

Черкаський національний університет  
імені Богдана Хмельницького

# **Rotating Reference Frames**

Система відліку що обертається

Проект  
з дисципліни “Обчислювальна фізика”  
студента 1 курсу, ОКР магістр  
групи мПМ1  
Кучера Олександра

# Теоретичні відомості

- Система відліку що обертається є окремим випадком неінерціальної системі відліку, яка обертається щодо інерціальної системи відліку. Щоденний приклад такої системі відліку є поверхня Землі.

# Неінерційна система відліку

- Неінерційна система відліку - система відліку, в якій не виконується перший закон Ньютона - «закон інерції», що говорить про те, що кожне тіло, за відсутності діючих на нього сил, перебуває в стані спокою або рухається по прямій з постійною швидкістю. Будь-яка система відліку, що рухається з прискоренням або обертається щодо інерційної, є неінерційною. Другий закон Ньютона також не виконується в неінерційних системах відліку. Для того, щоб рівняння руху матеріальної точки в неінерційній системі відліку за формою збігалося з рівнянням другого закону Ньютона, додатково до «звичайних» сил, дійсних в інерційних системах, вводять сили інерції.
- Закони Ньютона виконуються тільки в інерційних системах відліку. Для того, щоб знайти рівняння руху в неінерційній системі відліку, потрібно знати закони перетворення сил і прискорень при переході від інерційної системи до будь неінерційної.

# Неінерційна система відліку

- Класична механіка постулює наступні два принципи:
  - час абсолютний, тобто проміжки часу між будь-якими двома подіями однакові у всіх системах відліку, що довільно рухаються;
  - простір абсолютний, тобто відстань між двома будь-якими матеріальними точками однаковий у всіх системах відліку, що довільно рухаються.
- Ці два принципи дозволяють записувати рівняння руху матеріальної точки відносно будь неінерційної системи відліку, в якій не виконується перший закон Ньютона.

# Неінерційна система відліку

- Рівняння руху матеріальної точки в неінерційній системі відліку може бути представлено у вигляді:
- $ma_r = F - ma_e - ma_k$
- $m$  – маса тіла
- $a_r$  - прискорення і швидкість тіла відносно неінерційної системи відліку
- $F$  - сума всіх зовнішніх сил, що діють на тіло
- $a_e$  - переносне прискорення тіла
- $a_k$  - коріолісове прискорення тіла

# Неінерційна система відліку

- Це рівняння може бути записано у звичній формі другого закону Ньютона, якщо ввести сили інерції:
- $F_e = -ma_e$  - переносна сила інерції
- $F_k = -ma_k$  - сила Коріоліса
- В неінерціальних системах відліку виникають сили інерції. Поява цих сил є ознакою неінерціальної системи відліку.

# Інерційна система відліку

- Інерційна система відліку — система відліку, в якій тіло, на яке не діють жодні сили (або сили, що діють на нього компенсують одна одну, тобто рівнодійна дорівнює нулю), рухається рівномірно й прямолінійно. Або це система відліку, в якій прискорення тіла зумовлене тільки дією на нього сил.
- Існування інерційних систем відліку постулюється в сучасному формулюванні законів Ньютона.
- Система відліку, яка рухається із сталою швидкістю відносно інерційної системи, також є інерційною.
- При переході від однієї інерційної системи відліку до іншої справедливі перетворення Лоренца.

# Фіктивні сили неінерційних систем відліку

- Все неінерційні системи відліку демонструють фіктивні сили. Системи відліку що обертаються характеризуються трьома фіктивними силами:
  - відцентрова сила
  - сила Коріоліса
- і для систем відліку що обертаються нерівномірно,
  - сила Ейлера



# Завдання для виконання

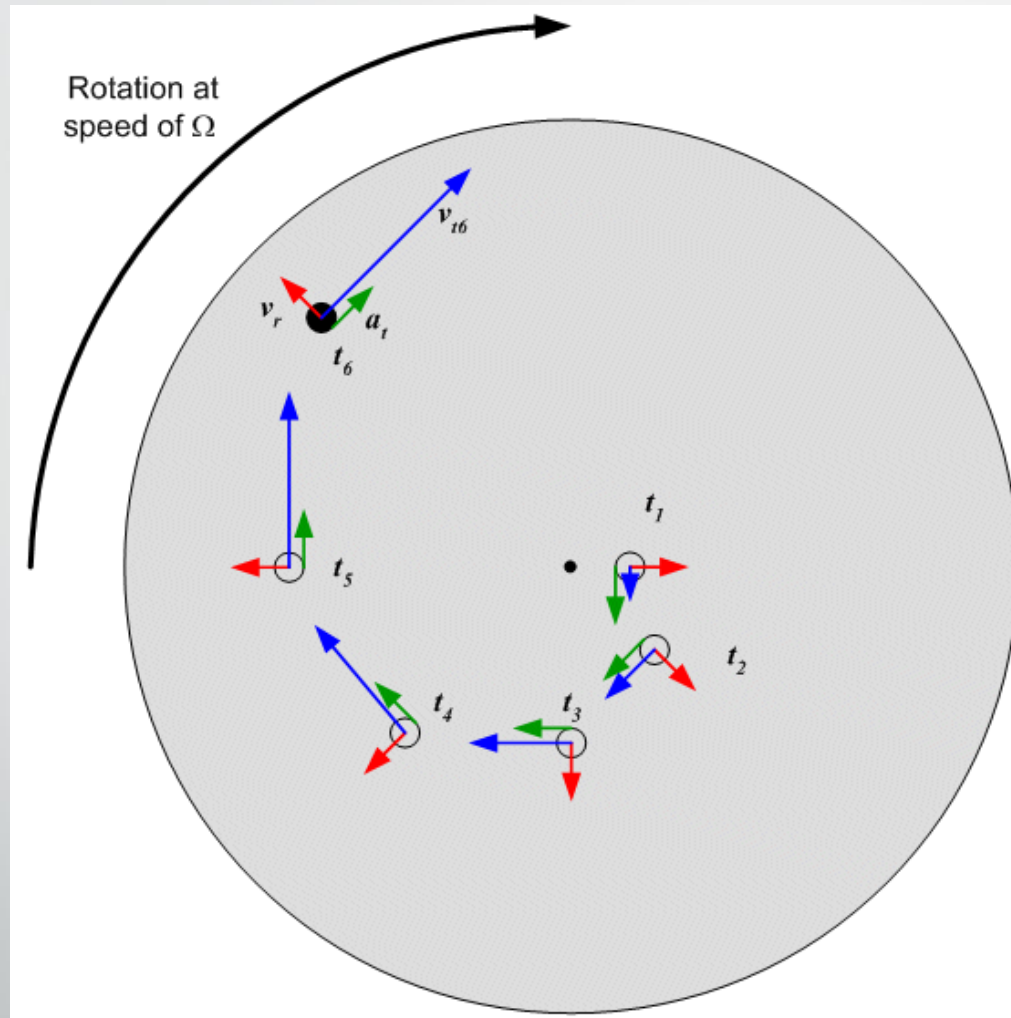
- Змодельовати рух м'яча, кинутого в повітря з платформи що обертається.
- Розв'язати рівняння руху в інерційній системі відліку і перетворити отримані траєкторії на траєкторії в неінерційній системі відліку.


# Зв'язок між позиціями в двох системах відліку

- Щоб отримати фіктивні сили, корисно мати можливість конвертувати координати  $(x', y', z')$  системи відліку що обертається і координати  $(x, y, z)$  інерційної система відліку того ж походження. Якщо обертання навколо осі  $z$  з кутовою швидкістю  $\omega$  в двох системах відліку збігаються в момент часу  $t = 0$ , перехід від обертових координат в інерційну систему координат можна записати:

- $$\begin{cases} x = x' \cos(\theta(t)) - y' \sin(\theta(t)) \\ y = x' \sin(\theta(t)) + y' \cos(\theta(t)) \end{cases} \begin{cases} x' = x \cos(-\theta(t)) - y \sin(-\theta(t)) \\ y' = x \sin(-\theta(t)) + y \cos(-\theta(t)) \end{cases}$$

# Швидкість і вектори прискорення, присутні в ефект Коріоліса





- *Дякую за увагу*