

ОСНОВИ КІНЕМАТИКИ ПОСТУПАЛЬНОГО ТА ОБЕРТАЛЬНОГО РУХІВ

ЛЕКЦІЯ 1

ПЛАН

1. Предмет та завдання фізики. Роль фізики у розвитку інформаційно-комунікаційних технологій. Система одиниць СІ.
2. Механіка. Основна задача механіки. Фізичні моделі у механіці (матеріальна точка, абсолютно тверде тіло, пружне тіло). Основні види руху твердих тіл.
3. Механічний рух. Уявлення про простір і час у класичній механіці. Система відліку, радіус-вектор, траєкторія. Кінематичне описання руху.
4. Переміщення, швидкість, прискорення та його складові.
5. Кінематика обертального руху. Аксіальні вектори (вектор кута повороту, кутові швидкість та прискорення). Кінематичні рівняння обертального руху. Зв'язок лінійних та кутових характеристик руху.

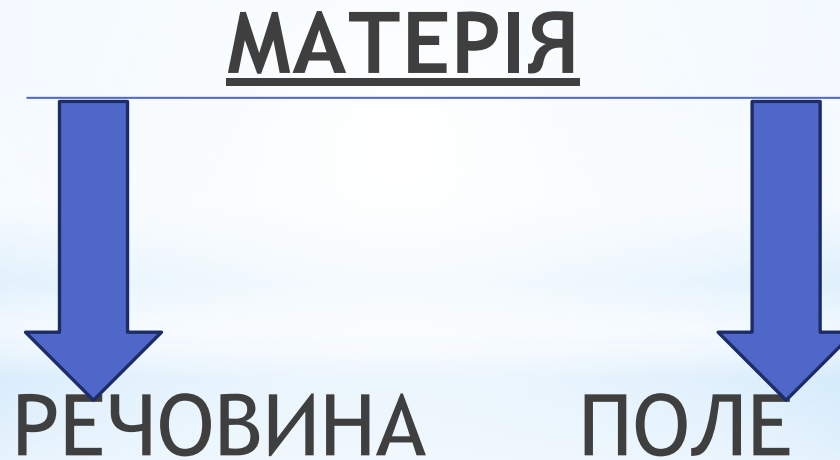
НА САМОСТІЙНЕ ОПРАЦЮВАННЯ

- 1.Проробити зміст лекції та відповідні розділи у підручниках.
- 2.Скласти таблицю співставлення основних характеристик поступального та обертального рухів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Савельев И.В. Курс общей физики в 3-х томах. Учебное пособие для студентов вузов.-М.: Наука, 1986-1988, т.1 с.17-48.
2. Кучерук І.М., Горбачук І.Т., Луцик П.П. Загальний курс фізики. Київ. "Техніка, " т.1-3. 1999-2001, т.І . с.7-31.
3. Трофимова Т.И. Краткий курс физики. М.: Высшая школа 1990-2000, с.8-12.
4. І.Є.Лопатинський та інш. Курс фізики (Фізика для інженерів), 2003, с. 7-8,16-18.

ФІЗИКА - НАУКА ПРО НАЙЗАГАЛЬНІШІ
ЗАКОНОМІРНОСТІ ПРИРОДНИХ ЯВИЩ,
ВЛАСТИВОСТІ МАТЕРІЇ ТА ЗАКОНИ ЇЇ РУХУ



Теми, що вивчатимуться протягом року

I семестр

1. Механіка
2. Електрика
3. Магнетизм
4. Коливання та хвилі
5. Хвильова оптика

II семестр

1. Елементи квантової механіки
2. Елементи фізики твердого тіла
3. Струми та контактні явища у напівпровідниках

Основні одиниці:

Одиниці системи СІ

Величина	Одиниця			
	найменування	позначення		
		укр.	міжнар.	символ
Довжина	метр	м	m	L
Маса	кілограм	кг	kg	M
Час	секунда	с	s	T
Сила електричного струму	ампер	A	A	I
Термодинамічна температура	кельвін	K	K	Θ
Сила світла	кандела	кд	cd	J
Кількість речовини	моль	моль	mol	N

Додаткові
одиниці:

Величина	Одиниця		
	найменування	позначення	
укр.		укр.	міжнар.
Плоский кут	радіан	рад	rad
Тілесний кут	стерадіан	ср	sr

Механіка

Механіка - розділ фізики, що вивчає механічний рух, взаємодію та рівновагу тіл.

МЕХАНІКА

Класична (Галілея-Ньютона)

Вивчає закони руху макроскопічних тіл, швидкості яких малі у порівнянні зі швидкістю світла у вакуумі

Релятивістська (ґрунтується на спеціальній теорії відносності)

Вивчає закони руху макроскопічних тіл, швидкості яких порівняні зі швидкістю світла у вакуумі

Квантова

Вивчає закони руху мікроскопічних тіл (окремих атомів та елементарних частинок)

Класична механіка

Вивчає макроскопічні тіла, що рухаються зі швидкостями, набагато меншими від швидкості світла.

Механіка складається з трьох частин - кінематики (математично описує рух), динаміки (розглядає причини руху) та статички (вивчає умови рівноваги тіл).

Основна задача механіки - визначити положення тіла та характеристики його руху у будь-який момент часу за відомими початковими умовами.

Фізичні моделі механіки

Матеріальна точка (МТ)- тіло, що має масу, але розмірами якого за даних умов можна знехтувати. Матеріальна точка - абстракція, але її введення полегшує розв'язання практичних завдань.

Абсолютно тверде тіло (тверде тіло) - тіло, яке за жодних умов не може деформуватися, тобто відстань між двома точками цього тіла залишається незмінною.

Абсолютно пружне тіло - тіло, деформація якого пропорційна прикладеній силі, а після припинення дії зовнішніх сил тіло приймає свої початкові розміри та форму.

Кінематика

Кінематикою називається розділ механіки, в якому вивчаються властивості руху тіл без врахування їх інертності (маси) і діючих на них сил.

Цей розділ механіки спирається на ті основні положення геометрії, які визначають просторові співвідношення, необхідні при вивченні механічного руху. На відміну від геометрії тут приймається до уваги ще і час руху.

Таким чином, механічні рухи, що вивчаються у механіці, відбуваються *в просторі і часі*.

Простір

має абсолютний характер, оскільки є порожнім вмістилищем фізичних тіл, світовою ареною, на якій розігруються фізичні процеси.

Властивості:

- Однорідний - не має виділених точок
- Ізотропний - не має виділених напрямів
- Неперервний - між двома будь-якими точками, наскільки б близько вони не були розташованими, завжди є третя
- Тривимірний - кожна точка простору повністю задається трьома просторовими координатами

Простір описується геометрією Евкліда

Час

Класична механіка розглядає час як дещо універсальне, незалежне, те, відносно чого відраховують події і за допомогою чого вимірюють інтервали між подіями.

Властивості:

- Абсолютний
- Неперервний
- Рівномірний

Механічний рух

Невід'ємною властивістю матерії і формою її існування є РУХ.

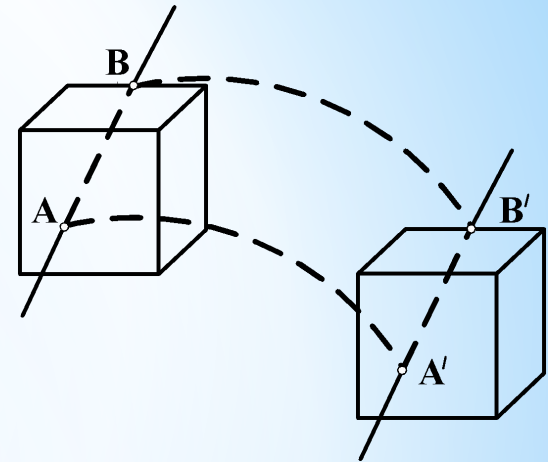
Рух - це будь-які зміни матерії - від переміщення до процесів мислення.

Форми руху матерії, що вивчаються фізикою (механічний, тепловий та ін.), присутні у усіх вищих і складніших формах руху матерії (хімічних, біологічних), тому вони одночасно є найбільш простими, але і найбільш загальними формами цього руху.

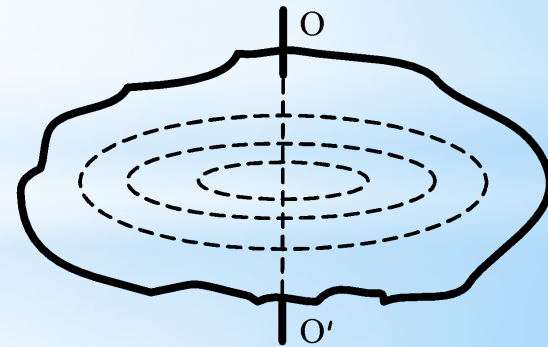
Механічний рух - це зміна з часом взаємного розташування тіл або їх частин

Види механічного руху

Поступальний - рух, при якому будь-яка пряма, жорстко зв'язана з рухомим тілом, залишається паралельною своєму початковому положенню. При ньому всі точки тіла рухаються однаково, тому у цьому випадку тіло можна вважати МТ.



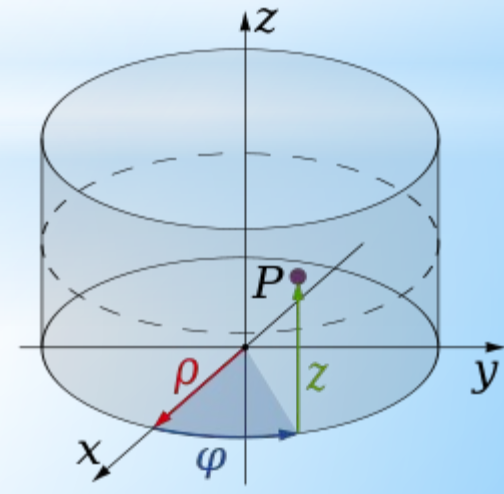
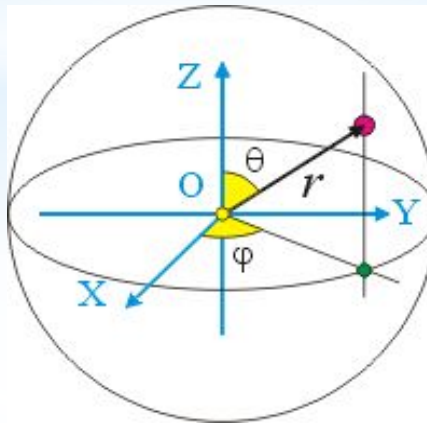
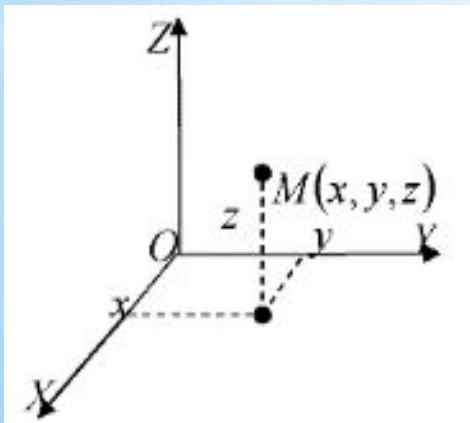
Обертальний - рух, при якому усі точки тіла рухаються по колам, центри яких лежать на одній прямій, що називається віссю обертання. При цьому різні точки твердого тіла рухаються по-різному, МТ тіло вважати не можна.

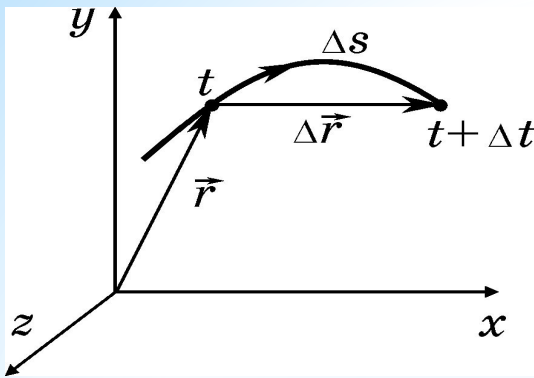


Система відліку

Оскільки рух відбувається у просторі та часі, для опису руху необхідно знати, в яких точках простору МТ знаходилася та у які моменти часу вона проходила те чи інше положення. **Система відліку** - сукупність тіла відліку, пов'язаної з ним системи координат та приладу для виміру часу(годинника).

Тіло відліку - довільно вибране тіло, відносно якого визначається положення інших. Тіло відліку поміщається в центр системи відліку (декартової, сферичної або циліндричної).



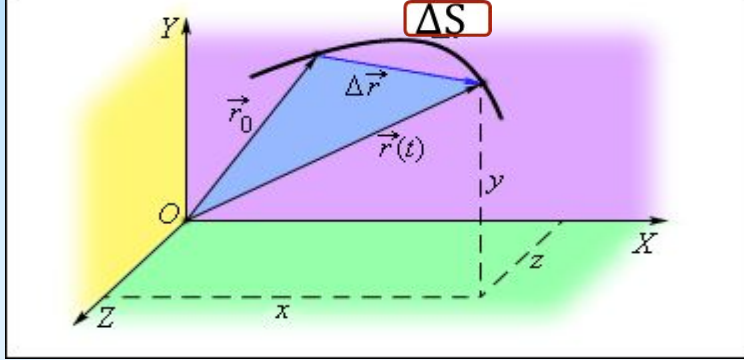


Способи задання положення тіла у просторі

✳ Положення МТ у декартовій системі координат визначається трьома координатами x , y , z . Також його можна задати радіусом-вектором $\vec{r}$ (це вектор, що проводиться з початку відліку координат в дану точку). Отже для задання положення тіл існують

Координатний спосіб	Векторний спосіб
{	

Ці рівняння - *кінематичні рівняння* руху МТ



Траекторія, шлях, переміщення

✳ Траекторія - це лінія, вздовж якої рухається МТ.

В залежності від форми траекторії рух може бути *прямолінійним та криволінійним*.

Довжину частини траекторії, яку МТ проходить від початку відліку часу, називають **шляхом** $\Delta S = S(t)$.

Вектор $\Delta \vec{r}$, проведений з початкового положення до положення МТ у даний момент часу - **переміщення**

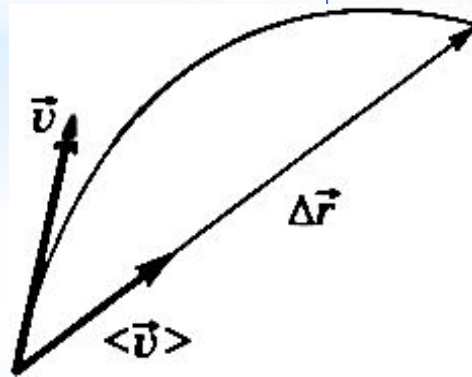
$$\Delta \vec{r} = \vec{r} - \vec{r}_0$$

При прямолінійному русі вектор переміщення співпадає з відповідною ділянкою траекторії, тому модуль переміщення дорівнює пройденому шляху.

Швидкість - векторна величина, яка визначає бистроту зміни переміщення за величиною та напрямом

*Середня швидкість - визначається як відношення переміщення $\Delta\vec{r}$ до проміжку часу Δt , протягом якого це переміщення відбулося; напрямлена так само, як і переміщення $\Delta\vec{r}$.

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



*Миттєва швидкість - визначається похідною радіус-вектора МТ $\Delta\vec{r}$ за часом; напрямлена вздовж дотичної до траєкторії у бік руху.

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

$$[\vec{v}] = 1\text{м/с}$$

Швидкість

*Модуль середньої швидкості

$$\langle v \rangle = \left| \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \right| = \frac{|\Delta \vec{r}|}{\Delta t} = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

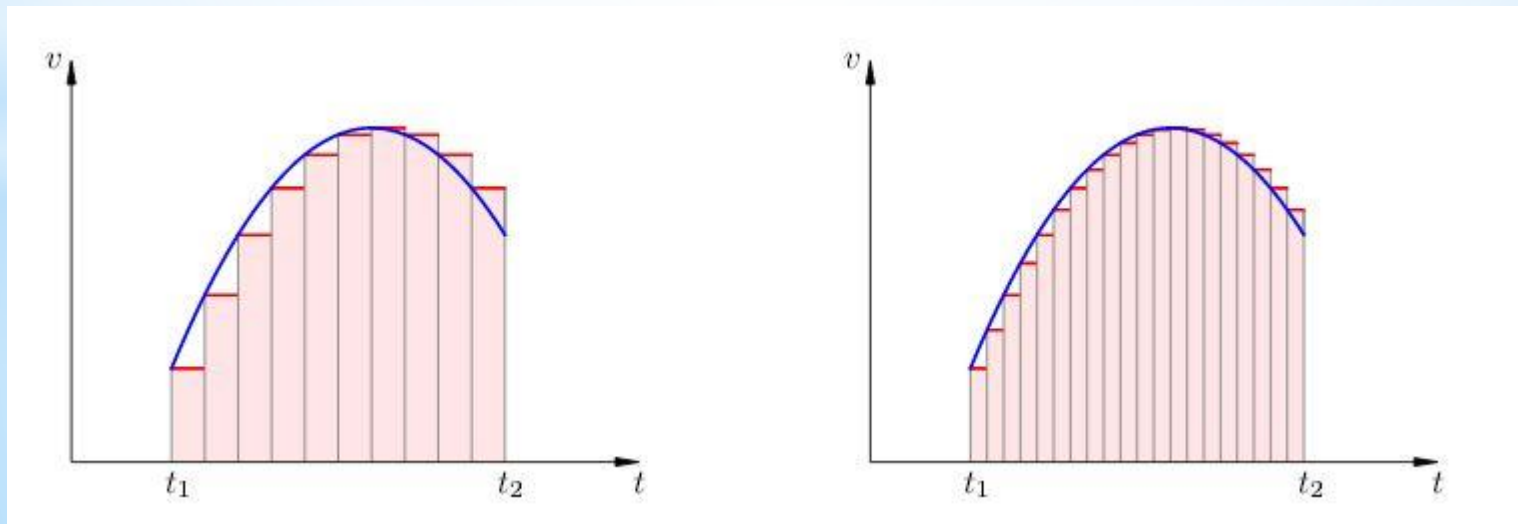
Модуль миттєвої швидкості

$$\begin{aligned} v = |\vec{v}| &= \left| \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \right| = \\ &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left| \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \right| = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta \vec{r}|}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{dS}{dt} \end{aligned}$$

*Оскільки модуль миттєвої швидкості знаходиться як похідна від пройденого МТ шляху, то пройдений шлях можна визначити за допомогою математичної дії, оберненої до знаходження похідної, тобто за допомогою інтегрування:

$$v(t) = \frac{dS}{dt} \Rightarrow dS = v(t)dt$$

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



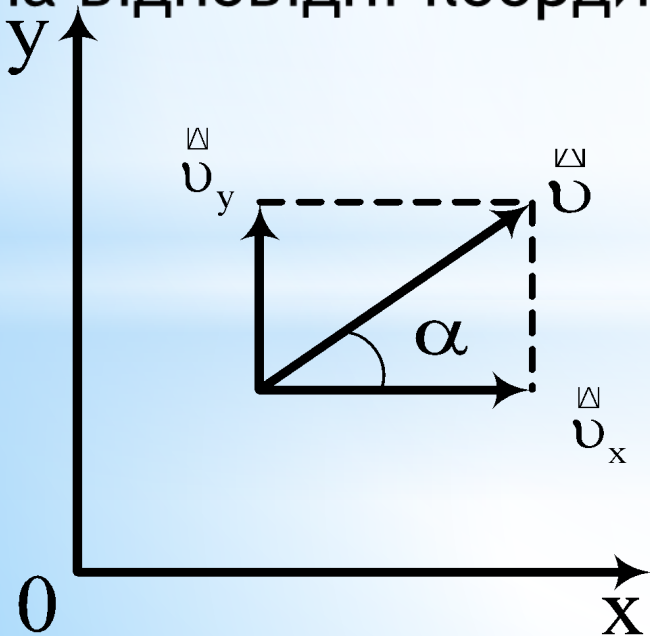
Проекції швидкості на осі координат

*

$$v_x = \frac{dx}{dt} ; v_y = \frac{dy}{dt} ; v_z = \frac{dz}{dt}$$

$$\vec{v} = v_x \vec{i} + v_y \vec{j} + v_z \vec{k}; \quad v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$$

При русі в площині вектор $\vec{v}$ може бути виражений у вигляді суми векторів $\vec{v}_x$ і $\vec{v}_y$, що є його проекціями на відповідні координатні осі.



$$\vec{v} = \vec{v}_x + \vec{v}_y; \quad v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

$$v_x = v \cos \alpha; \quad v_y = v \sin \alpha$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_y}{v_x}$$

Прискорення - векторна величина, що визначає бистроту зміни швидкості за величиною та напрямом

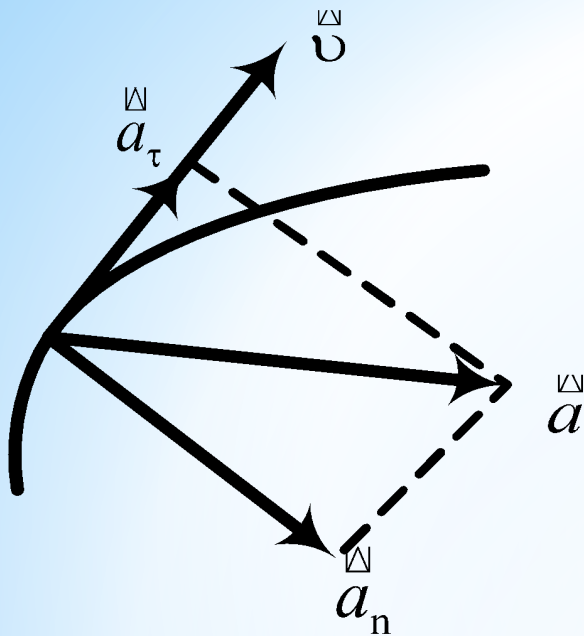
*Середнє прискорення - визначається відношенням зміни швидкості до проміжку часу, протягом якого ця зміна відбулася.

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

*Миттєве прискорення - визначається як похідна від швидкості за часом або як друга похідна переміщення за часом.

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2}$$

$$[\vec{a}] = 1\text{м}/\text{с}^2$$



При криволінійному русі напрям прискорення не співпадає за напрямом зі швидкістю, тому його розкладають на дві складові:

тангенціальне прискорення a_τ — дорівнює першій похідній від швидкості за часом; характеризує зміну швидкості за модулем

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

нормальне прискорення a_n — напрямлене перпендикулярно дотичній до центру кривизни траєкторії; характеризує зміну швидкості за напрямом

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

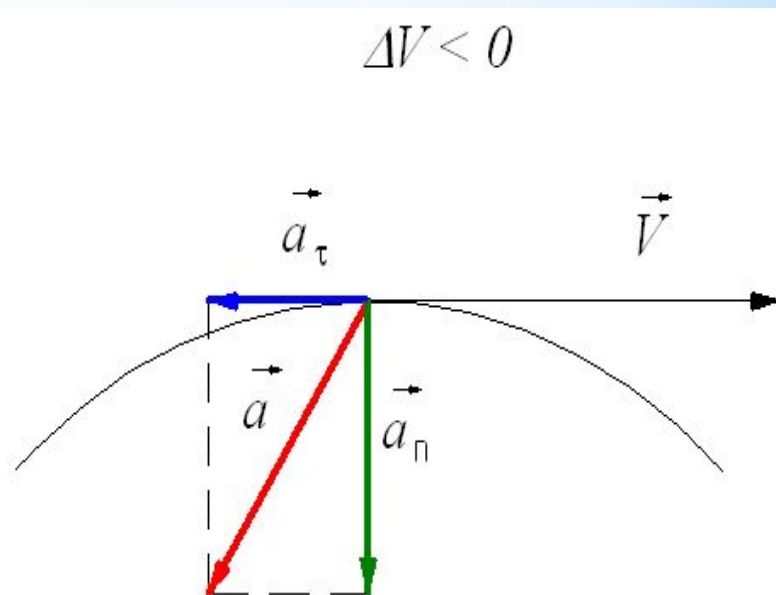
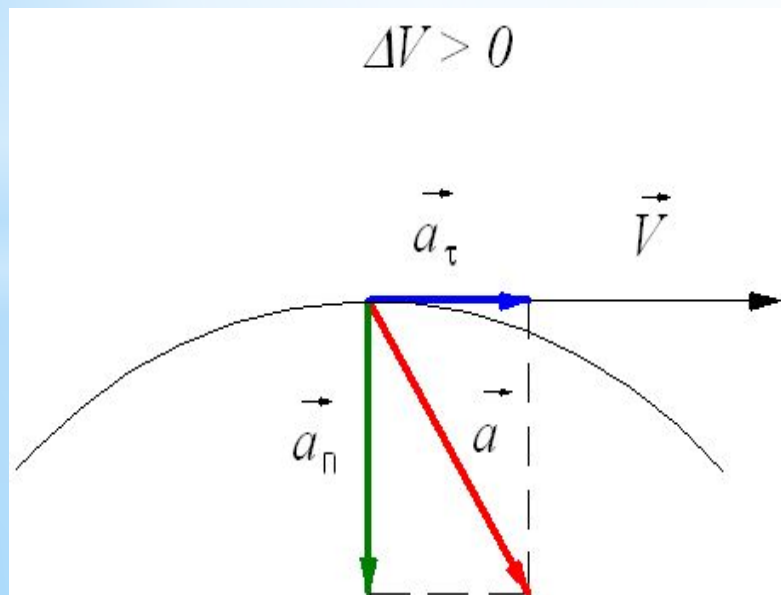
Повне прискорення

* визначається геометричною сумою тангенціальної та нормальної складових:

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

а у скалярному вигляді

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



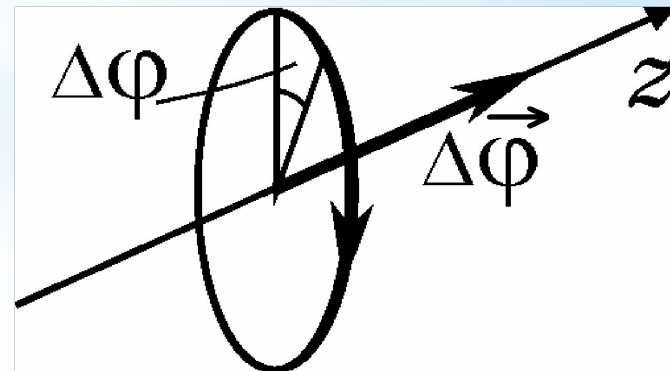
Класифікація руху

залежно від тангенціальної і нормальної складової прискорення

		Рух
0	0	прямолінійний рівномірний
	0	прямолінійний рівнозмінний
	0	прямолінійний зі змінним прискоренням
0		рівномірний по колу
0		рівномірний криволінійний
	$\neq 0$	криволінійний рівнозмінний
	$\neq 0$	криволінійний зі змінним прискоренням

Кінематичні характеристики обертального руху

* Нехай деяка точка рухається по колу радіуса R . Її положення через проміжок часу Δt задається кутом $\Delta\varphi$. Елементарні кути повороту розглядаються як вектори $\Delta\vec{\varphi}$ - вектори кутового переміщення. Модуль вектора кутового переміщення $\vec{\varphi}$ дорівнює куту повороту $\Delta\varphi$, а його напрям співпадає з напрямом правого гвинта. Вектор $\Delta\vec{\varphi}$ - так званий *аксіальний вектор*.



Кінематичні характеристики обертального руху

* Кутова швидкість - це векторна величина, що дорівнює першій похідній кута повороту за часом

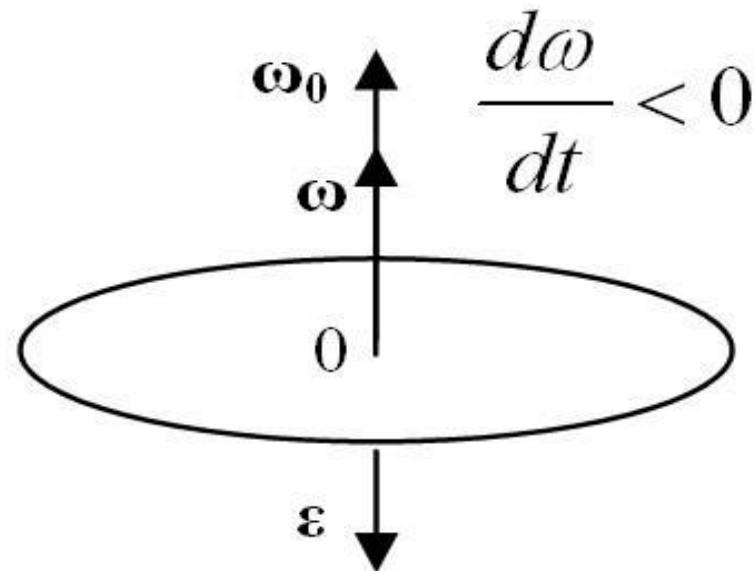
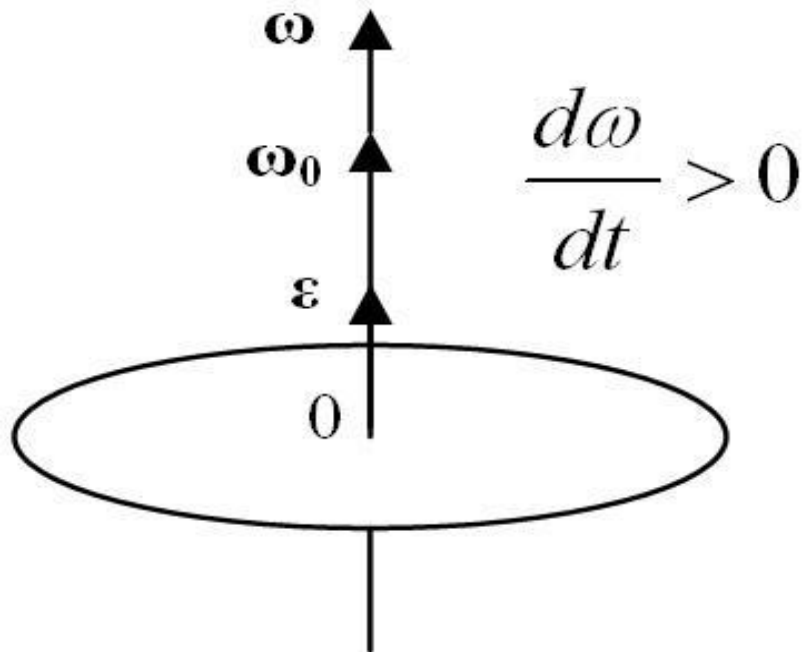
$$\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}; [\vec{\omega}] = 1 \text{ рад/с}$$

Кутове прискорення - векторна величина, що дорівнює першій похідній кутової швидкості за часом або другій похідній кута повороту за часом

$$\vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}; [\vec{\varepsilon}] = 1 \text{ рад/с}^2$$

Аксіальні вектори

*Аксиальні вектори (або псевдовектори), не мають певних точок прикладання та можуть відкладатися від довільної точки на осі обертання. Аксиальні вектори **кутових переміщення** $\Delta\vec{\varphi}$ та **швидкості** $\vec{\omega}$ пов'язані з напрямом обертання **правилом правого гвинта**. Напрямок вектора **кутового прискорення** залежить від знаку похідної $\frac{d\omega}{dt}$.



Рівномірний рух по колу -

* Це рух зі сталою кутовою швидкістю $\vec{\omega} = \text{const}$. Його характеризують за допомогою наступних фізичних величин:

1) **Період обертання** - час, протягом якого МТ здійснює один повний оберт, тобто повертається на кут 2π :

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

2) **Частота обертання** - кількість повних обертів за одиницю часу:

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

звідси

$$\omega = 2\pi\nu$$

Зв'язок лінійних та кутових характеристик руху

$$S = \varphi R; \quad \omega = vR; \quad a_\tau = \varepsilon R$$

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

* Рівнозмінний
прямолінійний рух

* Рівнозмінний
обертальний рух

Рівняння швидкості

$$v = v_0 + at$$

$$\omega = \omega_0 + \varepsilon t$$

Рівняння переміщення

$$S = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

$$\varphi = \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2}$$