

Гравитационные волны от самого массивного слияния чёрных дыр: LIGO-Virgo-KAGRA переписывает границы космической физики

Дата публикации: 14.07.2025

Одно из самых впечатляющих событий в истории гравитационно-волновой астрономии произошло 23 ноября 2023 года: детекторы сети LIGO-Virgo-KAGRA зарегистрировали сигнал GW231123 — гравитационную волну от слияния чёрных дыр рекордной массы. Это событие стало ключевым моментом четвёртой наблюдательной кампании LVK и может существенно повлиять на наше понимание происхождения и эволюции чёрных дыр во Вселенной.

Впервые зарегистрированные в 2015 году, гравитационные волны стали новым способом наблюдения за самыми энергичными процессами космоса — слияниями нейтронных звёзд и чёрных дыр. Первое событие, обозначенное как GW150914, открыло эру наблюдательной гравитационной астрономии. В нём образовалась чёрная дыра массой 62 Солнца. Но то, что зафиксировала сеть детекторов LIGO, Virgo и KAGRA в 2023 году, превзошло все ожидания. Новообразованная чёрная дыра после слияния имела массу около 225 солнечных, что делает её самой тяжёлой из всех, зарегистрированных через гравитационные волны.

Сигнал GW231123 получен в результате слияния двух чёрных дыр с приблизительными массами 100 и 140 солнечных. Эти значения вызывают удивление у астрофизиков, поскольку согласно стандартным моделям звёздной эволюции, такие массивные чёрные дыры не должны формироваться напрямую из коллапса звёзд. Более вероятной становится гипотеза, согласно которой эти объекты являются продуктами предыдущих слияний — так называемые вторичного происхождения или иерархические чёрные дыры.

Ещё одной особенностью события стало чрезвычайно быстрое вращение сливающихся объектов — почти на пределе, разрешённом уравнениями общей теории относительности. Это обстоятельство затрудняет интерпретацию сигнала и требует более точных моделей, учитывающих спиновые и геометрические особенности искривления пространства-времени. Подобные экстремальные условия дают возможность протестировать фундаментальные законы физики и лучше понять поведение материи в условиях, недостижимых в лабораториях.

Фиксация столь мощного события стала возможна благодаря высокой чувствительности лазерных интерферометров LIGO (в Ливингстоне и Ханфорде), Virgo (Италия) и KAGRA (Япония). Совместная работа позволила не только

подтвердить наличие сигнала, но и точно определить его характеристики, несмотря на сложность и продолжительность волновой формы.

Зарегистрированное слияние стало важнейшим достижением в рамках четвёртого наблюдательного цикла LVK, начавшегося в мае 2023 года. Дальнейший анализ данных продолжается, и учёные надеются получить ещё более детальную картину происходящего — от оценки спинов чёрных дыр до направления на небе, откуда пришёл сигнал. Это может раскрыть природу сред, в которых формируются и эволюционируют такие массивные двойные системы: например, ядра звёздных скоплений, галактические центры или даже ранняя Вселенная.

Событие GW231123 также привлекло внимание теоретиков, которые теперь должны адаптировать модели, ранее не предсказывавшие образование чёрных дыр столь высокой массы. Это ставит под сомнение границы «запрещённой зоны» на диаграммах массы компактных объектов, предполагая, что процессы слияний и гравитационной рекомбинации могут существенно расширить разнообразие чёрных дыр во Вселенной.

Важнейшим аспектом остаётся открытость данных: откалиброванная информация о GW231123 будет доступна для дальнейших исследований через портал GWOSC — Открытый научный центр гравитационных волн. Это обеспечит доступ широкому сообществу исследователей и может стать основой для новых открытий в ближайшие годы.

Сигнал будет представлен на двух крупнейших международных форумах: GR24 и конференции Амальди, проходящих в Глазго в июле 2025 года. Это событие уже вошло в учебники как одно из самых значимых достижений гравитационной астрономии, расширяя не только горизонты наблюдений, но и наше представление о структуре космоса, формировании чёрных дыр и предельных возможностях самой природы.