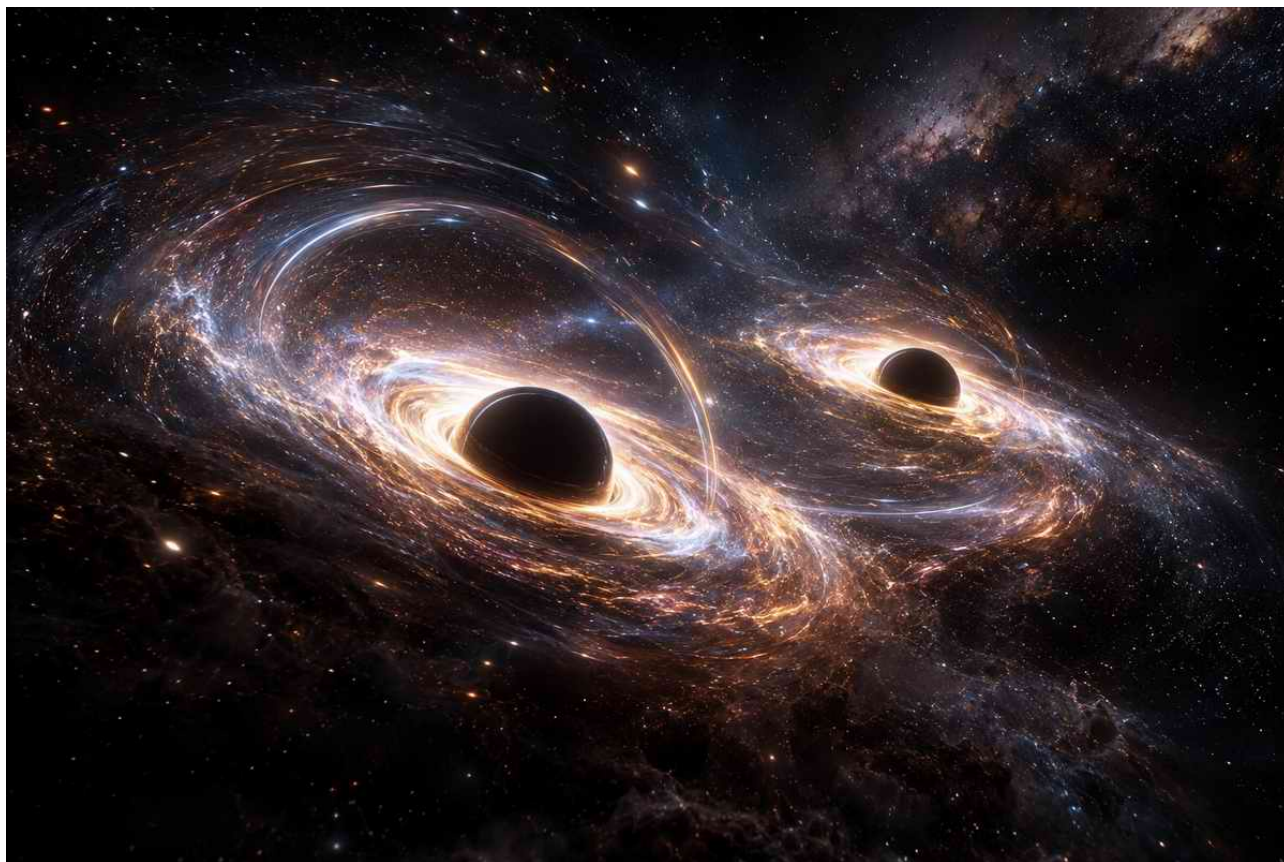


Гравитационные волны раскрыли существование нескольких поколений черных дыр



Дата публикации: 13.07.2026

С момента первого обнаружения гравитационных волн в 2015 году астрономия переживает настоящую революцию. Благодаря обсерваториям LIGO, Virgo и KAGRA ученые получили возможность не просто наблюдать черные дыры косвенными методами, а буквально «слушать» их столкновения через возникающие колебания пространства-времени. За прошедшие годы были зарегистрированы сотни подобных событий, однако главный вопрос до сих пор оставался открытым: каким образом возникают черные дыры, которые затем сливаются друг с другом?

Новое исследование, результаты которого опубликованы в журнале Physical Review Letters, предлагает убедительный ответ. Две независимые научные группы, используя различные методы анализа, пришли практически к одинаковому выводу: наблюдаемые слияния происходят не в одной однородной популяции черных дыр. Напротив, данные свидетельствуют о существовании нескольких отдельных групп, каждая из которых имеет собственную историю происхождения.

Гравитационные волны представляют собой слабые возмущения пространства-времени, распространяющиеся со скоростью света. Они возникают при движении чрезвычайно массивных объектов, однако наиболее мощные сигналы появляются во время столкновения черных дыр или нейтронных звезд. Несмотря на то что сами волны чрезвычайно малы, современные лазерные интерферометры способны фиксировать изменения расстояния, значительно меньшие диаметра атомного ядра.

Каждый зарегистрированный сигнал содержит огромный объем информации. По форме гравитационной волны ученые могут определить массу обеих черных дыр, скорость их вращения, направление спинов и параметры орбиты перед столкновением. Эти характеристики позволяют постепенно восстанавливать историю образования подобных объектов.

Однако интерпретировать полученные данные значительно сложнее, чем может показаться на первый взгляд. Одни двойные системы возникают из массивных звезд, которые формируются вместе, совместно проходят весь жизненный цикл и после взрывов сверхновых превращаются в пару черных дыр. Другие появляются совершенно иначе — в плотных звездных скоплениях, где уже существующие черные дыры случайно захватывают друг друга под действием гравитации.

Оба сценария оставляют различные «подписи» в параметрах будущего слияния. Именно поиск таких закономерностей стал основной целью новых исследований.

Первая работа, выполненная под руководством Кейлин Планкетт из Массачусетского технологического института, сосредоточилась на анализе параметров вращения черных дыр. Особое внимание уделялось тому, насколько направление вращения каждой черной дыры совпадает с направлением движения системы по орбите. Эти характеристики считаются одним из наиболее информативных признаков происхождения двойной системы.

Вторая исследовательская группа под руководством Шаран Банагири из Университета Монаша применила принципиально иной подход. Вместо того чтобы заранее предполагать существование определенных категорий объектов, ученые использовали статистические методы машинного анализа, позволив данным самостоятельно определить количество различных популяций.

Несмотря на совершенно разные методики, обе команды получили практически одинаковый результат. Анализ выявил существование отдельной группы необычайно массивных черных дыр, масса которых превышает примерно 40 масс Солнца. Именно эта категория наиболее заметно отличалась от

остальных зарегистрированных объектов.

Особенно интересными оказались параметры вращения этих гигантов. В исследовании MIT было показано, что такие черные дыры обладают быстрым и хаотично ориентированным вращением. Подобная картина плохо согласуется с обычным звездным происхождением, зато хорошо соответствует сценарию повторных слияний.

Иными словами, некоторые из наблюдаемых сегодня черных дыр могли сами возникнуть в результате предыдущих столкновений. После первого слияния новая, более массивная черная дыра продолжала существовать, а спустя миллионы или миллиарды лет вновь встретила с другой черной дырой, образовав еще более крупный объект.

Авторы второго исследования получили очень похожие результаты. Они также обнаружили отдельную группу массивных быстро вращающихся черных дыр. Хотя статистика пока не позволяет окончательно подтвердить их происхождение через повторные слияния, совпадение результатов двух независимых исследований значительно повышает достоверность этой гипотезы.

Если выводы ученых подтвердятся окончательно, речь может идти о первом убедительном обнаружении так называемых черных дыр второго поколения. Под этим термином понимают объекты, образовавшиеся не непосредственно после коллапса массивной звезды, а в результате предыдущего объединения двух уже существовавших черных дыр.

Такое открытие имеет гораздо более широкое значение, чем может показаться. Современные модели звездной эволюции предполагают существование диапазона масс, в котором образование черных дыр вследствие обычного коллапса звезд крайне маловероятно. Однако повторные слияния позволяют естественным образом объяснить появление объектов именно в этом «запрещенном» диапазоне.

Кроме того, подобный механизм может помочь решить одну из крупнейших загадок современной астрофизики — происхождение сверхмассивных черных дыр в центрах галактик. Сегодня известно, что многие из них обладают массой в миллионы и даже миллиарды раз больше массы Солнца. До сих пор остается неясным, каким образом такие гиганты успели сформироваться за сравнительно короткое время после рождения Вселенной.

Некоторые астрофизики предполагают, что последовательные многократные слияния могли стать одним из механизмов их быстрого роста. Если черные дыры действительно способны неоднократно объединяться, постепенно увеличивая массу, это значительно упрощает объяснение появления подобных космических

гигантов.

В ближайшие годы возможности подобных исследований существенно возрастут. Новые модернизации обсерваторий LIGO, Virgo и KAGRA позволят обнаруживать значительно более слабые и удаленные сигналы. В дальнейшем к ним присоединятся космические детекторы нового поколения, включая европейскую миссию LISA, которая сможет регистрировать гравитационные волны значительно меньших частот.

Основные задачи будущих исследований: поиск новых популяций черных дыр, уточнение механизмов их образования, изучение повторных слияний, исследование происхождения сверхмассивных черных дыр, совершенствование моделей звездной эволюции и расширение каталога источников гравитационных волн.

Новые результаты демонстрируют, что гравитационные волны становятся не просто способом регистрации космических катастроф, а полноценным инструментом изучения истории Вселенной. Каждое новое столкновение черных дыр содержит информацию об их происхождении, возрасте и эволюции, позволяя постепенно восстанавливать сложную картину формирования самых загадочных объектов космоса. Если накопление наблюдений продолжится такими же темпами, уже в ближайшие годы астрономы смогут значительно точнее определить, сколько различных поколений черных дыр существует во Вселенной и какую роль они сыграли в ее развитии.

Ссылка: «Признаки субпопуляции иерархических слияний в наборе данных гравитационных волн GWTC-4» DOI: [10.1103/n6p4-ftgq](https://doi.org/10.1103/n6p4-ftgq).