

Лекція 1. Вступ . Елементи кінематики

Пла

1. Вступ. Фізика та інші науки.
2. Математичний апарат фізики та фізичні абстракції
3. Механічний рух. Механіка та її підрозділи
4. Система відліку. Три способи опису механічного руху в кінематиці: траєкторний, векторний та координатний
5. Параметри поступального руху матеріальної точки (МТ):
переміщення, швидкість, прискорення та його складові
6. Параметри обертального руху МТ по колу. Кут повороту, кутова швидкість, кутове прискорення.
Аксіальні вектори
7. Взаємозв'язок параметрів руху при нерівномірному обертанні

1. Вступ. Фізика та інші науки

Фізика (physics) – від давньогрецького **φύσις**, що перекладається англійською як **physis** – природа. Тобто фізика - наука о природі. При виникненні була єдиною з філософією, яка розглядала разом матерію, дух, пізнання

Фізика — наука о найпростіших та найбільш загальних властивостях і формах руху матерії. Розрізняють два види матерії – речовину та поле. Основна властивість матерії – безперервний рух (під рухом розуміємо всяку зміну)

Основним **методом дослідження** в фізиці є

експеримент:

Спостереження → узагальнення → виявлення закономірностей → гіпотеза →

→ експериментальна перевірка → теорія та експеримент → закон

Все те, чим відрізняється сучасне суспільство від суспільства минулих століть,

з'явилося в результаті застосування на практиці фізичних відкриттів.

Фізичне розуміння процесів, що відбуваються в природі, постійно розвивається.

Більшість нових відкриттів незабаром отримують застосування в техніці та промисловості

Фізика є основою всіх технічних наук

2. Математичний апарат фізики та фізичні абстракції

Фізика та математика розвивалися одночасно і тісно пов'язані.

Математика – це своєрідна мова фізики, а фізика дозволяє краще зрозуміти математичні поняття (наприклад: похідна, інтеграл.)

Математичний апарат фізики широко використовує

Векторну алгебру, диференціальне та інтегральне

числення.

САМОСТІЙНО ЗАКОНСПЕКТУВАТИ основи роботи з векторами:

- 1) визначення вектора
- 2) додавання і віднімання векторів
- 3) помноження вектора на скаляр
- 4) проекція вектора на вісь та визначення вектора через проекції на осі координат
- 5) скалярний добуток
- 6) векторний добуток**

В фізиці використовують також фізичні абстракції (наприклад матеріальна точка)

3. Механічний рух. Механіка та її складові

Механіка – розділ фізики о найпростішій формі руху – переміщеннях тіл

або їх частин відносно друг друга. Умовно поділяється на:

кінематику (класифікує та описує рух без вивчення причин зміни характеру руху)

та динаміку (вивчає причини зміни або виникнення руху).

Можна уявити, що любе тіло складається з частин, які взаємодіють.

Найменшою з них є **матеріальна точка (МТ)**, тіло розмірами якого можна знехтувати в умовах задачі, що розглядається.

Тоді любе тіло, або сукупність тіл, можна вважати системою матеріальних точок (**С МТ**) – сукупністю МТ незалежно від того взаємодіють вони, чи ні.

Почнемо з вивчення механіки МТ.

4. Система координат. Три способи опису механічного руху в кінематиці: траєкторний, векторний та координатний

Помітити в пустоті рух МТ неможливо. Потрібна система відліку - тіло відліку,

з яким зв'язана просторова система координат (СК)
 Лінія, уздовж якої рухається МТ зветься траєкторією та годинник

Так як простір однорідний то напрям руху МТ в просторі може бути довільним

Кількість незалежних напрямів руху

зветься **ступеню свободи i** , яка визначає розмірність СК

Уздовж лінії – $i = 1$
 На площині – $i = 2$

(потрібну кількість незалежних координат для опису руху)

1) **Траєкторний** – описує зміну $S = S(t)$ в просторі – i

(відстані між початковою точкою S_0 та поточною $S(t)$ уздовж траєкторії)

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

траєкторії)

2) **Векторний** - зміну радіус-вектору

(вектору з початку координатки $\begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \\ z = z(t) \end{cases}$)

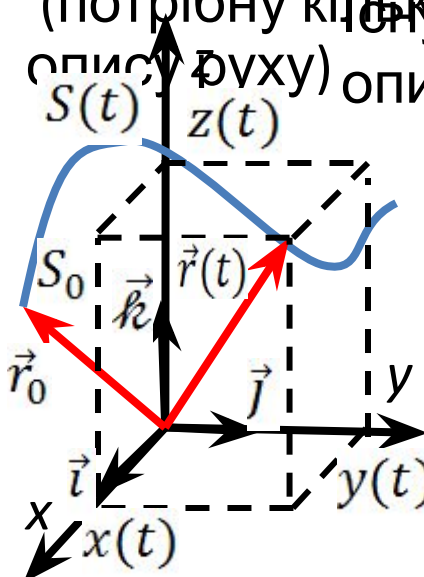
траєкторії)

3) **Координатний** - описує зміну саме координат

$$\vec{r}(t) = \vec{i}x(t) + \vec{j}y(t) + \vec{k}z(t)$$

які

взаємопов'язані $|\vec{r}(t)| = \sqrt{x(t)^2 + y(t)^2 + z(t)^2}$

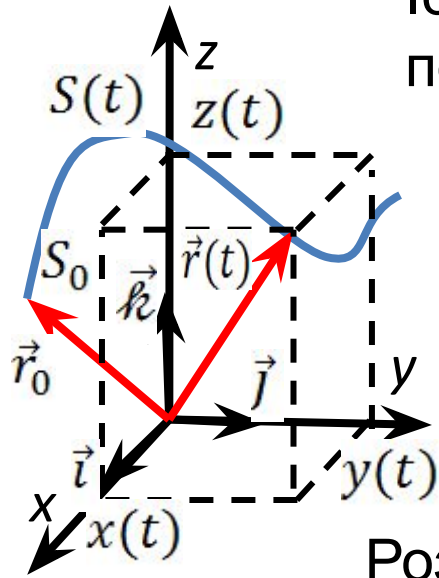


Базис $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ визначає напрямки осей x, y, z

5. Параметри поступального руху матеріальної точки (МТ):

Існує три способи опису зміни з часом

положення МТ



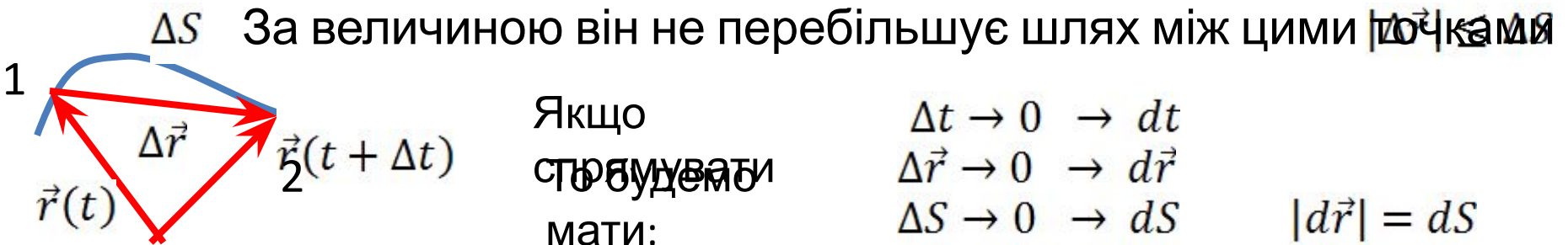
1) **Траєкторний** – описує зміну $\Delta S = S(t)$
(відстані між двома точками на траєкторії) $\vec{r} = \vec{r}(t)$

2) **Векторний** - зміну радіус-вектору
(вектору з початку координат до точки на траєкторії) $\begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \\ z = z(t) \end{cases}$

3) **Координатний** - описує зміну саме координат

Розглянемо параметри поступального руху МТ

Вектор переміщення з точки 1 в точку 2 $\Delta \vec{r} = \vec{r}(t + \Delta t) - \vec{r}(t)$
це вектор, що з'єднує вказані точки траєкторії



За величиною він не перебільшує шлях між цими точками

Якщо
стремити
мати:

$$\Delta t \rightarrow 0 \rightarrow dt$$

$$\Delta \vec{r} \rightarrow 0 \rightarrow d\vec{r}$$

$$\Delta S \rightarrow 0 \rightarrow dS$$

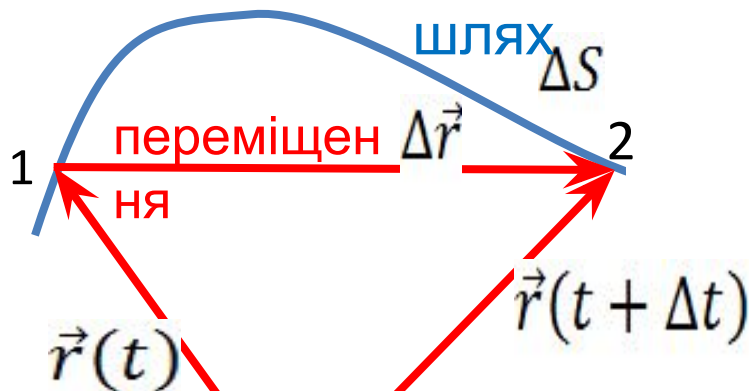
$$|d\vec{r}| = dS$$

За напрямком переміщення буде співпадати з дотичною до траєкторії,

а за величиною буде дорівнює шляху

5. Параметри поступального руху матеріальної точки (МТ):

З часом вектор переміщення змінюється $\Delta \vec{r} = \vec{r}(t + \Delta t) - \vec{r}(t)$



Пам'ятаємо $|\Delta \vec{r}| \leq \Delta S$ $|d\vec{r}| = dS$

Введемо параметр руху **швидкість** - кількісну характеристику, що показує вектор переміщення за одиницю

Використовують, розрізняють середню швидкість, середню швидкість, миттєву швидкість

середню швидкість $\vec{V}_{cp} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$

$$|\vec{V}_{cp}| = \frac{|\Delta \vec{r}|}{\Delta t} \leq V_{cp}$$

швидкість, миттєву швидкість $\vec{V} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \dot{\vec{r}}$

Недолік середньої швидкості - вона не реєструє зміни швидкості

за величиною вона дорівнює

$$|\vec{V}| = \left| \frac{d\vec{r}}{dt} \right| = \frac{|d\vec{r}|}{dt} = \frac{dS}{dt} = V$$

за напрямком направлено \vec{e}_t

$$|\vec{e}_t| = 1 \text{ а } \vec{V} = |\vec{V}| \vec{e}_t = V \vec{e}_t = \frac{dS}{dt} \vec{e}_t$$

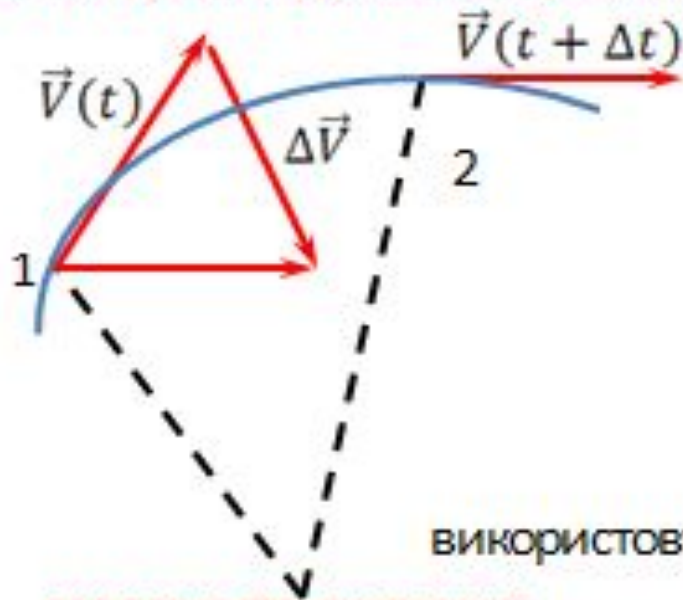
при середині використати базис $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$

$$\vec{V}(t) = \vec{i} V_x + \vec{j} V_y + \vec{k} V_z$$

$$V_x = \frac{dx}{dt} = \dot{x} \quad V_y = \frac{dy}{dt} = \dot{y} \quad V_z = \frac{dz}{dt} = \dot{z}$$

$$|\vec{V}| = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}$$

5. Параметри поступального руху матеріальної точки (МТ):



швидкість $\vec{V}(t)$ також з часом змінюється, тому

Введемо параметр руху прискорення - кількісну характеристику, що показує зміну швидкості $\Delta\vec{V}$ за одиницю часу, і дорівнює відношенню зміни швидкості до проміжку часу Δt , за який воно відбулося.

використовують і розрізняють:

середнє прискорення

$$\vec{a}_{\text{ср}} = \frac{\Delta\vec{V}}{\Delta t} = \frac{\vec{V}(t + \Delta t) - \vec{V}(t)}{\Delta t}$$

а, якщо спрямувати $\Delta t \rightarrow 0$

миттєве прискорення

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

Недолік середнього прискорення -

воно не реєструє зміни прискорення всередині Δt

$$\vec{a} = \frac{d\vec{V}}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{d\vec{r}}{dt} \right) = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2} = \ddot{\vec{r}}$$

при використанні базису $\vec{i} \vec{j} \vec{k}$

$$\vec{a}(t) = \vec{i} a_x + \vec{j} a_y + \vec{k} a_z$$

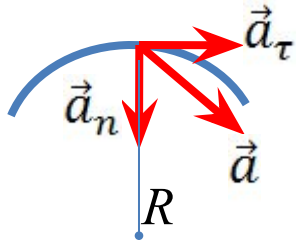
$$a_x = \frac{dV_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = \ddot{x} \quad a_y = \frac{dV_y}{dt} = \frac{d^2y}{dt^2} = \ddot{y} \quad a_z = \frac{dV_z}{dt} = \frac{d^2z}{dt^2} = \ddot{z}$$

$$|\vec{a}| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$$

5. Параметри поступального руху матеріальної точки (МТ):

прискорення зручно розкласти та дві його складові

\vec{a}_τ (тангенціальну) та \vec{a}_n (нормальну, або доцентрову) відповідно із за зміни величини швидкості та її напрямку



$$\vec{a} = \frac{d\vec{V}}{dt} = \frac{d(V\vec{\tau})}{dt} = \frac{dV}{dt}\vec{\tau} + V\frac{d\vec{\tau}}{dt} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$$

$$\vec{a}_\tau = \frac{dV}{dt}\vec{\tau}$$

$$\vec{a}_n = V\frac{d\vec{\tau}}{dt} = V\frac{dS}{dt}\frac{d\vec{\tau}}{dS} = V^2\frac{d\vec{\tau}}{dS} = V^2\frac{\vec{n}}{R}$$

- тангенціальне прискорення відповідає за зміну величини швидкості
нормальне прискорення відповідає за зміну напрямку швидкості

Можна показати

$$\frac{d\vec{\tau}}{dS} = \frac{\vec{n}}{R}$$

де \vec{n} - одиничний вектор спрямований

R

до центру радіусу кривизни

траєкторії

$$\vec{a} = \frac{dV}{dt}\vec{\tau} + V^2\frac{\vec{n}}{R}$$

Таким чином прискорення має дві складові

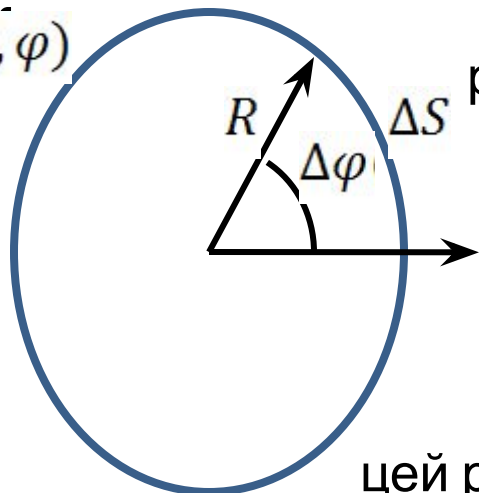
Якщо ($R \rightarrow \infty$) то маємо прямолінійне прискорення

Якщо ($\frac{dV}{dt} \rightarrow 0$) то маємо рівномірний рух по колу

6. Параметри обертального руху МТ по колу

Полярна

(\vec{R}, φ)



Якщо МТ рухається по колу (обертається), то з'являються додаткові можливості опису такого руху. Рух можна описувати кутом $\Delta\varphi(t)$

Його повороту можна уявити особливим аксіальним вектором $\Delta\vec{\varphi} = \Delta\varphi \cdot \vec{o}$

де \vec{o} - одиничний вектор, спрямований уздовж осі обертання

цей рух можна характеризувати за допомогою кутового швидкості

Середня кутова швидкість:

$$\vec{\omega}_{\text{cp}} = \frac{\Delta\vec{\varphi}}{\Delta t}$$

а якщо спрямувати

Миттєва кутова

швидкість:

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

$$|\vec{\omega}| = \omega = \frac{d\varphi}{dt} = \dot{\varphi}$$

Якщо МТ обертається рівномірно, то:

Час повного оберту називається періодом T

а кількість обертів за одиницю часу – частотою обертання $\nu = \frac{1}{T}$

миттєва та середня кутова швидкості однакові

за величиною

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$$

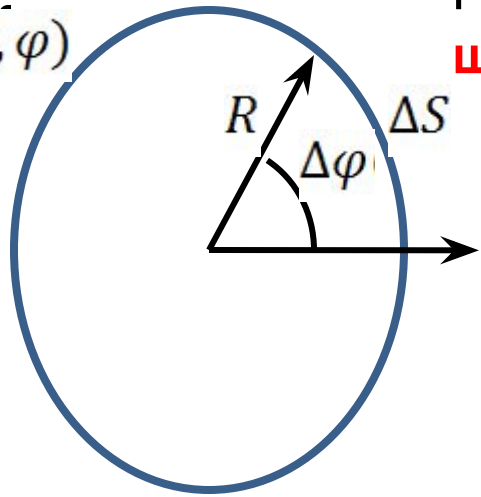
7. Взаємозв'язок параметрів руху при нерівномірному обертанні

нерівномірне

$$V = V(t)$$

Полярна

$$(\vec{R}, \varphi)$$



Розглянемо зв'язок лінійної та кутової швидкості

З рисунка видно, що

$$\Delta S = R \Delta \varphi \quad , \text{де } \Delta \varphi \text{ в радіанах}$$

$$V_{\text{ср}} = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{R \Delta \varphi}{\Delta t} = R \omega_{\text{ср}}$$

Якщо $\Delta t \rightarrow 0$, то $V = \omega R$

З урахуванням напрямку

$$\vec{V} = \vec{\omega} \times \vec{R} = [\vec{\omega}, \vec{R}]$$

Знайдемо складові прискорення:

$$a_{\tau} = |\vec{a}_{\tau}| = \frac{dV}{dt} = \frac{d(\omega R)}{dt} = R \frac{d\omega}{dt} = \beta R$$

$$a_n = |\vec{a}_n| = \frac{V^2}{R} = \frac{(\omega R)^2}{R} = \omega^2 R$$

Тангенціальне прискорення
Нормальне прискорення

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

кутове прискорення