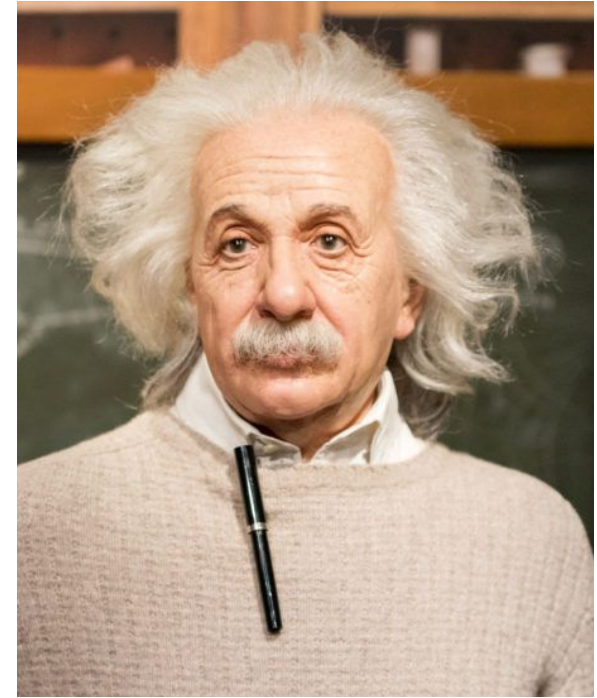
Общие сведения. Кинематика.



Механика – раздел физики, изучает закономерности механического движения и причины, вызывающие это движение
*(«Классическая», «Галилея-Ньютона»)



<VS>



Современное развитие – релятивистская механика, СТО, ОТО (Эйнштейн)

Ограничения применения классической механики

- 1) Скорости меньше скорости света $v \ll c$
- 2) Массы тел меньше массы звезд $m \ll M_{\odot}$
- 3) Размеры тел больше размеров атомов $r \gg \overset{\circ}{\text{A}} \approx 10^{-10} \text{ м}$

Механическое движение: изменение с течением времени взаимного расположения физических тел (частей тела)

Разделы механики (классической)

- **Кинематика** – формальное описание движения без анализа причин
- **Динамика** – причины движения
- **Статика** – условия равновесия

Общие сведения. Кинематика.

Физические объекты

Материальная точка – тело, размерами которого можно пренебречь

Физическое тело – размеры и форма тела имеют принципиальное значение

Физическое поле - ...

Физические идеализации

Абсолютно упругое тело – недеформируется, размеры и форма остаются постоянными, расстояние между частями (частицами) постоянно

Абсолютно упругая нить – бесконечно тонкое тело, в одном собственном измерении проявляет свойства абсолютно упругого тела, в остальных – способно изменять форму при любом малом воздействии.

Характер (вид) механического движения

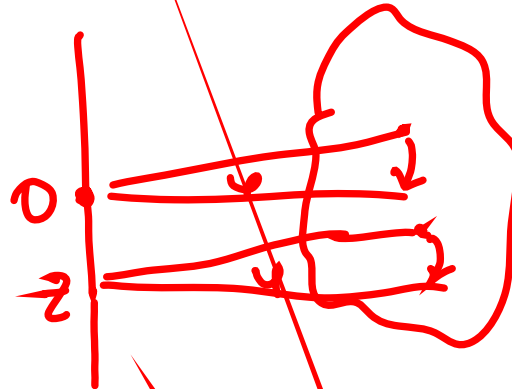
Поступательное

линии и отрезки, связанные с телом, остаются параллельными сами себе



Вращательное

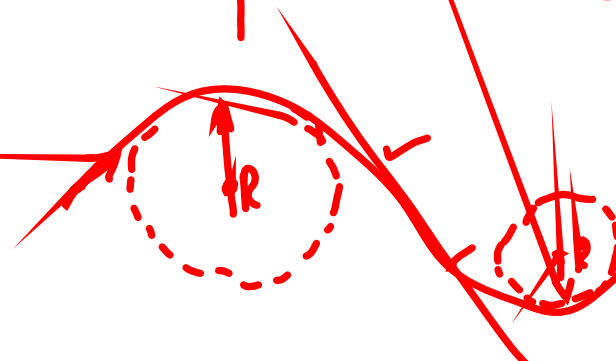
все точки тела смещаются на один угол за одно время относительно точки (оси)



$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \text{const}$$

для всех точек тела

Сложное
(комбинированное,
произвольное, ...)



Относительность движения

- Система отсчета: 1) Тело отсчёта
- 2) Система коор-т
- 3) "Часы"

- Существует произвол в выборе системы отсчета
- Движение относительно (нельзя рассматривать движение «отн. пространства»)
- Системы координат могут быть разными (декартова, цилиндр., сферич. и тд)
- Использование системы координат подразумевает наличие инструментов, позволяющих однозначно определить положение тела («линейка», «угломер» ..)

Общие сведения. Кинематика.

Основная задача механики

$$\vec{r}(t) = ?$$

Уравнение движения (кинематическое): описывает положение физического тела (координат) с течением времени (в векторной форме!)

Прим: равномерное

$$x = x_0 + v_0 t$$

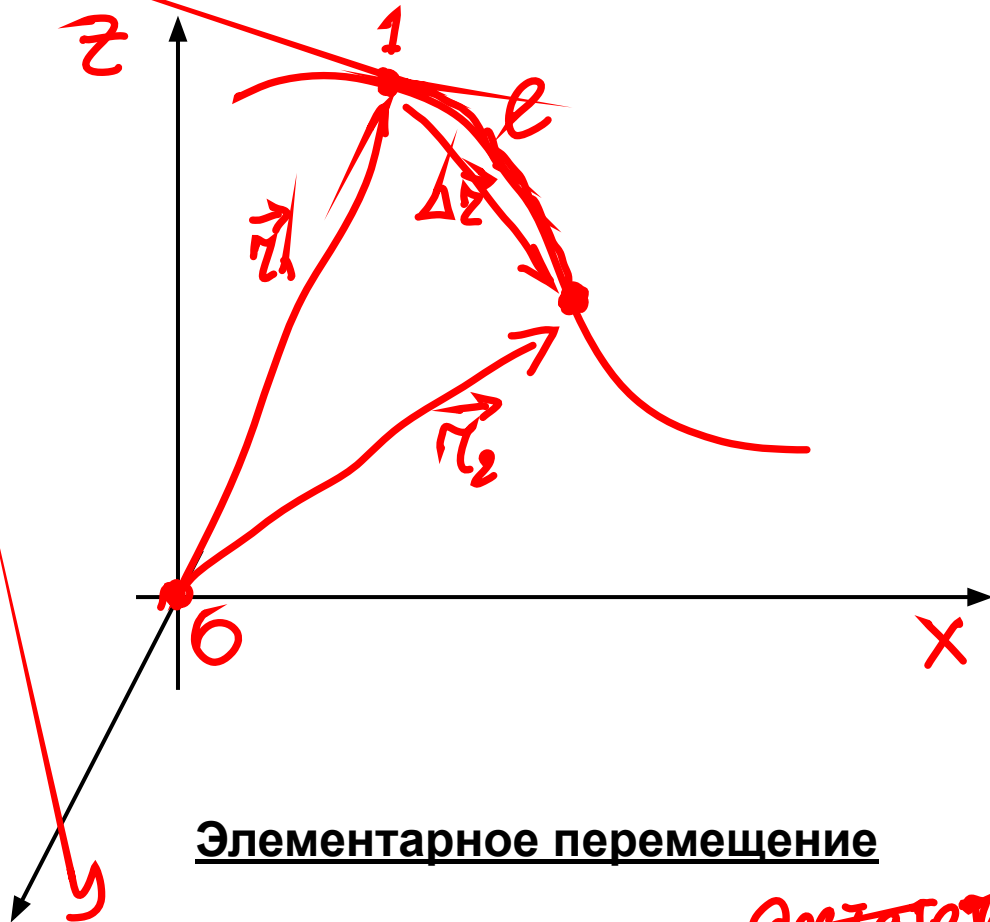
и равноускор.

$$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{a_0 t^2}{2}$$

*(физическое тело как материальная точка?)



Описание движения в механике



Траектория

совокупность точек, в которых МТ-в разные моменты времени.

Перемещение

Кратчайшее расстояние

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

Путь

- длина участка траектории

$d\vec{r}$

перемещение

достаточно малое, чтобы считать его бесконечно малым.

Общие сведения. Кинематика.

Число степеней свободы

Число степеней свободы минимальное достаточное число пространственных переменных для описания движение тела.

Примеры:

Материальная точка $i=3$
 z ст. в. $C = (x, y, z)$

Физическое тело $i=6$
 6 ст. в. $(x, y, z; \varphi; \theta; \psi)$

The image contains several hand-drawn diagrams in red ink. On the left, a material point is shown as a shaded circle with three arrows pointing outwards, labeled 'i=3'. Below it, a physical body is shown as a cylinder with a circular base, with six arrows indicating its degrees of freedom (three translational and three rotational), labeled 'i=6'. On the right, two 3D coordinate systems (x, y, z) are shown. The top one has three arrows at the origin labeled 'i=3'. The bottom one has a complex shape with arrows and a circular arrow, labeled 'i=3' and '6 ст. в.'.

Общие сведения. Кинематика.

Скорость

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} \quad [m/s]$$

Средняя

$$\langle v \rangle \equiv v_{\text{ср}} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

Средняя путевая

$$\langle v \rangle_{\text{путе}} \equiv \frac{l}{\Delta t}$$

Мгновенная

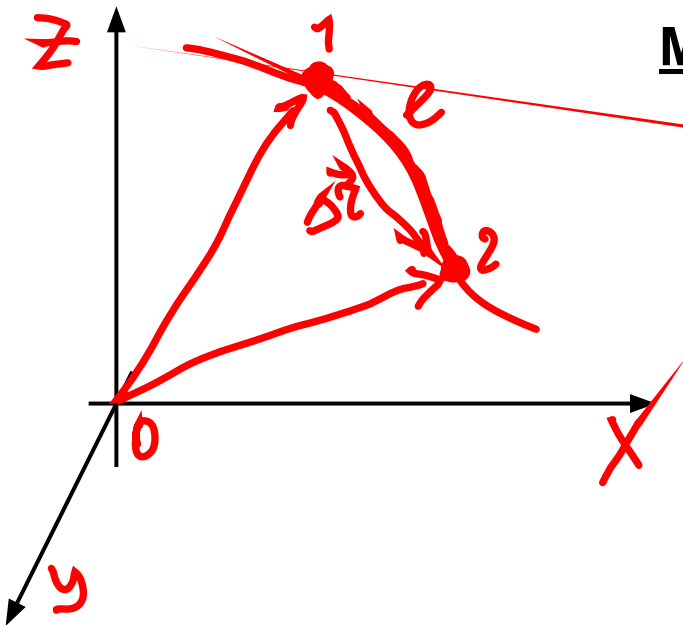
$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

*(Направление всегда касательно к траектории)

$$\vec{v} = \left(\frac{1}{dt} \right) \cdot d\vec{r} \rightarrow (\vec{v} \uparrow d\vec{r})$$

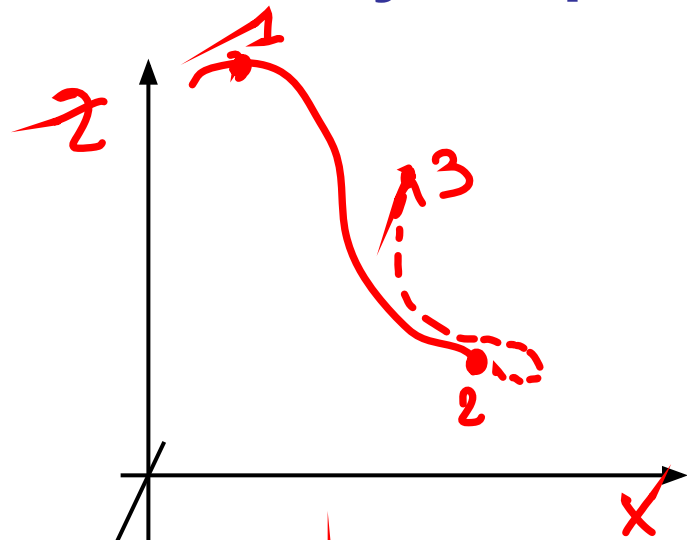
*(В общем случае скорость непостоянна)

$$\vec{v} \neq \text{const}$$

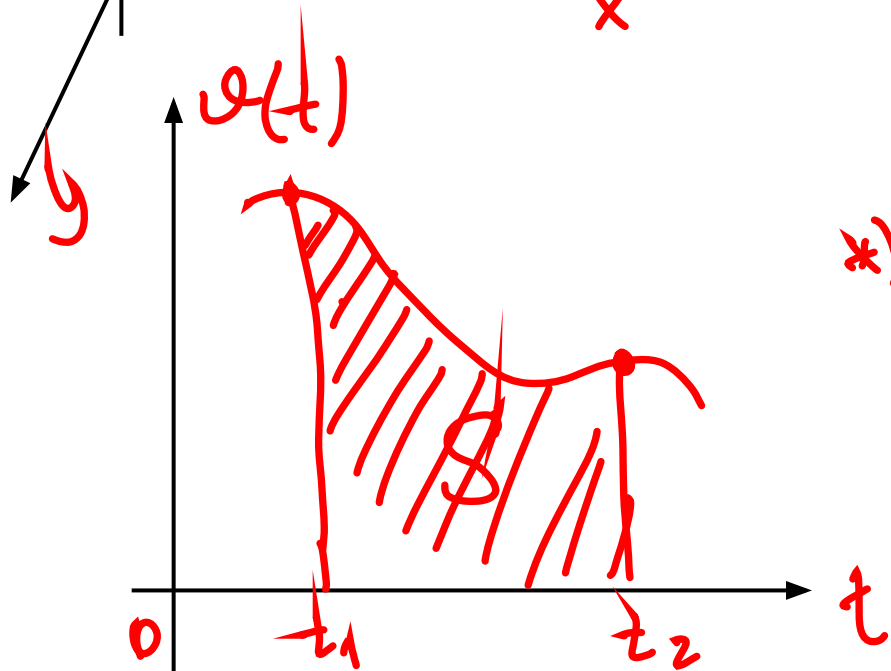
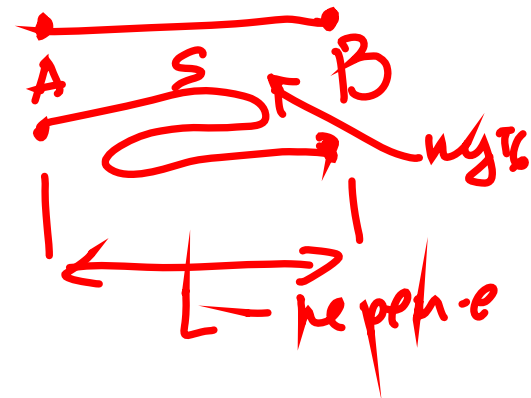


Общие сведения. Кинематика.

Расчет пути при известной скорости



$$S = \int_{t_1}^{t_2} |v(t)| dt$$



Пример: Линейное (одномерное) движение

*) Площадь графика

кривой/линии траектории $v(t)$

Общие сведения. Кинематика.

реактивную

Задача «Промуху» (три способа решения)



Дано: $v_1; v_2; v_m; L$

Найти: S_m (пути)

Решение:

1) Решение школьника :

$$t_m \equiv t_{\text{встр. поез.}} = \frac{L}{v_1 + v_2}$$

(Не важно, в какую сторону улетит муха.
Важно, сколько времени)

$$\Rightarrow S = t_m \cdot v_m = \frac{v_m L}{v_1 + v_2}$$

Задача «Про муху» (три способа решения)

2) «Графическое» решение

→ График $\vartheta(t)$

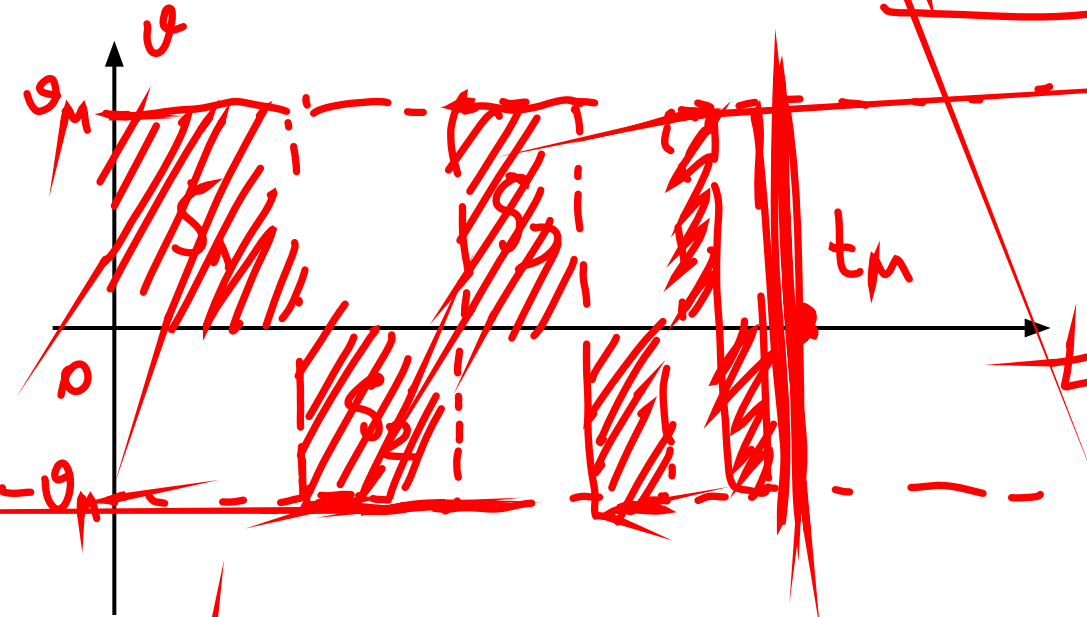
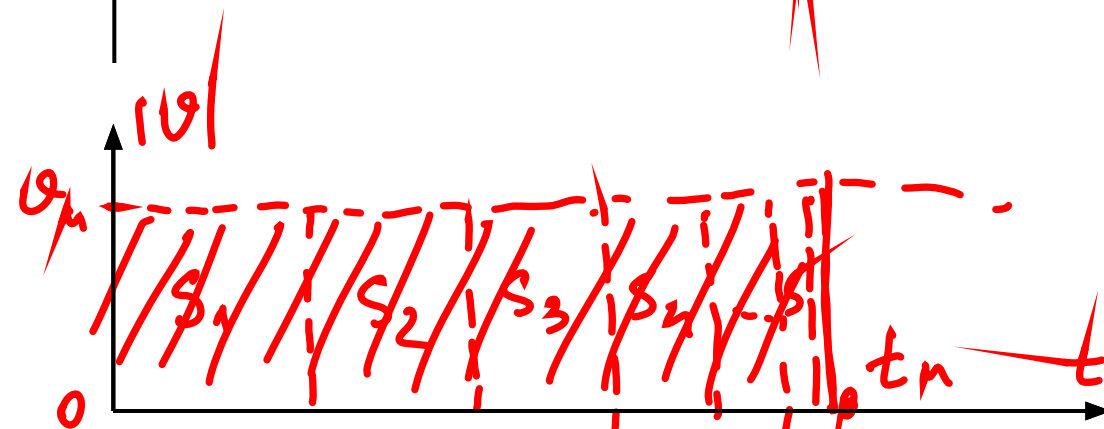


График $|\vartheta(t)|$

Площадь кр/ми.
трапеции $\equiv S$ прям-ка

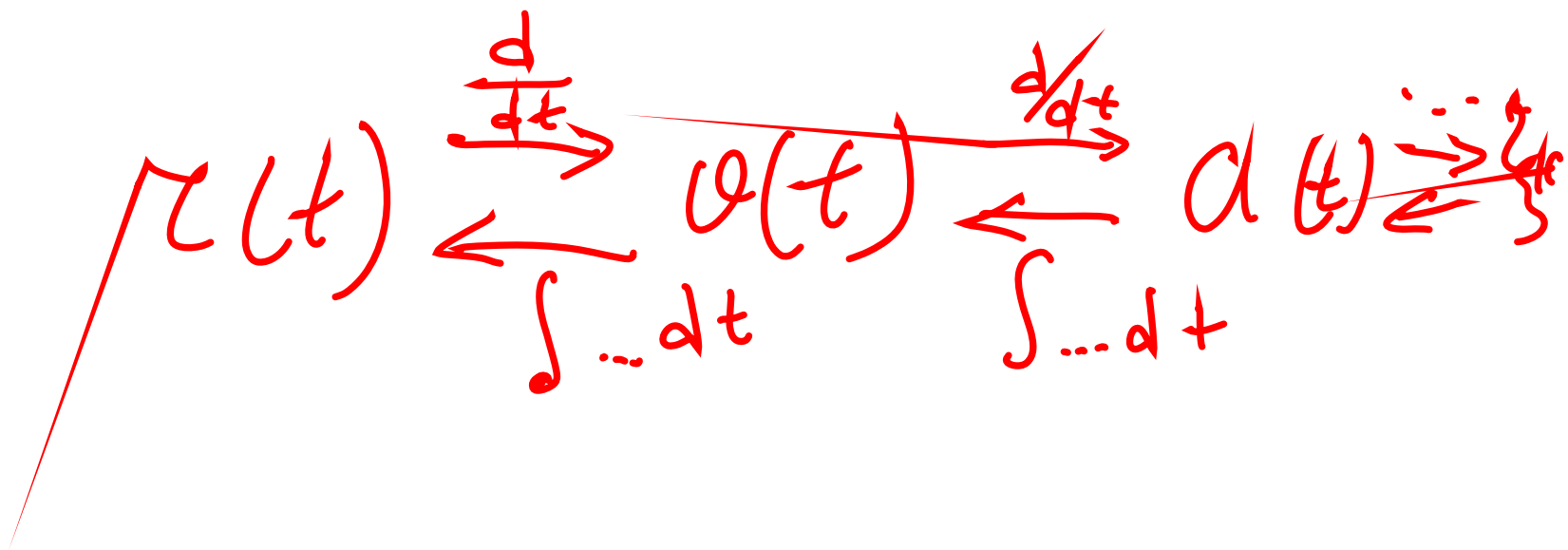
$$S = \vartheta_m \cdot t_m$$



Задача «Про муху» (три способа решения)

3) Решение студента «Лучшего ВУЗа»

$$S = \int_0^{t_m} |\vartheta_m| dt = |\vartheta_m| \int_0^{t_m} dt = \vartheta_m \cdot (t_m - 0)$$
$$\Rightarrow \vartheta_m \cdot t_m = \frac{L}{\vartheta_1 + \vartheta_2}$$



Ускорение

Ускорение – скорость изменения скорости

Среднее ускорение

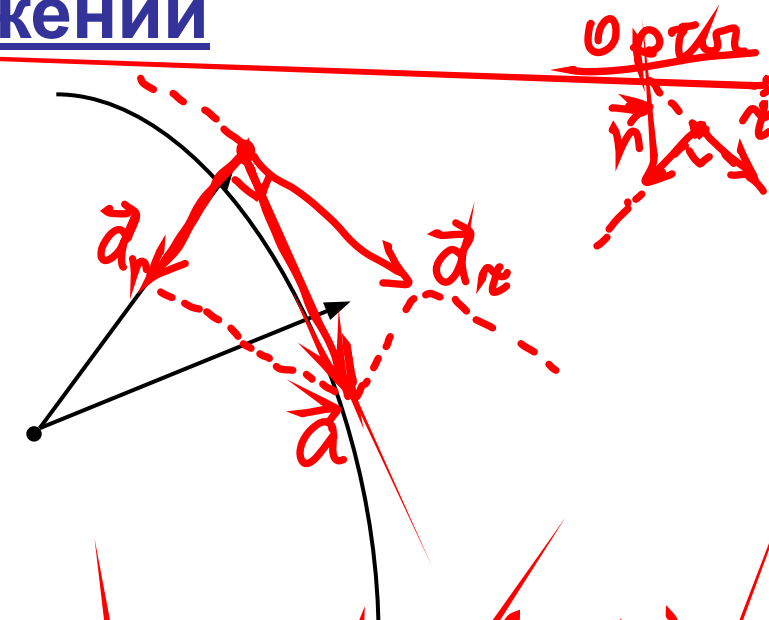
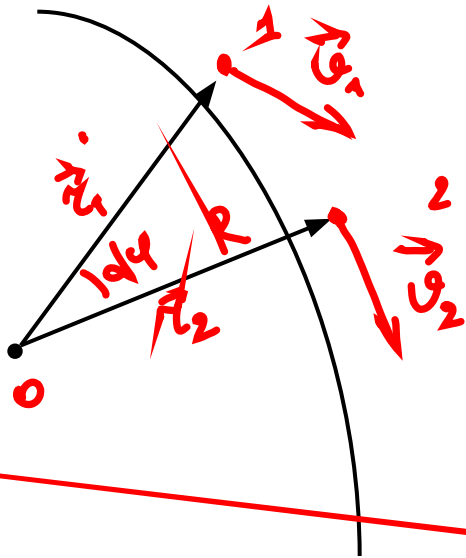
$$\langle \vec{a} \rangle = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

Мгновенное

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}(t)}{dt} = \frac{d^2\vec{r}(t)}{dt^2}$$

Не забываем! Скорость всегда касательная к траектории,
а ускорение - нет! (не всегда)

Ускорение при плоском движении



Нормальное ускорение
(заставляет скорость менять направление, но не величину)

Тангенциальное ускорение
(заставляет скорость менять величину, но не направление)

Линейное (полное, суммарное)
векторная сумма нормального и тангенциального ускорений

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

* (направлено к центру)

$$a_t = \frac{dv}{dt} = \dots = (\epsilon \cdot R)$$

* (по касательной)

$$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_t$$
$$a^2 = a_n^2 + a_t^2$$

- вект.
- скалярн.

Угловые скорости и ускорения

1) Угол (поворота) – единица измерения – радиан

(рад)

$$\varphi = \frac{L}{R}$$

* (1 рад = 57,3°, когда L=R)
* (L – длина дуги)

2) Угловая скорость

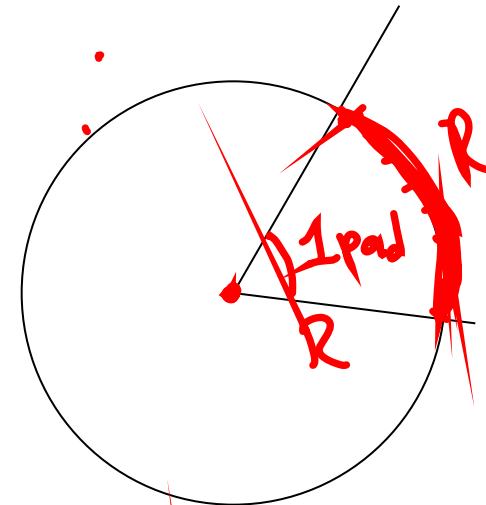
$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} \quad \left[\frac{\text{рад}}{\text{с}} \right]$$

3) Угловое ускорение

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}$$

* Частота и Период

$$\omega = 2\pi n \quad n = \frac{\omega}{2\pi} \quad \left[\frac{\text{об}}{\text{с}} \right]$$
$$T = \frac{1}{n} \quad [\text{сек}]$$



радианная
мера –
(сколько
радиусов
в дуге)

Связь угловых и линейных характеристик движения

$$\left[\begin{array}{l} X = \varphi \cdot R \\ v = \omega \cdot R \\ a_{\tau} = \varepsilon \cdot R \\ a_n = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R \\ a^2 = a_{\tau}^2 + a_n^2 \end{array} \right]$$

Аналогия:

а) поступь: $x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{a t^2}{2}$

б) вращ: $\varphi(t) = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2}$