

Гравитационные волны могут раскрыть тайну темной материи вокруг черных дыр



Дата публикации: 13.05.2026

Темная материя остается одной из самых загадочных субстанций во Вселенной. Астрономы уверены, что именно она составляет большую часть всей материи космоса, однако обнаружить ее напрямую до сих пор не удалось. Она не излучает свет, не отражает электромагнитные волны и практически не взаимодействует с обычным веществом. Единственное, что выдает ее существование, — гравитация. Теперь ученые предложили новый способ поиска темной материи, используя гравитационные волны, возникающие при столкновениях черных дыр.

Международная группа физиков из Массачусетского технологического института, Оксфордского университета, Амстердамского университета и других научных центров разработала модель, позволяющую искать следы темной материи в сигналах гравитационных волн. По мнению исследователей, некоторые столкновения черных дыр могут происходить не в пустом космическом пространстве, а внутри плотных облаков темной материи. В таком случае сама структура гравитационных волн должна немного изменяться.

Гравитационные волны представляют собой рябь пространства-времени, возникающую при колоссальных космических катастрофах. Впервые они были зарегистрированы в 2015 году обсерваторией LIGO, что стало одним из крупнейших научных открытий XXI века. С тех пор ученые научились фиксировать десятки сигналов от слияний черных дыр и нейтронных звезд, происходящих за миллиарды световых лет от Земли.

Авторы новой работы предположили, что гравитационные волны могут содержать скрытую информацию о среде, через которую движутся сталкивающиеся черные дыры. Если вокруг объектов присутствует темная материя, особенно в виде так называемых легких скалярных частиц, она способна влиять на динамику системы и оставлять тонкий отпечаток в форме волны.

Такие частицы считаются одним из наиболее перспективных кандидатов на роль темной материи. Их масса может быть во много раз меньше массы электрона. Согласно теоретическим моделям, возле быстро вращающихся черных дыр эта форма материи способна вести себя не только как поток частиц, но и как волновое поле. Под действием сверхизлучения энергия вращения черной дыры может усиливать волны темной материи, создавая вокруг объекта чрезвычайно плотное облако.

Исследователи сравнивают этот процесс со взбиванием сливок: вращение черной дыры словно «раскачивает» темную материю, постепенно увеличивая ее плотность. В результате область вокруг черной дыры может превращаться в своеобразный резервуар скрытой материи, который влияет на движение второй черной дыры во время сближения и слияния.

Чтобы проверить свою гипотезу, физики создали подробные численные модели столкновений двойных черных дыр. Они варьировали массу объектов, скорость вращения, плотность темной материи и расстояние между объектами. Затем ученые рассчитали, как будут выглядеть гравитационные волны в каждом из сценариев.

После этого команда проанализировала реальные данные международной сети детекторов LIGO-Virgo-KAGRA. В исследование вошли 28 наиболее четких сигналов, зарегистрированных за первые три этапа наблюдений. Для каждого события ученые сравнили две модели: стандартное слияние в вакууме и слияние внутри облака темной материи.

В большинстве случаев результаты полностью совпали с классической картиной столкновения черных дыр в пустом пространстве. Однако один из сигналов — событие GW190728, зарегистрированное 28 июля 2019 года, —

показал необычное соответствие модели темной материи.

Ранее астрономы установили, что этот сигнал возник после слияния двух черных дыр общей массой примерно в двадцать солнечных масс. Новая модель показала, что параметры события могут соответствовать столкновению внутри плотной области темной материи. Это не означает прямого открытия темной материи, однако сигнал стал одним из самых интересных кандидатов для дальнейшего анализа.

Авторы исследования подчеркивают, что статистической точности пока недостаточно для окончательных выводов. Тем не менее сама методика открывает новое направление в астрофизике и космологии. До сих пор большинство попыток обнаружить темную материю основывались на поиске редких столкновений гипотетических частиц с обычным веществом или на наблюдении галактических эффектов. Новый подход предлагает использовать черные дыры как гигантские природные усилители темной материи.

Особый интерес вызывает то, что гравитационные волны позволяют исследовать процессы в экстремальных условиях, которые невозможно воспроизвести в лаборатории на Земле. Черные дыры создают колоссальные гравитационные поля, способные усиливать даже слабейшие эффекты. Благодаря этому ученые получают возможность изучать свойства темной материи на масштабах, ранее недоступных для современной физики.

С каждым годом чувствительность гравитационных детекторов растет. Обсерватории LIGO, Virgo и KAGRA уже готовятся к новым сериям наблюдений, которые позволят фиксировать значительно больше столкновений черных дыр. Если среди будущих сигналов будут обнаружены похожие аномалии, это может стать первым серьезным намеком на природу темной материи.

Исследование также показывает, насколько стремительно развивается современная гравитационная астрономия. Еще десять лет назад человечество даже не умело напрямую регистрировать гравитационные волны, а сегодня ученые уже пытаются использовать их как инструмент для поиска скрытой материи Вселенной.

Ссылка: «Скалярные поля вокруг двойных черных дыр в LIGO-Virgo-KAGRA»
DOI: [10.1103/fv9z-zkxx](https://doi.org/10.1103/fv9z-zkxx).