



Лекція 4  
Зіткнення двох куль

# МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ





# Мета лекції:

зрозуміти фізичну суть зіткнень;

навчитися математично описувати зіткнення двох куль;

порівняти ідеальні та наближені моделі, що застосовуються в симуляціях.



- 
- 
- Зіткнення куль — одна з базових задач механіки, яка широко використовується у фізичних симуляціях, ігрових рушіях, робототехніці та комп'ютерній графіці. На цій темі добре демонструються закони збереження та різні моделі наближеного моделювання фізичних процесів.

**Куля** — матеріальна точка з радіусом  $r$  та масою  $m$ .

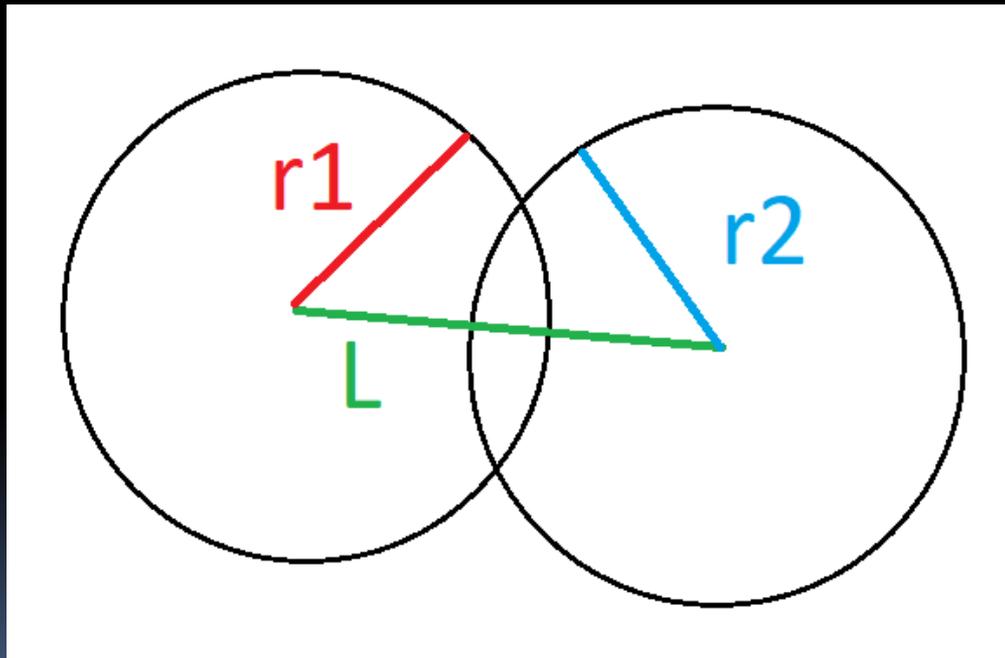
У задачах зіткнення враховують:

- положення  $\vec{x}$ ,
- швидкість  $\vec{v}$ ,
- масу  $m$ ,
- радіус  $R$ .

**Зіткнення** — короткочасна взаємодія тіл, під час якої відбувається різка зміна швидкостей.

# Умова зіткнення двох куль

$$L \leq r_1 + r_2$$

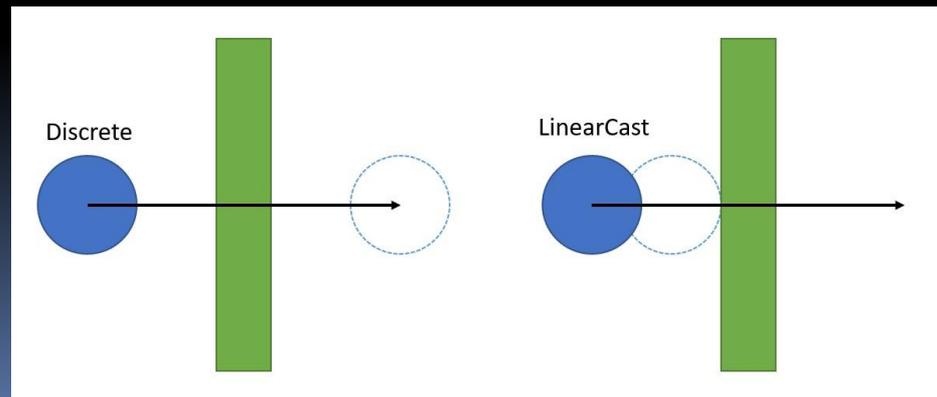


# Дискретне зіткнення (Discrete Collision Detection)

У більшості чисельних симуляцій час дискретизується  $t = 0, \Delta t, \Delta 2t, \dots$

Положення куль оновлюється лише в ці моменти часу:  $\vec{x}_{t+\Delta t} = \vec{x}_t + \vec{v}_t \Delta t$

Дискретне зіткнення — це перевірка перетину тіл лише в кінці кроку симуляції, а не протягом усього інтервалу руху.



# Переваги дискретного зіткнення

Простота реалізації

Висока продуктивність

Добре працює для:

- ⌘ повільних об'єктів;
- ⌘ малих кроків часу;
- ⌘ аркадної або стилізованої фізики

Саме цей підхід найчастіше використовується у базових ігрових симуляціях.

# Тунельний ефект

**Тунельний ефект** — ситуація, коли куля проходить крізь іншу, не зафіксувавши зіткнення.

Це відбувається, якщо за один крок симуляції куля переміщується далі, ніж її діаметр:

$$|\vec{v}|\Delta t > r_1 + r_2$$

У такому випадку:

- ⌘ на кроці  $t$  — кулі ще не перетинаються;
- ⌘ на кроці  $t + \Delta t$  — вже розминулися;
- ⌘ момент реального зіткнення **пропущений**.

# Способи боротьби з тунельним ефектом

⌘ Зменшення кроку часу  $\Delta t$

✓ Просто

✗ Дорожче обчислювально

✗ Не масштабується для великої кількості об'єктів

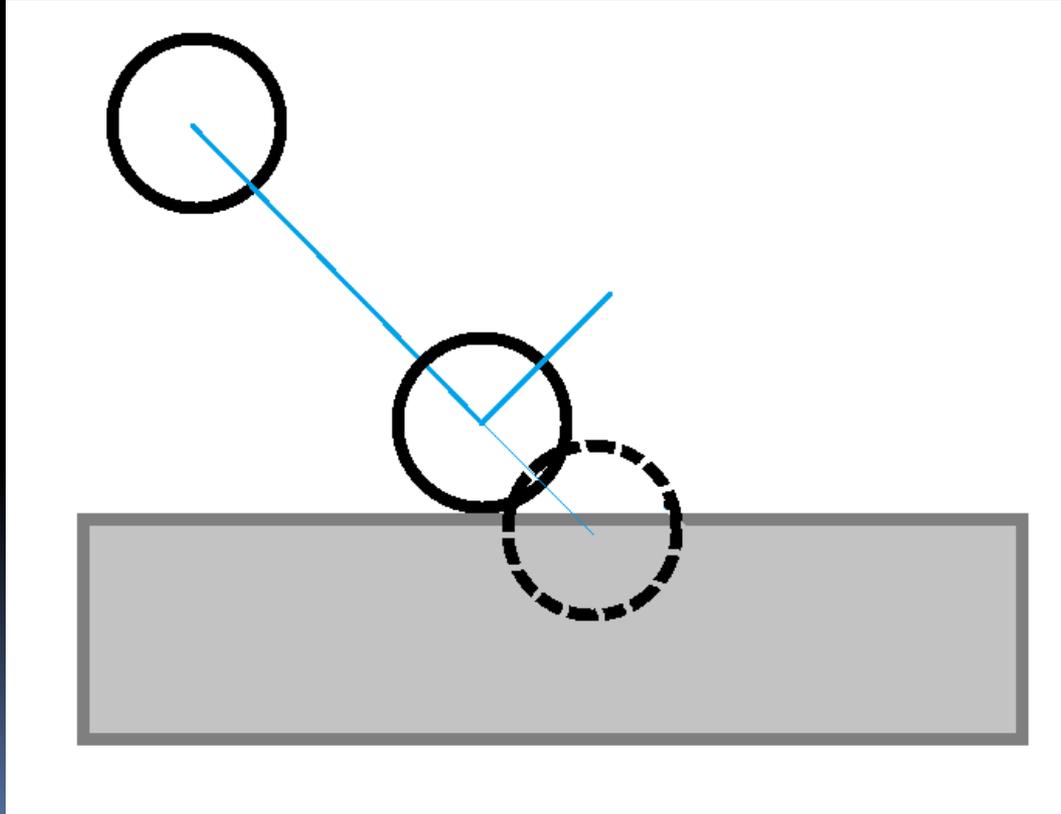
⌘ Обмеження максимальної швидкості

✓ Підходить для аркадних ігор

✗ Нефізично

✗ Неможливо для снарядів / швидких тіл

# Корегування



# Коригування зіткнення двох куль

