Посилання

<https://astrograv.soft32.com/>

Програмне забезпечення для моделювання орбіт і гравітаційних систем. Воно підтримує різні типи імітацій і дозволяє вивчати динаміку небесних тіл.

<https://www.orbitsimulator.com/>

Онлайн-симулятор орбіт, який дозволяє вивчати орбіти планет і супутників, а також створювати власні моделі руху небесних тіл.

<https://rebound.readthedocs.io/en/latest/>

Pyton or C++

Це пакет для чисельного моделювання динаміки небесних тіл. Він використовується для моделювання руху планет, астероїдів, комет і зірок. Rebound підтримує різноманітні чисельні методи для інтеграції орбіт.

<https://stellarium.org/>

Безкоштовний астрономічний симулятор, який дозволяє користувачам спостерігати нічне небо з будь-якої точки на Землі та в будь-який час. Містить функції для моделювання руху планет і зірок.

<https://celestiaproject.space/>

3D

Це вільне програмне забезпечення для тривимірного моделювання та візуалізації космосу. Celestia дозволяє досліджувати планети, зірки, галактики та інші небесні тіла в реальному часі.

Завдання 1

Створити систему зірка-планета, так щоб планета була на заданій відстані і рухалась майже по круговій орбіті.

Вирішення

Щоб планета рухалася по колу навкруги зірки, маса планети має бути малою відносно маси зірки. Рух по колу потребує щоб відцентрова сила врівноважувалася силою тяжіння, тобто

З цього витікає

A star with a planet in a circular orbit

[{"name":"Sun","m":10000,"r":20,"x":0,"y":0,"vx":0,"vy":0,"color":"yellow"},{"name":"Earth","m":1,"r":6,"x":300,"y":0,"vx":0,"vy":5.773502691896258,"color":"lightblue"}]

Завдання 2

Створити систему зірка-планета. Маса зірки M, найбільша відстань від планети до зірки (відстань в афелію) становить . Визначити тангенціальну швидкість планети так, щоб велика піввісь орбіти дорівнювала r.

Вирішення

Потенційна енергія тяжіння планети масою m на відстані від зірки r дорівнює . Знак «мінус» пояснюється тим, що потенційна енергія тим більша, чим більша відстань між масами (на кшталт розтягуванню пружини). На нескінченній відстані енергія найбільша і в той же час прагне до нуля, що витікає з вигляду самого дробу.

Якщо задана тангенціальна швидкість становить повну швидкість планети, тобто нормальну частину швидкості будемо вважати нульовою, то із закону збереження енергії сума кінетичної і потенційної енергії планети в афелії і в перигелії однакові.

В той же час із закону збереження моменту кількості руху

тобто

Підставляємо (2) в (1) і знаходимо .

і нам відомі, тому

Завдання 3

Створити систему подвійної зірки з масами m1 і m2 і відстанню між центрами – r. Обрати швидкість окремих зірок, яка б забезпечила існування подвійної зірки.

Вирішення

Подвійна зірка буде існувати, коли зірки будуть обертатися навколо центра мас по еліпсам згідно з першим законом Кеплера, а не розлетяться на нескінченну відстань і не впадуть одна на одну.

Спершу розглянемо спрощений випадок, коли маси зірок однакові і швидкості в начальному стані також однакові і протилежно направлені.

В будь-який момент часу система має потенційну енергію тяжіння

і кінетичну енергію

Надали зірки можуть зближуватися, розходитися або зберігати початкову відстань.

Останнє можливе коли зірки обертаються навкруги центра мас по колу (рис а). В цьому випадку доцентрова сила є силою тяжіння до протилежної зірки і справедливе співвідношення

Наприклад, , 1.581. Нагадуємо, що в нашій моделі G = 1.

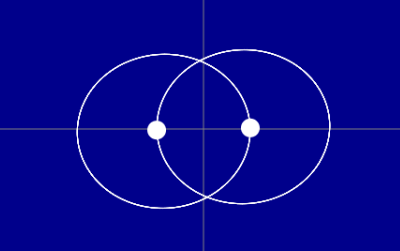
Зірки можуть розходитися і при певних значеннях швидкості v розлетяться зовсім. Коли зірки розходяться, кінетична енергія перетікає в потенційну, і якщо запас кінетичної енергії достатній, щоб потенційна енергія сягнула нуля, тобто E >= -H, то відстань між зірками зможе зростати до нескінченності.

Наприклад, m = 1000, r = 100. Тоді при планети не будуть розходитися на нескінченність.

========

Вочевидь, крім обмеження швидкості зверху, є і обмеження знизу. Уявімо, що швидкості дорівнюють нулю. Тоді зірки прямо полетять одна до одної і в короткий час подвійна система припинить своє існування. Щось подібне відбудеться, і коли швидкості дуже малі. Взагалі наша модель працює, лише коли відстань між центами мас перевищує критичну, позначимо її символом δ.

зірки обертаються навколо центра мас по еліпсам. Найменша відстань між зірками буде тоді, коли вони знаходяться в положенні, зображеному на рис.



Сумарна енергія системи складається з потенційної енергії тяжіння H і кінетичної енергії руху E.

Спершу розглянемо спрощений випадок, коли маси і швидкості зірок однакові .

Коли зірки розділяє відстань r, потенційна енергія системи -

В положенні, зображеному на рисунку, система має найменшу потенційну енергію і найбільшу кінетичну, тобто система знаходиться в потенційній ямі. Подальший рух мас призведе до переходу кінетичної енергії в потенційну, і якщо кінетичної енергії вистачить, щоб система покинула ту яму, то зірки будуть розходитися нескінченно. Щоб цього не сталося, E має бути менше за -H .

Наприклад, m = 1000, r = 100. Нагадуємо, що в нашій моделі G = 1. Тоді .

Ненульові розміри зірок накладають на швидкості обмеження знизу. Справа в тому

Створити систему зірка-планета-супутник

Змоделювати проходження чорної діри крізь планетну систему

Змоделювати вибух планети

З ракетами

Запустити ракету з землі до сонця

Запуск штучного супутника Землі (перша космічна)

Скористатися гравітацією для прискорення ракети

Запустити ракету з Землі до Місяця

З