

Отчёт по второму этапу группового проекта

Образование планетной системы

Абакумов Егор, Сухарев Кирилл, Калинина Кристина, Еременко Артем

Содержание

Цель работы	1
Цель этапа	1
Описание алгоритма.....	1
Вывод.....	2

Цель работы

Провести моделирование одного из этапов эволюции Вселенной - образование некой «солнечной» системы из межзвездного газа.

Цель этапа

Проработать алгоритм решения поставленной научной проблемы.

Описание алгоритма

В начальный момент времени частицы будут распределяться в плоскости случайным образом. При достаточно большом количестве частиц распределение будет равномерным. Модуль радиус-вектора $|r|$ и азимутальный угол α выберем случайным образом, радиус газопылевого облака r_0 зададим вручную. Тогда согласно закону Кеплера получаем, что $v_x = -y\omega_0(\frac{r_0}{r})^{\frac{3}{2}}$, $v_y = -x\omega_0(\frac{r_0}{r})^{\frac{3}{2}}$, $v_z = 0$, где ω_0 - угловая скорость частиц на расстоянии r_0 от оси диска.

Потенциальная энергия гравитационного взаимодействия одной частицы со всеми остальными описывается формулой:

$$U_i = - \sum_{j \neq i} \frac{\gamma m_j m_i}{r_{ij}}$$

Полная потенциальная энергия системы частиц равна:

$$U = \frac{1}{2} \sum_i U_i$$

Сила, действующая на данную молекулу равна:

$$F_i = -\frac{\partial U}{\partial r_i}$$

Движение частиц описывается вторым законом Ньютона:

$$m_i \frac{d^2 r_i}{dt^2} = F_i.$$

В итоге имеем систему, состоящую из N обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка, перепишем эти уравнения в виде дифференциальных уравнений первого порядка:

$$\begin{cases} \frac{dr_i}{dt} = v_i \\ \frac{dv_i}{dt} = a_i \end{cases}$$

Данные уравнения позволяют моделировать движение частиц без учёта сил трения и отталкивания. Сила отталкивания появится при движении частиц на расстояние меньшее их радиусов, она будет равна:

$$F^r(b) = k\left(\left(\frac{a}{b}\right)^8 - 1\right)$$

Здесь $a = R_i + R_j$, сумма радиусов частиц, $b = r_{i,j} = r_i - r_j$.

Энергия отталкивания в таком случае равна:

$$E = -\int^r F^r(x) dx$$

Сила трения перпендикулярна радиус-вектору взаимодействия b и направлена против движения частиц относительно друг друга. Единичный вектор вдоль силы трения для двумерной модели равен:

$$n = (n_x, n_y) = \frac{-b_y, b_x}{\sqrt{b_x^2 + b_y^2}}$$

Относительная скорость поверхностей частиц, перпендикулярная радиусу, $W_{\perp} = W \cdot n - \omega_i R_i - \omega_j R_j$, где ω_i и ω_j — угловые скорости вращения частиц i и j , $W = v_i - v_j$ — относительная скорость двух взаимодействий соответствующих частиц.

Вывод

В ходе работы был составлен алгоритм решения поставленной научной проблемы.