

Этап 1

Образование планетных систем

Тимофеева Е. Н. Оширова Ю. Н. Сидорова Н. А. Пронякова О. М.

16 марта 2025

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Информация

Студенты группы НФИбд-01-22

- Тимофеева Екатерина Николаевна
- Оширова Юлия Николаевна
- Пронякова Ольга Максимовна
- Сидорова Наталья Андреевна



Вводная часть

Образование планетных систем является одной из ключевых задач астрофизики, связанной с процессами формирования звезд, эволюцией газопылевых дисков и гравитационными взаимодействиями в протопланетных облаках. Современные модели пытаются объяснить механизм, который привел к формированию планет вокруг звезд, включая нашу Солнечную систему. Исследования в данной области помогают не только понять происхождение Земли и других планет, но и выявить закономерности формирования экзопланетных систем во Вселенной.

Изучение образования планетных систем актуально для понимания происхождения Солнечной системы, интерпретации данных по экзопланетам, развития астрофизики и планетологии, поиска внеземной жизни и проверки физических теорий. Это фундаментальная задача, отвечающая на ключевые вопросы о нашем месте во Вселенной.

Главной научной проблемой является объяснение механизма формирования планетных систем из газопылевых дисков вокруг молодых звезд. Вопросы, которые необходимо решить:

- Как происходит начальная стадия формирования протопланетных дисков?
- Какие силы влияют на формирование планетезималей и их последующую эволюцию?
- Как гравитационные взаимодействия влияют на динамику системы?
- Каковы условия для образования устойчивых орбит и распределения вещества в системе?
- Почему некоторые планетные системы значительно отличаются от нашей?

Эти вопросы требуют комплексного подхода, включающего наблюдательные данные, компьютерное моделирование и теоретические расчёты.

- Планетные системы (Солнечная и экзопланетная)
- Процессы формирования и эволюции планетных систем из протопланетных дисков: гравитация, аккреция, газодинамика и столкновения

Согласно современным представлениям, процесс образования планетных систем начинается с формирования газопылевого диска вокруг молодой звезды. Основные стадии этого процесса включают:

1. Формирование протопланетного диска
2. Аккреция частиц
3. Формирование протопланет
4. Очищение диска

Для описания динамики частиц в газопылевом диске используются уравнения гравитационного взаимодействия и механики сплошных сред.

Гравитационная потенциальная энергия системы

Гравитационное взаимодействие частиц описывается формулой:

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

Полная потенциальная энергия системы:

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

Динамика вращающегося диска

Распределение частиц в газопылевом диске можно описать через случайное распределение радиус-векторов:

$$r = r_0 \cdot \text{random},$$

Начальные скорости частиц определяются из третьего закона Кеплера:

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}.$$

Для учёта газового сопротивления в плотной среде используется формула:

$$F_d = -kv,$$

Модель слияния частиц

При столкновении частиц их слияние можно описать через закон сохранения импульса:

$$m = m_1 + m_2,$$

$$v = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}.$$

Эффективность слияния определяется критерием скорости:

$$|v_1 - v_2| < v_{\text{кр}},$$

Современные методы исследования формирования планетных систем включают численные симуляции, наблюдения экзопланетных систем и лабораторные эксперименты.

Моделирование позволяет выявить закономерности в распределении планет и их динамическом эволюционном пути. В дальнейшем исследования в этой области помогут уточнить модели формирования нашей Солнечной системы и выявить возможные сценарии образования экзопланетных систем во Вселенной.

- Система TRAPPIST-1 содержит семь экзопланет, три из которых находятся в зоне обитаемости.
- Газовые гиганты могут мигрировать ближе к своим звездам, что объясняет наличие “горячих юпитеров”.
- По данным телескопа Kepler, во Вселенной может существовать более 100 миллиардов экзопланет.
- Планетные системы с несколькими звездами (например, Альфа Центавра) могут обладать сложной динамикой формирования.
- Луна Земли могла образоваться в результате гигантского столкновения с протопланетой Тейя.

...