



Лекція 3
Моделювання гравітації

**МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ
ПРОЦЕСІВ**





Мета лекції:

зрозуміти фізичну суть гравітації;
розібрати підходи до її моделювання в іграх;
навчитися керувати гравітацією програмно;
відрізняти *реалістичну фізику* від *ігрової фізики*.





Гравітація — одна з базових фізичних сил, яка формує відчуття «ваги», «реальності» та керованості об'єктів у грі.



У ігрових рушіях гравітація **не обов'язково** моделюється фізично точно — частіше вона **адаптована під геймплей**.

Фізична основа гравітації

- У класичній механіці:
 - гравітація — це **постійне прискорення**, напрямлене до центру мас;
 - поблизу поверхні Землі:

$$g \approx 9,81 \text{ м/с}^2$$

Важливо: масу можна проігнорувати, якщо ми працюємо напрямку з прискоренням.

Гравітація в ігрових рушіях

- У більшості рушіїв:
 - гравітація — це **вектор прискорення**, який:
 - додається до швидкості;
 - застосовується кожен кадр або фізичний тік.
- Але:
- це не обов'язково реальне значення;
- часто використовується -15, -20, -30 для кращого відчуття.



У реальних іграх гравітацію **модифікують**:

Різна гравітація для стрибка

- підйом — слабша гравітація;
- падіння — сильніша.

Ефект:

- стрибок виглядає «м'яким»;
- падіння — «швидким і важким»

Обмеження максимальної швидкості падіння дозволяє:

- уникати «кульового» падіння;
- стабільності колізій.

Реалізм vs Геймплей

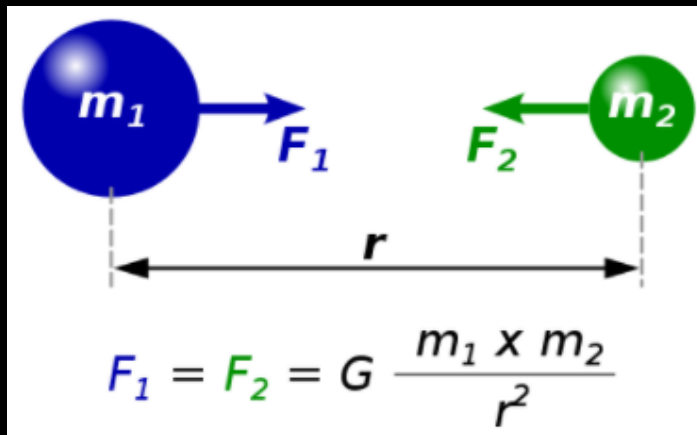
Аспект	Реалізм	Геймплей
Значення g	9.81	15–40
Стрибок	Симетричний	Асиметричний
Падіння	Повільне	Швидке
Колізії	Фізично точні	Прощаючі

Закон всесвітнього тяжіння

Закон всесвітнього тяжіння описує гравітаційну взаємодію **будь-яких двох масивних тіл** у Всесвіті.

Формулювання:

Кожні два тіла притягуються одне до одного з силою, прямо пропорційною добутку їх мас і обернено пропорційною квадрату відстані між ними.



G - гравітаційна стала, $G = 6.67384(80)10^{-11} \text{ м}^3 \text{ кг}^{-1} \text{ с}^{-2}$

Моделювання

1. Кожен фізичний об'єкт взаємодіє з кожним іншим фізичним об'єктом, тому створимо цикл, що здійснює обчислення всіх векторів гравітаційних сил, що діють на кожен об'єкт. Оскільки всі сили є змінними величинами, то формування списку сил, що діють на тіло, робимо щоразу через кожні dt (цикл `Update`). Для цього можна створити метод `CalculateGravity()`
2. Наступним кроком в циклі `Update` після оновлення списку гравітаційних сил обчислюємо рівнодійну, прискорення та позицію за вже відомою схемою (2-гий закон Ньютона). Метод `UpdatePosition()`

Чому закон майже не використовують напрямую в іграх

У більшості ігор:

- відстані малі;
- одна маса (планета) значно більша за інші;
- обчислення $1/r^2$ створюють:
 - нестабільність;
 - різкі стрибки прискорення;
 - проблеми з балансом.

Тому рушії **не рахують реальне тяжіння**, а використовують спрощене постійне прискорення.

Коли закон всесвітнього тяжіння все ж застосовується

1. Космічні симуляції

- орбітальний рух;
- гравітаційні маневри;
- супутники, астероїди.

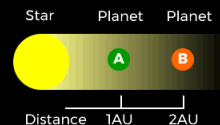
2. Ігри з кількома джерелами гравітації

- планети різної маси;
- чорні діри;
- гравітаційні пастки.

3. Гравітація до центру об'єкта

- Замість константного `Vector3.down`:
- `напрямок = (center - position).normalized`
- модуль сили залежить від відстані.

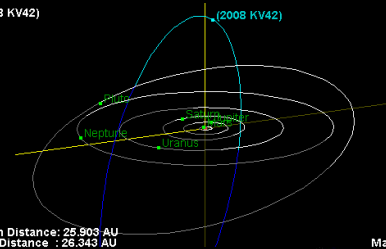
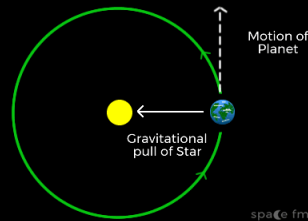
INVERSE SQUARE LAW



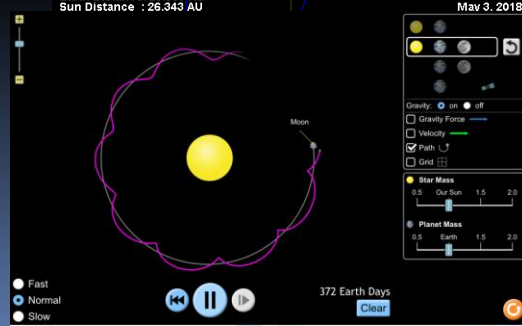
A is twice as near to the Sun as B.
A receives 4 times more light than B.
A & B are the same mass. The Sun's pull on A is 4 times stronger than B.

(2008 KV42)

GRAVITY



Earth Distance: 25.903 AU
Sun Distance : 26.343 AU



Спрощена ігрова модель на основі закону

Часто використовують псевдо-закон тяжіння:

$$F = \frac{K}{r^2 + \varepsilon}$$

де:

- К — довільний коефіцієнт;
- ε — захист від нескінченності.

Переваги:

- стабільна симуляція;
- контроль сили;
- гнучкий геймдизайн.

Порівняння підходів

Підхід	Формула	Де застосовується
Постійна гравітація	$a = \text{const}$	Платформери, шутери
Закон тяжіння	$F \sim 1/r^2$	Космос, орбіти
Гібридний	$\text{clamp} / \text{curve}$	Аркади, sci-fi