

Гул Млечного Пути может раскрыть тайну вращения Галактики и распределения темной материи



Дата публикации: 16.06.2026

Когда речь заходит о Млечном Пути, большинство людей представляют себе гигантскую спиральную галактику, состоящую из сотен миллиардов звезд, газа и пыли. Однако в действительности наша Галактика наполнена не только светом. Она постоянно генерирует едва заметные колебания пространства-времени — гравитационные волны, возникающие при движении компактных звездных объектов. Новое исследование показывает, что в этом космическом гуле скрыта важная информация о вращении Млечного Пути и даже о распределении темной материи.

Гравитационные волны представляют собой рябь пространства-времени, распространяющуюся со скоростью света. Их существование было предсказано Альбертом Эйнштейном еще в 1916 году в рамках общей теории относительности, а прямое обнаружение состоялось лишь в 2015 году. С тех пор гравитационная астрономия стала одним из самых быстро развивающихся направлений современной науки.

Большинство известных гравитационных волн возникает при столкновении черных дыр или нейтронных звезд. Однако существует и другой источник сигналов — многочисленные двойные системы белых карликов. Белые карлики являются остатками звезд, подобных Солнцу, завершивших свою эволюцию. Если два таких объекта вращаются вокруг общего центра масс, они непрерывно испускают слабые гравитационные волны.

Каждая отдельная двойная система слишком слаба, чтобы ее можно было зарегистрировать с Земли. Но в пределах Млечного Пути существуют миллионы подобных пар. Их сигналы складываются и образуют своеобразный фоновый шум, который ученые сравнивают с постоянным космическим гулом. Именно этот фон считается одним из главных объектов наблюдения будущей европейской космической миссии LISA.

Проект LISA, или Laser Interferometer Space Antenna, станет первым крупным космическим детектором гравитационных волн. Система будет состоять из трех космических аппаратов, расположенных на расстоянии миллионов километров друг от друга и образующих гигантский равносторонний треугольник. С помощью сверхточных лазерных измерений аппарат сможет фиксировать мельчайшие деформации пространства-времени, вызванные прохождением гравитационных волн.

До сих пор ученые рассматривали галактический фон как относительно стабильный шум, характеристики которого определяются количеством двойных систем и их распределением в пространстве. Однако новое исследование показало, что ситуация значительно сложнее.

Авторы работы обратили внимание на важную особенность Млечного Пути — его вращение. Звезды нашей Галактики движутся вокруг галактического центра со скоростями порядка 230 километров в секунду. Это означает, что одни источники гравитационных волн приближаются к наблюдателю, а другие удаляются от него.

В результате начинает работать хорошо известный эффект Доплера. Тот же самый физический механизм объясняет изменение тона сирены проезжающего автомобиля или смещение спектров удаляющихся галактик в красную область. Для гравитационных волн эффект проявляется в изменении их частоты. Если источник движется в сторону наблюдателя, волны слегка сжимаются. Если удаляется — растягиваются.

На первый взгляд такие изменения кажутся незначительными. Однако миллионы источников, распределенных по всей Галактике, создают сложную картину. Каждое направление на небе пересекает различные области Млечного

Пути с разной скоростью движения звезд. В результате фоновый гул оказывается неодинаковым в разных частях небесной сферы.

Исследователи впервые получили точное математическое описание этого эффекта и оценили его влияние на будущие наблюдения. Расчеты показали, что игнорирование вращения Галактики может привести к заметным ошибкам при анализе данных LISA. В некоторых случаях искажения оказываются сопоставимыми с точностью самого эксперимента.

Это означает, что без учета вращательного доплеровского эффекта ученые могут неверно оценить количество двойных звездных систем, их массу, распределение по Галактике и другие фундаментальные параметры. Для столь точного инструмента, каким станет LISA, подобные ошибки недопустимы.

К счастью, решение оказалось относительно простым. Для корректного анализа данных не требуется вводить новые неизвестные параметры. Достаточно включить влияние вращения Млечного Пути в математические модели, используемые для обработки сигналов. Современные вычислительные методы позволяют сделать это без существенного усложнения анализа.

Наиболее интересной частью исследования стал неожиданный побочный результат. Если вращение Галактики действительно оставляет отпечаток в фоне гравитационных волн, то этот эффект можно использовать как новый инструмент астрономических измерений.

Сегодня скорость вращения Млечного Пути определяется главным образом по наблюдениям звезд, газовых облаков и других светящихся объектов. Однако такие методы не позволяют напрямую исследовать распределение невидимой темной материи, которая составляет большую часть массы Галактики.

Гравитационные волны открывают совершенно новую возможность. Анализируя особенности фонового сигнала, ученые смогут независимо измерять параметры вращения Млечного Пути и сравнивать их с результатами традиционных наблюдений. Это позволит получить дополнительные данные о структуре Галактики и проверить существующие модели распределения темной материи.

Фактически LISA сможет не только слушать космические катастрофы в далеких уголках Вселенной, но и изучать внутреннее устройство нашей собственной Галактики. Вместо привычного наблюдения звездного света астрономы получают возможность исследовать Млечный Путь через колебания самого пространства-времени.

Это открывает новую эпоху в галактической астрономии. Если раньше

ученые изучали Галактику преимущественно по электромагнитному излучению, то в будущем к этим данным добавится полноценная гравитационно-волновая карта Млечного Пути. Такой подход позволит увидеть процессы, которые невозможно наблюдать традиционными методами, и получить более полное представление о структуре и эволюции нашей звездной системы.

Ссылка: «Эффект Доплера вращения Млечного Пути на LISA» DOI: [10.48550/arxiv.2606.11115](https://doi.org/10.48550/arxiv.2606.11115).