

**Исследование причин появления галактик, пролетевших сквозь другие галактики**

**Осипова Анастасия Михайловна**

*Аспирант*

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва,  
Россия

*E-mail: osipova1999@gmail.com*

Исследование причин появления галактик, пролетевших сквозь другие галактики Осипова Анастасия Михайловна Аспирант Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия Физический институт им. П.Н.Лебедева РАН, Москва, Россия E-mail: osipova.a@hse.ru Представляемая работа посвящена исследованию сравнительно редких процессов, происходящих в ходе формирования галактик во Вселенной, а именно пролетов галактик сквозь другие галактики. В современной космологической парадигме образование галактик происходит иерархическим образом, путем последовательных столкновений и слияний мелких объектов. Не все столкновения должны приводить к слияниям галактик, при некоторых начальных условиях галактики могут пролететь друг сквозь друга. Такие пролеты должны оказывать существенное влияние на звездное население галактик, приводя к затуханию звездообразования. Недавно был описан и исследован новый класс полевых гало темной материи, которые когда-то пролетели и через Млечный Путь (МП), и через Туманность Андромеды (ТА), такие объекты были названы гермесовскими гало (в честь греческого бога Гермеса, покровителя путников). По нескольким причинам, подробно описанным в [1, 2], они оказались интересными целями для исследования. Во-первых, из-за повышенной концентрации темной материи некоторые гермесовские гало могут быть многообещающими целями для непрямого обнаружения частиц темной материи. Во-вторых, они группируются вдоль линии, соединяющей МП и ТА, и химический состав содержащихся в них галактик будет иметь отличительные черты из-за прошлых взаимодействий с более крупными галактиками. Это дает надежду отличить гермесовские галактики от обычных полевых карликовых галактик в наблюдениях настоящей Местной группы. В-третьих, большинство гермесовских гало удаляется от своих вторых мишеней, поэтому они могут рассматриваться в качестве потенциального объяснения существования галактик с неожиданно высокими пекулярными скоростями, таких как NGC 3109. В-четвертых, гермесовские галактики, проанализированные в работе, демонстрируют обмен газом и звездами между МП и ТА. Это указывает на то, что такие объекты могут способствовать «загрязнению» газа в галактиках химическими веществами, произведенными в других галактиках. Таким образом, гермесовские гало могут быть ответственны за обмен веществом между галактиками. Интересно также понять, какие процессы определяют присутствие и количество этих объектов (то есть в некотором смысле являются причиной существования гермесовских гало, обнаруженных в симуляциях) как в масштабах Вселенной, так и в масштабах ее отдельных областей (Местной группы, скоплений галактик, войдов, филаментов и др.). Это даст возможность использовать галактики, пролетающие сквозь другие галактики, как тест космологической модели, а также изучать историю формирования крупномасштабной структуры с помощью их популяции. Представляемая работа посвящена исследованию их образования и свойств. Для изучения гермесовских, бэксплэш гало (от английского «backsplash», гало, которые только один раз пролетели сквозь другое гало) а также гало, через которые они пролетали, была использована космологическая симуляция образования и эволюции структур

тёмной материи ESMDPL, выполненная международным консорциумом в рамках проекта MULTIDARK. Работа была сфокусирована на исследовании перспективы построения модели пролетов, описывающей формирование популяций бэксплэш и гермесовских гало, в частности поиске процессов, отвечающих за появление таких объектов, и космологических параметров, влияющих на количество и свойства гермесовских гало. Для этого рассматривалось движение предков бэксплэш и гермесовских гало, а также предков их мишеней до совершения пролета. Таким образом, был изучен этап создания походящих для пролета начальных условий, в частности проверена гипотеза о том, что движение исследуемых гало до столкновения определяется крупномасштабными движениями вещества и может быть описано с помощью приближения Зельдовича. Движение предков гермесовских, бэксплэш гало и их мишеней аппроксимировалось приближением Зельдовича на различных временных интервалах до момента, когда гравитационное влияние мишени не станет существенным, после чего осуществлялось сравнение предсказанных приближением Зельдовича и действительных расстояний между бэксплэш и гермесовскими гало и их мишенями. В результате анализа численных моделей и теоретических исследований было показано, что предки рассматриваемых гало в среднем движутся согласно приближению Зельдовича. Это позволяет предполагать, что приближение Зельдовича подходит для описания движения сталкивающихся галактик до этапа близкого взаимодействия друг с другом, что открывает возможности для построения аналитической модели пролета и изучению свойств гермесовских гало без использования численных симуляций, а также предсказывать ожидаемое количество бэксплэш и гермесовских галактик в зависимости от расположения и объема наблюдаемой области Вселенной. Это позволит значительно улучшить анализ галактик с остановившимся звездообразованием и приблизиться к решению одной из самых актуальных проблем в области эволюции галактик. Кроме того, получено распределение параметров предков гермесовских гало, позволяющее с помощью приближения Зельдовича связать эти параметры с начальным космологическим спектром мощностей возмущений плотности материи. Все это дает возможность использовать новый класс объектов в качестве теста космологической модели и может помочь в решении задачи создания наблюдательных критериев в будущем, так как модель движения гермесовских гало может быть обращена в обратную сторону по времени для проверки происхождения наблюдаемых кандидатов в гермесовские гало. Также в ходе исследования в предположении движения по приближению Зельдовича было получено распределение начальных скоростей (векторов смещения  $\Delta\chi$ ) бэксплэш и гермесовских гало относительно их мишеней в произвольные моменты в прошлом до пролета. Результаты практически не зависят от выбора интервала времени, что является еще одним косвенным подтверждением того, что используемое приближение применимо к галактикам, пролетающим сквозь другие галактики. Распределения для гермесовских и бэксплэш гало сравнивались с аналогичными для двух случайных гало. Результаты наглядно демонстрируют, что скорости исследуемых гало значительно выше, чем в случае произвольно выбранных гало, что согласуется с гипотезой об изначально высоких относительных скоростях. Полученные значения начальных скоростей допускают возможность набора необходимой для пролета скорости в рамках приближения Зельдовича, а также указывают на принадлежность гермесовских и бэксплэш гало к «хвосту» распределения, то есть определяют редкость этих объектов.

### Источники и литература

- 1) Newton O., Libeskind N.I., Knebe A., et al., 2022, MNRAS, 514, 3612
- 2) Osipova A., Pilipenko S., Gottlöber S. et al., 2023, PDU, 42, 101328