

АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание ученой степени доктора философии (Ph.D.)
по специальности "6D061100 - Физика и астрономия"

Өтебай Айгерім Байнұрқызы Формирование и эволюция рассеянных звездных скоплений

Общее описание работы

Диссертация посвящена эволюции рассеянных звездных скоплений, образовавшихся из холодных плотных газопылевых облаков. Представлены численные модели звездных скоплений, сформированных с низкой эффективностью звездообразования, которые при этом не распадаются после вытеснения остаточного звездообразующего газа и становятся гравитационно связанными скоплениями.

Актуальность темы

Эволюция видимой Вселенной со времени Большого взрыва тесно связана со звездами, поэтому понимание механизмов звездообразования и эволюции звезд может помочь нам узнать больше и об эволюции Вселенной. Тот факт, что звезды образуются не поодиночке, а в скоплениях, является единственным явлением, проливающим свет на историю звездообразования в галактиках. Однако в процессе эволюции звездные скопления претерпевают множество изменений по сравнению с исходным состоянием и даже распадаются в приливном поле родительской галактики. Такие изменения мешают точному прочтению истории звездообразования путем наблюдения за звездными скоплениями. Поэтому изучение механизмов образования, эволюции и распада звездных скоплений в рамках целостной модели является одной из наиболее актуальных задач на сегодняшний день. В частности, к решению этих задач нас подталкивает запуск космического телескопа Джеймса Уэбба, который видит скопления самых далеких галактик.

Звездные скопления образуются в плотных молекулярных облаках в результате коллапса сгустков холодного газа. Отдача от массивных звезд, в которых начались термоядерные реакции, нагревает и ионизирует газовые облака вокруг, раздувает их световым давлением и звездными ветрами. Таким образом, молекулярный газ, выдуваемый со скоростью около 10 км/ч, покидает скопление в течение примерно миллиона лет. При выбросе газа большая часть начальной массы скопления исчезает, и звездное скопление больше не находится в вириальном равновесии, поэтому начинается бурная релаксация. При бурной релаксации масса и форма звездного скопления претерпевают различные изменения в зависимости от условий формирования. Все это оказывает существенное влияние на дальнейшую эволюцию кластера.

Такие эффекты важно учитывать при моделировании формирования и эволюции звездных скоплений. Кроме того, модели должны уметь описывать не только один-два частных случая, но и модели звездных скоплений в широком диапазоне пространства параметров. Актуальность диссертации

заключается в разработке численной модели вековой эволюции кластеров с учетом условий формирования в широком диапазоне пространства параметров и рассмотрении путей решения практических задач с использованием этой новой модели.

Цель работы

Разработать численную модель, описывающую все этапы эволюции рассеянных звездных скоплений от образования до распада и применить эту модель для возможного объяснения некоторых наблюдаемых явлений.

Задачи исследования

1. Разработать новую модель звездных скоплений с использованием профиля плотности Денена для лучшего описания структуры очень молодых скоплений.

2. Изучить влияние внутреннего наклона профиля плотности Денена на эволюцию звездного скопления после периода бурной релаксации.

3. Применить предложенную модель для объяснения меры дисперсии быстрых радиовсплесков.

Объекты исследования : звездные скопления, формирующиеся с постоянной за время свободного падения эффективностью из центрально-концентрированного сферически-симметричного газового облака.

Предметом исследования является динамическая эволюция различных звездных скоплений и влияние на нее различных параметров скопления.

Методы исследования

Численное решение дифференциальных уравнений, численное интегрирование задачи N-тел методом Хермита четвертой степени, параллельный расчет с кодом phi-GRAPE/GPU с использованием технологий CUDA/C, MPI, OpenMP, обработка больших данных в Python с использованием пакетов NumPy, SciPy, и Pandas

Положения, выносимые на защиту

1. Использование модели Денена в качестве начального профиля плотности при N-body моделировании звездных скоплений, снижает минимальное значение эффективности звездообразования, необходимое для выживания кластера после вытеснения остаточного газа, с полученных ранее 15% до хорошо согласующихся с наблюдениями 3%.

2. Укручение внутренней части двухскатного профиля звездной плотности приводит к росту доли гравитационно-связанной массы, остающейся после бурной релаксации.

3. 80% молодых нейтронных звезд, являющихся возможными источниками быстрых радиовсплесков, не удаляются от скопления на расстояние, большее 100 парсек, следовательно, взаимодействие излучения этих всплесков с ионизированным газом области звездообразования может вносить существенный вклад в большую величину их меры дисперсии.

Научная новизна работы заключается в том, что впервые

1. было показано, что модели Денена могут быть адекватно применены к звездным скоплениям и что они могут эффективно описывать недавно образованные скопления, содержащие газ;

2. в модели рассеянных звездных скопления были использованы двухскатный профиль плотности и обновленные алгоритмы звездной эволюции;

3. изучено распределение нейтронных звезд, являющихся остатками сверхновых, вокруг родительского скопления в тот период, когда они могут служить возможными источниками быстрых радиовсплесков.

Теоретическая и практическая значимость работы

Результаты диссертации позволяют через изучение формирования и эволюции звездных скоплений понять историю образования галактик, а также эволюции Вселенной в целом. Кроме того, разработанные в ходе работы методы массивных параллельных вычислений могут найти применение в самых разных областях. Средства же обработки больших данных, разработанные при анализе выходных данных компьютерного моделирования, могут быть адаптированы для исследований не только в астрономии, но и в любой отрасли, работающей с большими данными.

Личный вклад автора

Автор был полностью вовлечен в работу на всех этапах проведения диссертационного исследования. Подготовка начальных условий и обработка выходных данных компьютерного моделирования была выполнена непосредственно соискателем. Поскольку проведение компьютерного моделирования требовало колоссального объема работ, работа на этом этапе была поделена между соискателем и несколькими другими сотрудниками лаборатории. Постановка задач и обсуждение полученных результатов проводилось совместно с научными консультантами и зарубежными коллабораторами.

Надежность и достоверность результатов

Полученные в ходе исследования результаты и выводы отражают содержание всех разделов диссертации и подтверждаются публикациями основных научных результатов в рецензируемых международных и отечественных научных изданиях, в том числе в журнале с высоким рейтингом, входящий в 1-й квартиль (Q1) базы данных Web of Science и Scopus.

Апробация работы

Основные результаты, содержащиеся в диссертации, были опубликованы в 9 научных работах, из них:

Статьи с высоким импакт-фактором в базе данных Clarivate (Web of Science) и публикации, включенные в международную научную базу данных Scopus:

1. Shukirgaliyev, B., Otebay, A., Sobolenko, M., Ishchenko, M., Borodina, O., Panamarev, T., Myrzakul, S., Kalambay, M., Naurzabayeva, A., Abdikamalov, E., et al. Bound mass of Dehnen models with a centrally peaked star formation efficiency // *Astronomy and Astrophysics*. – 2021. – Vol. 654. – P. A53. doi: 10.1051/0004-6361/202141299. [Q1, IF=5.803, 85%]

Статьи в изданиях, рекомендованных Контрольным комитетом образования и науки МОН РК:

1. Shukirgaliyev, B., Otebay, A., Just, A., et al. Violent relaxation in isolated star clusters // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Physico-mathematical series. – 2019. – Vol. 3. – № 325. – P. 130.

2. Otebay, A., Kalambay, M., Shukirgaliyev, B. How far can get FRB progenitor neutron stars from their birthplace? // Recent Contributions to Physics. – 2021. – Vol.4. – №79. – P. 33.

Публикации в сборниках тезисов докладов:

1. Өтебай А.Б., Қаламбай М.Т., Шукиргалиев Б.Т. Оқшауланған жұлдыздық шоғырлардағы қарқынды релаксация. //“Фараби Әлемі” атты халықаралық ғылыми конференция тезистер жинағы - Алматы, 2019.-277 бб.

2. Бегалы З., Өтебай А.Б., Қаламбай М.Т. Жұлдызтүзу тиімділігінің шоғырдың бастапқы тығыздық профиліне тәуелділігі. //“Фараби Әлемі” атты халықаралық ғылыми конференция тезистер жинағы – Алматы, 2020.-275 бб.

3. Өтебай А.Б., Бегалы З., Қаламбай М.Т., Шукиргалиев Б.Т. Жұлдыздық шоғырлардың тығыздық профильдері мен лездік газ ығыстырудан кейінгі өмірсүргіштігі. //“Фараби Әлемі” атты халықаралық ғылыми конференция тезистер жинағы – Алматы, 2020.-307 бб.

4. Абдраманова А.Е., Өтебай А.Б., Тлеубек А.Н., Әбдінәсілім А.Т., Гравитация арқылы байланысқан жұлдыздық шоғырланулардың динамикасын сандық моделдеу. //“Фараби Әлемі” атты халықаралық ғылыми конференция тезистер жинағы – Алматы, 2021.-274 бб.

5. Өтебай А.Б., Қаламбай М.Т., Шукиргалиев Б.Т., Жұлдыздық шоғырдың ерте өлімін тоқтатуда көлбеулігі жоғары жұлдыз түзу тиімділік профильдің әсері. //“Фараби Әлемі” атты халықаралық ғылыми конференция тезистер жинағы – Алматы, 2021.-214 бб.

6. Әбдінәсілім А.Т., Нұржұма М.М., Тыныштық А.Б., Өтебай А.Б. Сандық есептеуден шыққан жұлдызды шоғырлар аспан сферасындағы көрінісі // «Фараби Әлемі» атты халықаралық ғылыми конференция тезистер жинағы – Алматы, 2022.-182 бб.

Связь темы диссертации с планами научных работ

Результаты и методы, полученные в диссертации в соответствии с планом НИР были использованы в реализации проекта AP08856149 «Механизмы распада звездных скоплений в галактиках типа Млечный Путь» по программе МОН РК «Грантовое финансирование научных и (или) научно-технических проектов на 27 месяцев на 2020-2022 гг.».

Объем и структура диссертации.

Диссертационная работа состоит из введения, 4 разделов, заключения и списка использованных источников из 222 наименований, содержит 100 страниц основного компьютерного текста, включая 29 рисунков, 93 формул и 1 таблицу.