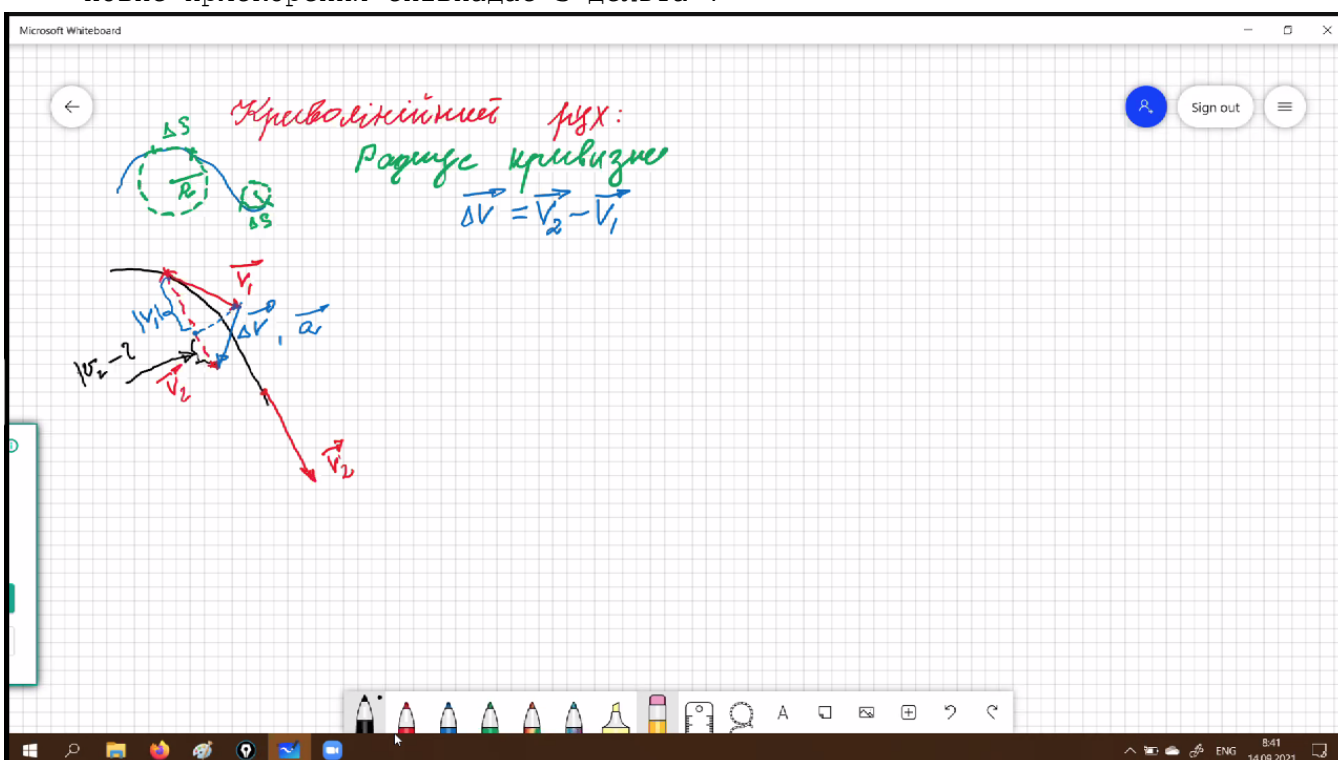


# Кінематика криволінійного руху

- Радіус кривизни - радіус кола якій на данній ділянці співпадає з елементом кривої
- $\vec{\Delta v} = \vec{v_2} - \vec{v_1}$

• Повне прискорення співпадає з дельта  $v$



- Дельта v тангенціальне - різниця абсолютних величин швидкості
- Дельта a нормальне - зміна напрямку
- Переходим до прискорення
  - Коли зміна часу зменшується до нуля

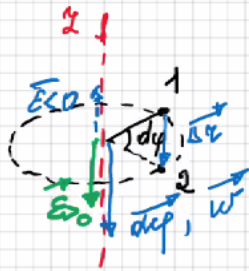
$$\begin{aligned}\vec{\Delta V} &= \vec{V}_2 - \vec{V}_1 \\ \vec{\Delta V} &= \vec{\Delta V}_\tau + \vec{\Delta V}_n \\ \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\vec{\Delta V}}{\Delta t} &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\vec{\Delta V}_\tau}{\Delta t} + \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\vec{\Delta V}_n}{\Delta t} \\ \vec{a} &= \vec{a}_\tau + \vec{a}_n \\ a_\tau &= \frac{dv}{dt}; \quad a_n = \frac{v^2}{R} \\ a &= \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2} = \sqrt{\left(\frac{dv}{dt}\right)^2 + \left(\frac{v^2}{R}\right)^2}\end{aligned}$$

## Обертальний рух

- Для обертального руху будемо використовувати радіальну систему координат
- Положення
  - Задати ось обертання
  - Задати  $\Delta \phi$
  - Задати радіус кривизни
  - Задати напрямок
    - За правилом правого гвинта

## Обращающийся рух.

Результаты



- ось оберт
- $\Delta \varphi, d\varphi$
- маневр, лок!

$\frac{\Delta \varphi}{d\varphi}$  — вектор крив. перем.

Криволинейность

- среднего

$$\langle \vec{w} \rangle = \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$$

- $\Delta t \rightarrow 0$

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

Криволинейность

- среднего

$$\vec{E} = \frac{\Delta \vec{w}}{\Delta t}$$

- мгновенного

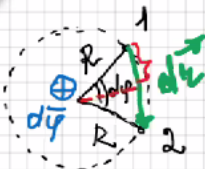
$$\vec{E} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{w}}{\Delta t} = \frac{d\vec{w}}{dt}$$

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

T- период

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

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



$$\frac{dw}{2R} = \sin \frac{d\varphi}{2}$$

$$\frac{dw}{2R} = \frac{d\varphi}{2}$$

$\sin \alpha \rightarrow \alpha$

$$dw = R d\varphi \quad (1)$$

$$\frac{\Delta w}{2R} = \sin \frac{\Delta \varphi}{2}$$

$$\Delta w = R \Delta \varphi$$

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{dw}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{R d\varphi}{dt} = R \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{d\varphi}{dt} = R\omega$$

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

$$a_t = \left| \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{dw}{dt} \right| = \left| \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{R d\omega}{dt} \right| = R\epsilon$$

$$\begin{aligned} v &= R\omega \\ a_n &= R\omega^2 \\ a_t &= R\epsilon \end{aligned}$$

## Плоский рух

- Поступательный рух

Галоскелі руху

носм. руху

оберт.

склад.

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

$$\begin{cases} x = x' + Vt \\ y = y' \\ z = z' \\ t = t' \end{cases}$$

$$\vec{r} = \vec{r}' + \vec{V}t$$

$$\frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{d\vec{r}'}{dt} + \frac{d\vec{V}t}{dt}$$

$$\vec{v} = \vec{v}' + \vec{V}$$

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d\vec{v}'}{dt} + \frac{d\vec{V}}{dt}$$

$$\vec{a} = \vec{a}'$$