КУРС ЗАГАЛЬНОЇ ФІЗИКИ

ЛЕКЦІЯ 1

МЕХАНІЧНИЙ РУХ.

КІНЕМАТИКА МАТЕРІАЛЬНОЇ ТОЧКИ.

ФІЗИКА. ЩО ЦЕ?

Фізика (від грец. physis - природа) - це наука, що вивчає найпростіші і разом з тим найбільш загальні властивості і закони руху оточуючих нас об'єктів матеріального світу.

РОЗДІЛИ ФІЗИКИ

МЕХАНІКА. ФІЗИЧНІ МОДЕЛІ

Механіка - це наука про механічний рух, що полягає в переміщенні матеріальних тіл або їх частин одна відносно одної, і про те як відбуваються при цьому русі взаємодії між тілами.

Механіку ділять на кінематику, статику і динаміку. ***Кінематика*** - це вчення про геометричні властивості руху тіл. ***Статика*** - це вчення про рівновагу тіл під дією сил. ***Динаміка*** - це вчення про рух тіл під дією сил.

При вивченні руху матеріальних тіл в механіці використовують такі фізичні моделі:

1) ***матеріальна точка*** (м.т.) - це тіло, розмірами якого в умовах даної задачі можна знехтувати;

2) ***абсолютно тверде тіло*** - це система матеріальних точок, відстань між якими не змінюється в процесі руху (нехтують деформаціями тіла);

3) ***суцільне середовище*** - це середовище, яке можна розглядати як безперервне, нехтуючи її дискретною атомно-молекулярною будовою.

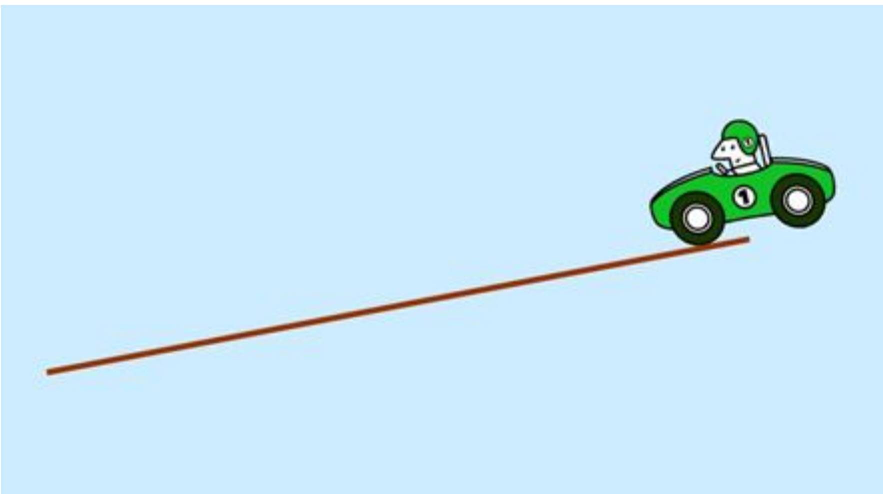
КІНЕМАТИКА МАТЕРІАЛЬНОЇ ТОЧКИ

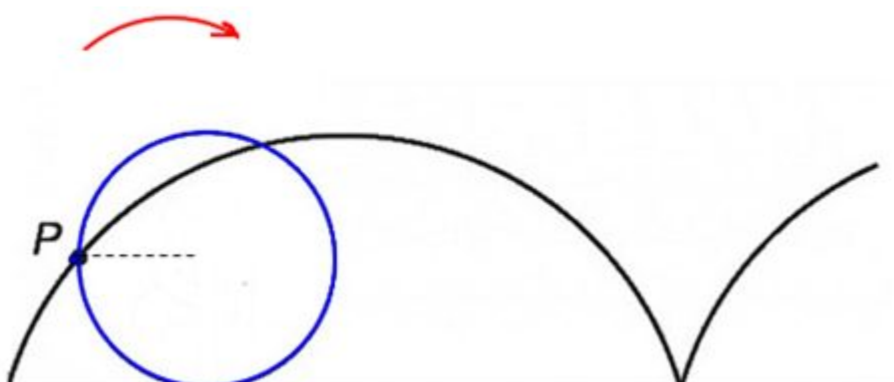
Траєкторія - це лінія, яку описує матеріальна точка при своєму русі.

Шлях - це відстань, яку проходить м.т. при своєму русі.

Переміщення - це вектор, що сполучає початкове положення м.т. з її кінцевим положенням. Відзначимо, що до кинематическим характеристикам руху відносять радіус-вектор, швидкість, прискорення, шлях, час і ін.

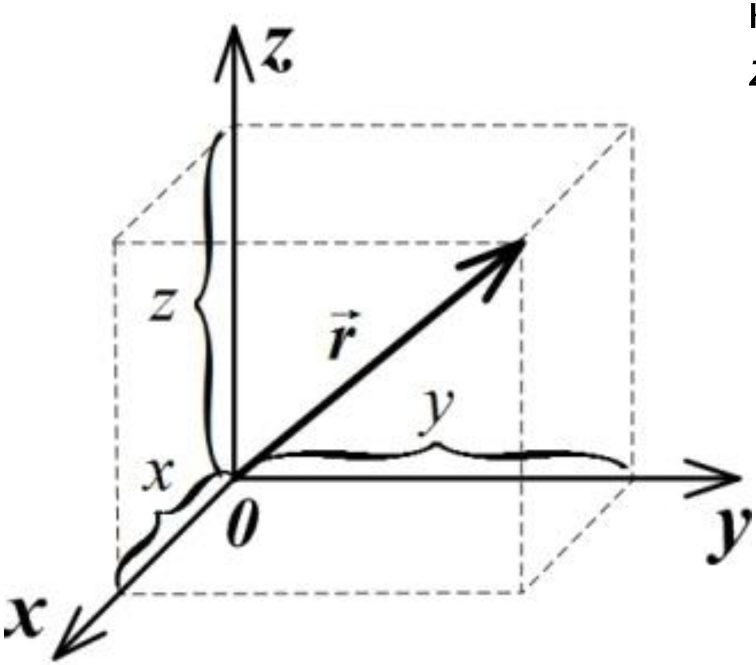
КІНЕМАТИКА МАТЕРІАЛЬНОЇ ТОЧКИ





КІНЕМАТИКА МАТЕРІАЛЬНОЇ ТОЧКИ

Радіус-вектор м.т. - це вектор, проведений з початку декартової системи координат в точку простору, де знаходиться м.т. в даний моментчасу.



Проекції радіус-вектора на осі системи координат дорівнюють координатам *x, y, z* м.т., Тобто

$$r_x = x;\; r_y = y;\; r_z = z.$$

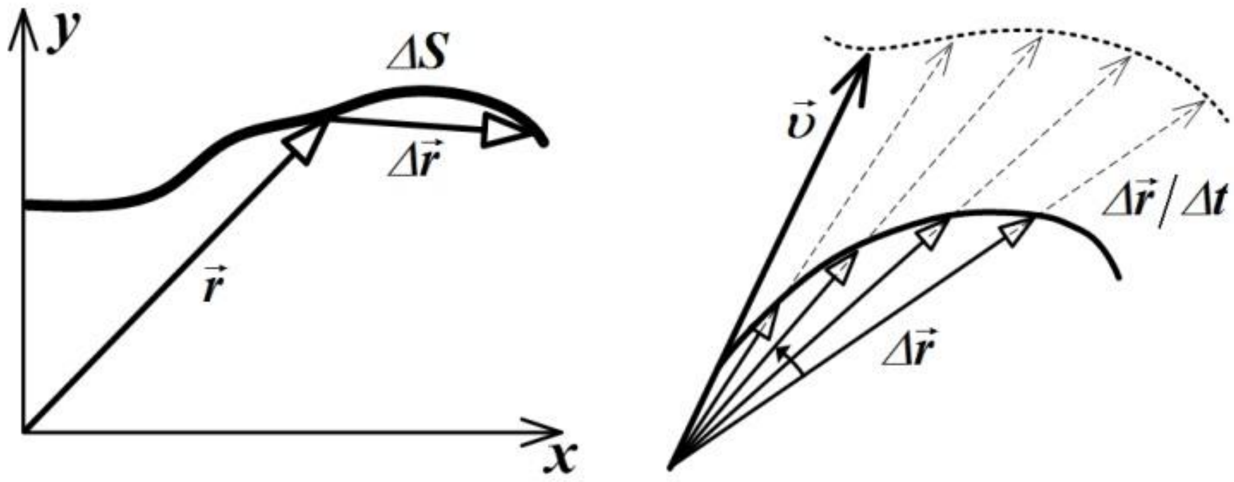
Т.ч., радіус-вектор матеріальної точки можна представити у вигляді:

$$\boxed{\vec{r} = r_x \cdot \vec{i} + r_y \cdot \vec{j} + r_z \cdot \vec{k}}$$

$\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ орт осей x, y і z

КІНЕМАТИКА МАТЕРІАЛЬНОЇ ТОЧКИ

При русі матеріальної точки радіус-вектор змінюється як за напрямком, так і по величині. Зафіксуємо деякий момент часу ***t***, якому відповідав би радіус-вектор $\vec{r}$. Протягом елементарного інтервалу часу Δt м.т. проходить елементарний шлях ΔS і отримує елементарне прирощення $\Delta\vec{r}$. Розглянемо вектор $\Delta\vec{r}/\Delta t$. Якщо Δt наближається до ***0,*** то зазначений вектор перестає змінюватися як за напрямком, так і за величиною:



КІНЕМАТИКА МАТЕРІАЛЬНОЇ ТОЧКИ

Швидкість м.т. в даний момент часу -це:

$$\boxed{\vec{\upsilon} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}}$$

Напрямок вектора швидкості визначає дотична до траєкторії м.т. у відповідний момент часу.

КІНЕМАТИКА МАТЕРІАЛЬНОЇ ТОЧКИ

Модуль швидкості м.т. запишеться виразом:

$$\boldsymbol{\upsilon} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{|\Delta \vec{r}|}{\Delta t}$$

В випадку, якщо Δt наближається до ***0,*** модуль переміщення стає рівним пройденого шляху за той же інтервал часу, а значить:

$$\boxed{\boldsymbol{\upsilon} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{dS}{dt}}$$

КІНЕМАТИКА МАТЕРІАЛЬНОЇ ТОЧКИ

Улитка	1,5	мм/сек	5.4	м/час
Черепаха	20	"	70	"
Рыба	1	м/сек	3,6	км/час
Пешеход	1,4	"	5	"
Конница шагом Конница рысью	1,7 3,5	" "	6 12,6	" "
Муха	5	"	18	"
Лыжник Конница карьером Теплоход с подводными крыльями	5 8,5 16	" " "	18 30 58	" " "
Заяц Орел	18 24	" "	65 86	" "
Охотничья собака Поезд	25 28	" "	90 100	" "
Автомобиль ЗИЛ-111 Гоночный автомобиль (рекорд)	50 174	" "	170 633	" "
ТУ-104	220	"	800	"
Звук в воздухе Легкий реактивный самолет	330 550	"	1200 2000	" "
Земля по орбите	30000	"	108000	"

КІНЕМАТИКА МАТЕРІАЛЬНОЇ ТОЧКИ

Аналогічно визначенню швидкості м.т. можна записати її прискорення:

$$\boxed{\vec{a} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{\upsilon}}{\Delta t} = \frac{d\vec{\upsilon}}{dt}}$$

Т.ч., ***швидкість м.т.*** - це стрімкість зміни радіус-вектора м.т.; ***прискорення м.т.*** - це стрімкість зміни швидкості м.т. З огляду на вираз для радіуса вектора м.т., Швидкість і прискорення можуть бути представлені у вигляді:

$$\vec{\upsilon} = \frac{d\,r_x}{d\,t} \cdot \vec{i} + \frac{d\,r_y}{d\,t} \cdot \vec{j} + \frac{d\,r_z}{d\,t} \cdot \vec{k}, \quad \vec{a} = \frac{d^2 r_x}{d\,t^2} \cdot \vec{i} + \frac{d^2 r_y}{d\,t^2} \cdot \vec{j} + \frac{d^2 r_z}{d\,t^2} \cdot \vec{k}.$$

КІНЕМАТИКА МАТЕРІАЛЬНОЇ ТОЧКИ

Середньою швидкістю і **середнім прискоренням** називають векторні величини, що визначаються як

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

і

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

КІНЕМАТИКА МАТЕРІАЛЬНОЇ ТОЧКИ

Нормальне і тангенціальне прискорення. Радіус кривизни траєкторії

Розглянемо криволінійний рух м.т. При цьому уявімо швидкість м.т. У вигляді $\vec{\upsilon} = \upsilon \cdot \vec{\tau}$, где $\vec{\tau}$ –

орт дотичної до траєкторії м.т., спрямований в той же бік, що і швидкість. Тоді прискорення м.т. може бути записано як

$$\vec{a} = \frac{d\upsilon}{dt} \cdot \vec{\tau} + \upsilon \cdot \frac{d\vec{\tau}}{dt},$$ где

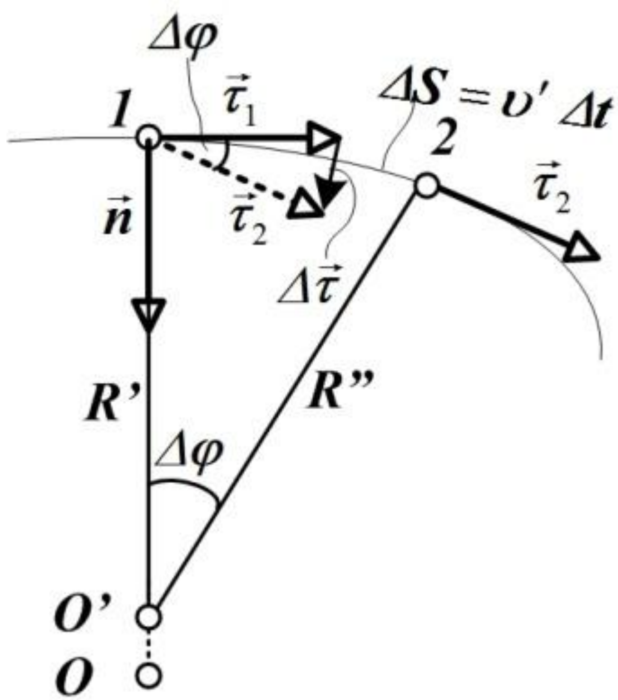
$$\boxed{\vec{a}_\tau = \frac{d\upsilon}{dt} \cdot \vec{\tau}}$$ - тангенціальне прискорення

$$\vec{a}_n = \upsilon \cdot \frac{d\vec{\tau}}{dt}$$ - нормальне прискорення

КІНЕМАТИКА МАТЕРІАЛЬНОЇ ТОЧКИ

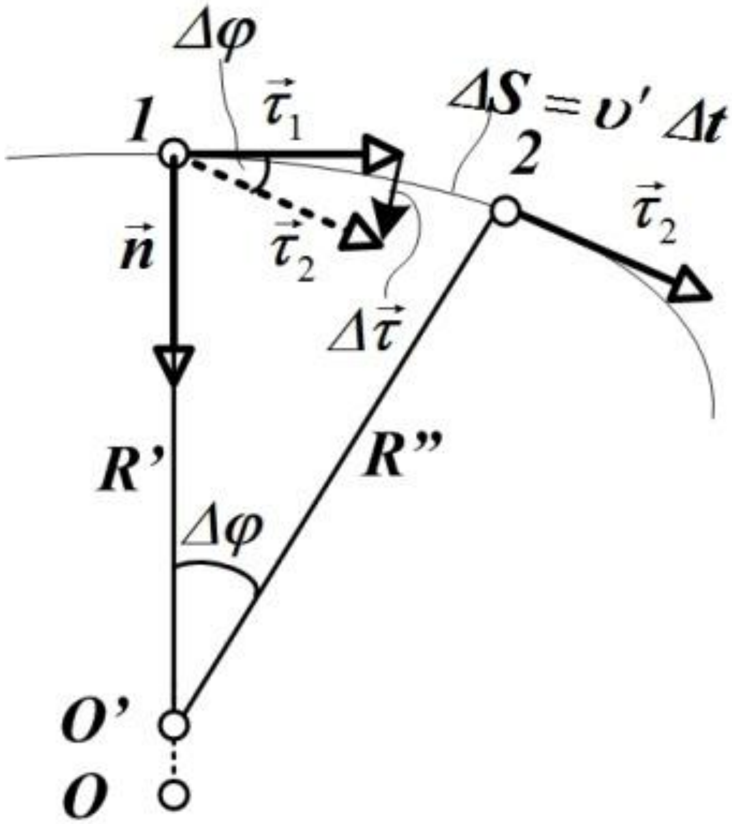
Тангенціальне прискорення - це фізична величина, яка характеризує бистроту зміни величини швидкості

Визначимо чим обумовлена складова нормального прискорення $d\vec{\tau}/d\,t$



Розглянемо рух м.т. по плоскій кривій. Нехай м.т. переміщується з положення 1 в положення 2. Побудуємо в цих точках одиничні вектори $\vec{\tau}_1$ і $\vec{\tau}_2$, Спрямовані по дотичній до траєкторії. Далі до вказаних векторів проведемо перпендикуляри, що перетинаються в т. O'. Якщо т. 2 наближати до т. 1, то т. O' зміщуватиметься і в межі виявиться в положенні т. O. При цьому відстані R ' і R " будуть наближатися до спільного межі R.

КІНЕМАТИКА МАТЕРІАЛЬНОЇ ТОЧКИ



Величина, що дорівнює

$$\boxed{R = \lim_{\Delta\varphi \to 0} \frac{\Delta S}{\Delta\varphi} = \frac{dS}{d\varphi}}$$

називається ***радіусом кривизни траєкторії***

КІНЕМАТИКА МАТЕРІАЛЬНОЇ ТОЧКИ

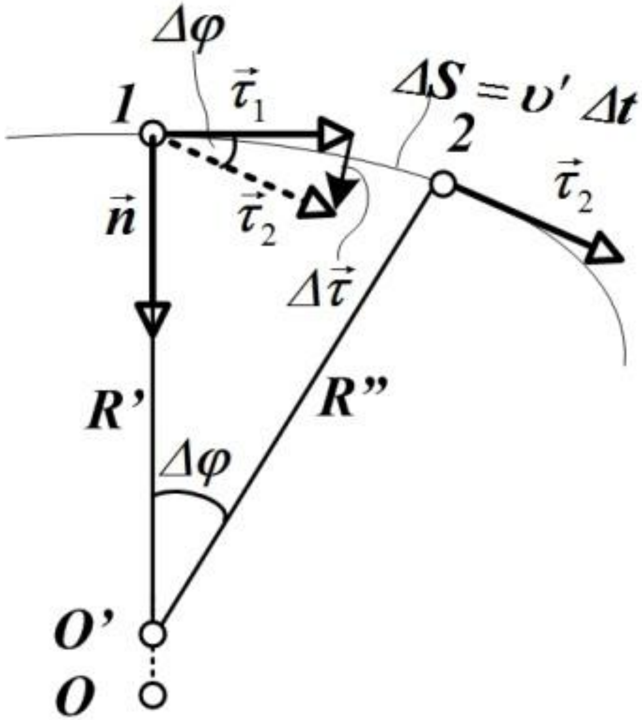
Точка О називається центром кривизни траєкторії в т. 1. Якщо т.1 і т.2 розташовані нескінченно близько одна до одної, то можна записати $\Delta\phi = \Delta S / R$.

Відзначимо, що вектори $\vec{\tau}_1$ і $\vec{\tau}_2$ - одиничні, а значить при русі м.т. вони можуть змінюватися лише за напрямком. Тоді в разі нескінченно близького розташування точок 1 і 2 вектора $\vec{\tau}_1$ і $\vec{\tau}_2$ в межі стануть паралельні. Значить і вектор в межі виявиться перпендикулярним до $\Delta\vec{\tau}$. Введемо вектор $\vec{n}$ - орт нормалі до траєкторії, спрямований до центру кривизни траєкторії. У межі можна записати, що

$$\Delta\vec{\tau} = \left|\Delta\vec{\tau}\right| \cdot \vec{n} \approx \Delta\varphi \cdot \vec{n}.$$

КІНЕМАТИКА МАТЕРІАЛЬНОЇ ТОЧКИ

Звідси $\frac{\Delta \vec{\tau}}{\Delta t} \approx \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} \cdot \vec{n}$, а значит $\frac{d \vec{\tau}}{d t} = \frac{d \varphi}{d t} \cdot \vec{n}$.



Зауважимо, що $(\Delta\phi / \Delta t) \approx (\upsilon' / R')$, де υ' - середня швидкість м.т. за час Δt. У межі $R' \to R$, а $\upsilon' \to \upsilon$, де υ - миттєва швидкість м.т. в положенні 1. Тоді

$$\frac{d \vec{\tau}}{d t} = \frac{d \varphi}{d t} \cdot \vec{n} = \frac{\upsilon}{R} \cdot \vec{n}$$

Значить нормальне прискорення дорівнюватиме

$$\boxed{\vec{a}_n = \frac{\upsilon^2}{R} \cdot \vec{n}}$$

КІНЕМАТИКА МАТЕРІАЛЬНОЇ ТОЧКИ

Нормальне прискорення - це фізична величина, яка характеризує зміну напрямку швидкості.

З огляду на вище сказане, прискорення м.т. записують у вигляді

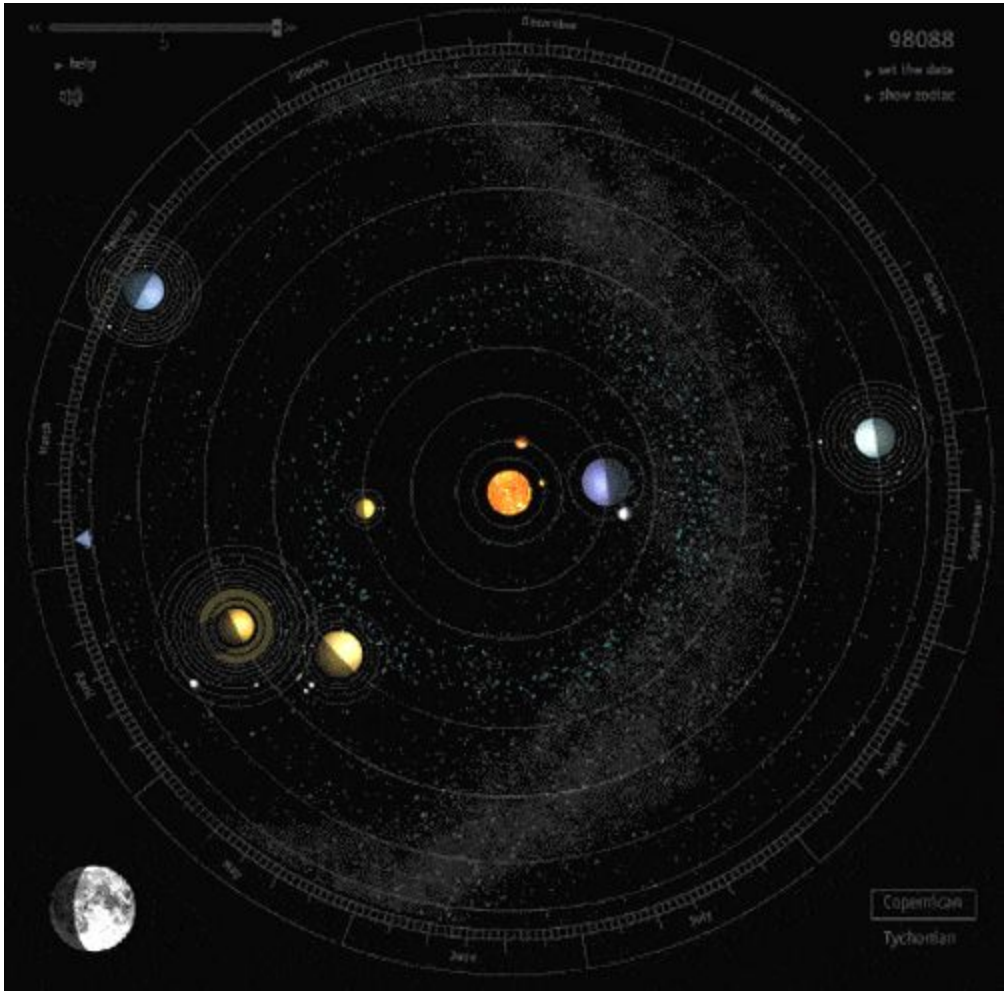
$$\boxed{\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n},$$

а модуль даного прискорення визначають як

$$\boxed{a = \sqrt{\left|\vec{a}_\tau\right|^2 + \left|\vec{a}_n\right|^2}.}$$

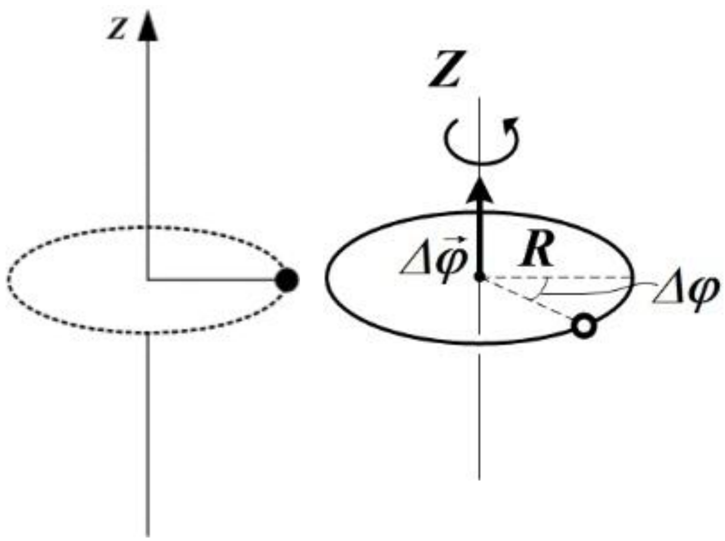
КІНЕМАТИКА ОБЕРТАЛЬНОГО РУХУ

КІНЕМАТИКА ОБЕРТАЛЬНОГО РУХУ



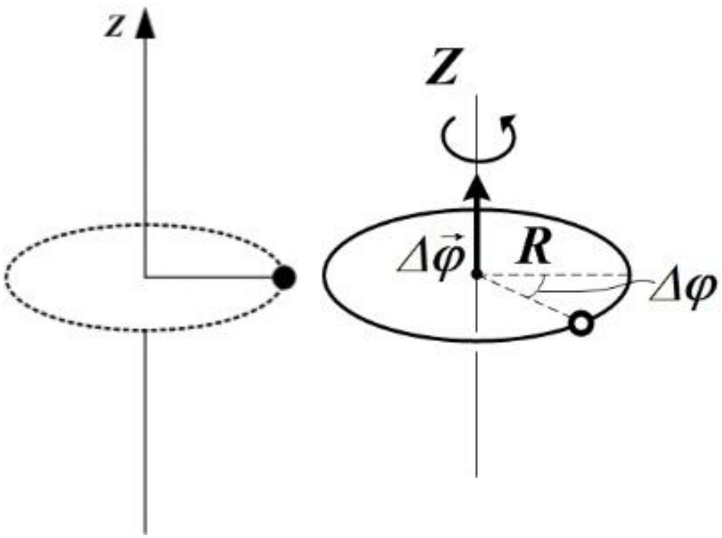
КІНЕМАТИКА ОБЕРТАЛЬНОГО РУХУ

КІНЕМАТИКА ОБЕРТАЛЬНОГО РУХУ



Розглянемо обертання м.т. відносно нерухомої осі. Поворот м.т. на кут $\Delta\phi$ можна задати у вигляді вектора, довжина якого дорівнює $\Delta\phi$, лежить він на осі обертання і напрям вектора пов'язано з напрямком обертання правилом правої руки. Повороти на кінцеві кути складаються не за правилом паралелограма, а значить не є векторами. У той же час повороти на дуже малі кути $\Delta\phi$ можна розглядати як вектори, тому що для них правило паралелограма справедливе. Такі вектори позначають як $\Delta\vec{\varphi}$ або $d\vec{\varphi}$ Напрямок вектора повороту пов'язується з напрямком обертання тіла. Значить $d\vec{\varphi}$ є не справжнім вектором, а псевдовектором. Елементарний вектор кута повороту - одна з кінематичних характеристик обертального руху м.т.

КІНЕМАТИКА ОБЕРТАЛЬНОГО РУХУ



Векторна величина

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

називається ***кутовою швидкістю*** м.т. (Δt - час, за який здійснюється поворот $\Delta\phi$). Як випливає з визначення, кутова швидкість - це також псевдовектор, спрямований також як і $d\vec{\varphi}$.

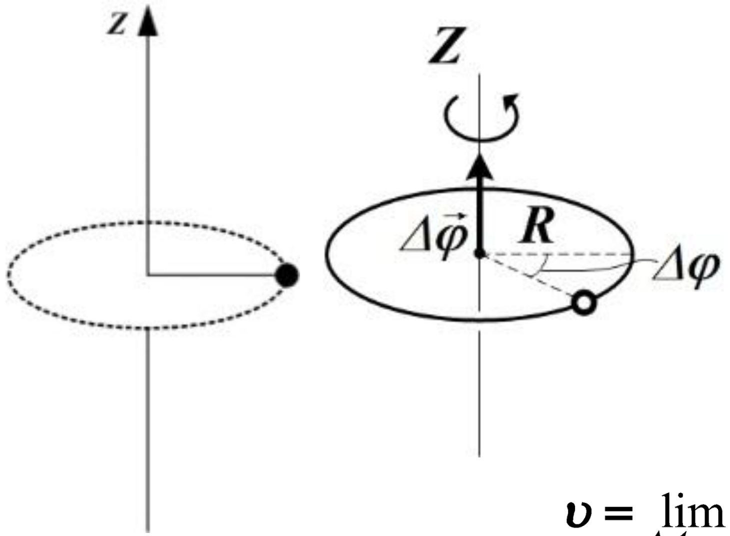
Кутова швидкість може змінюватися як за величиною, так і за напрямком. Якщо за час Δt кутова швидкість зростає, то цю зміну $\Delta\vec{\omega}$ характеризують

$$\boxed{\vec{\varepsilon} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{\omega}}{\Delta t} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}}$$

кутовим прискоренням.

Кутове прискорення також є псевдовектором. Якщо вісь обертання нерухома, то при прискореному обертанні кутове прискорення збігається за напрямком з кутовий швидкістю,а при сповільненому обертанні напрямки кутової швидкості і прискорення протилежні.

КІНЕМАТИКА ОБЕРТАЛЬНОГО РУХУ



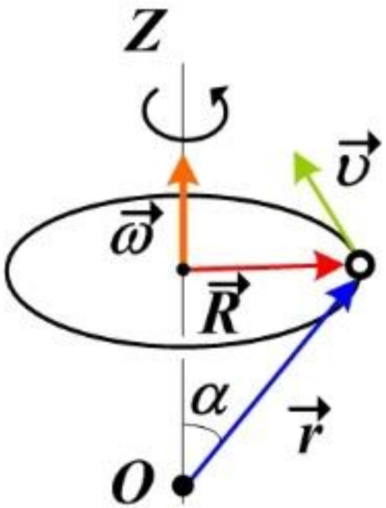
При обертанні в кожен фіксований момент часу м.т. має *лінійну* швидкість $\vec{\upsilon}$ і *лінійне* прискорення $\vec{a}$. Знайдемо зв'язок між кутовими і лінійними кінематичними характеристиками м.т. при обертальному русі відносно нерухомої осі.

$$\upsilon = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta S}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \to 0} R \cdot \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = R \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = R \frac{d\varphi}{dt} = R\omega$$

$$a_n = \frac{\upsilon^2}{R} = \frac{(\omega \cdot R)^2}{R} = \omega^2 R$$

$$a_\tau = \left| \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \upsilon}{\Delta t} \right| = \left| \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta(\omega R)}{\Delta t} \right| = \left| \lim_{\Delta t \to 0} R \frac{\Delta \omega}{\Delta t} \right| = R \left| \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \omega}{\Delta t} \right| = R\varepsilon$$

КІНЕМАТИКА ОБЕРТАЛЬНОГО РУХУ



$$\vec{\upsilon} = [\vec{\omega}, \vec{R}]$$

$$\vec{a}_{\text{n}} = -\omega^2 \cdot \vec{R}$$

$$\vec{a}_{\tau} = [\vec{\varepsilon}, \vec{R}]$$