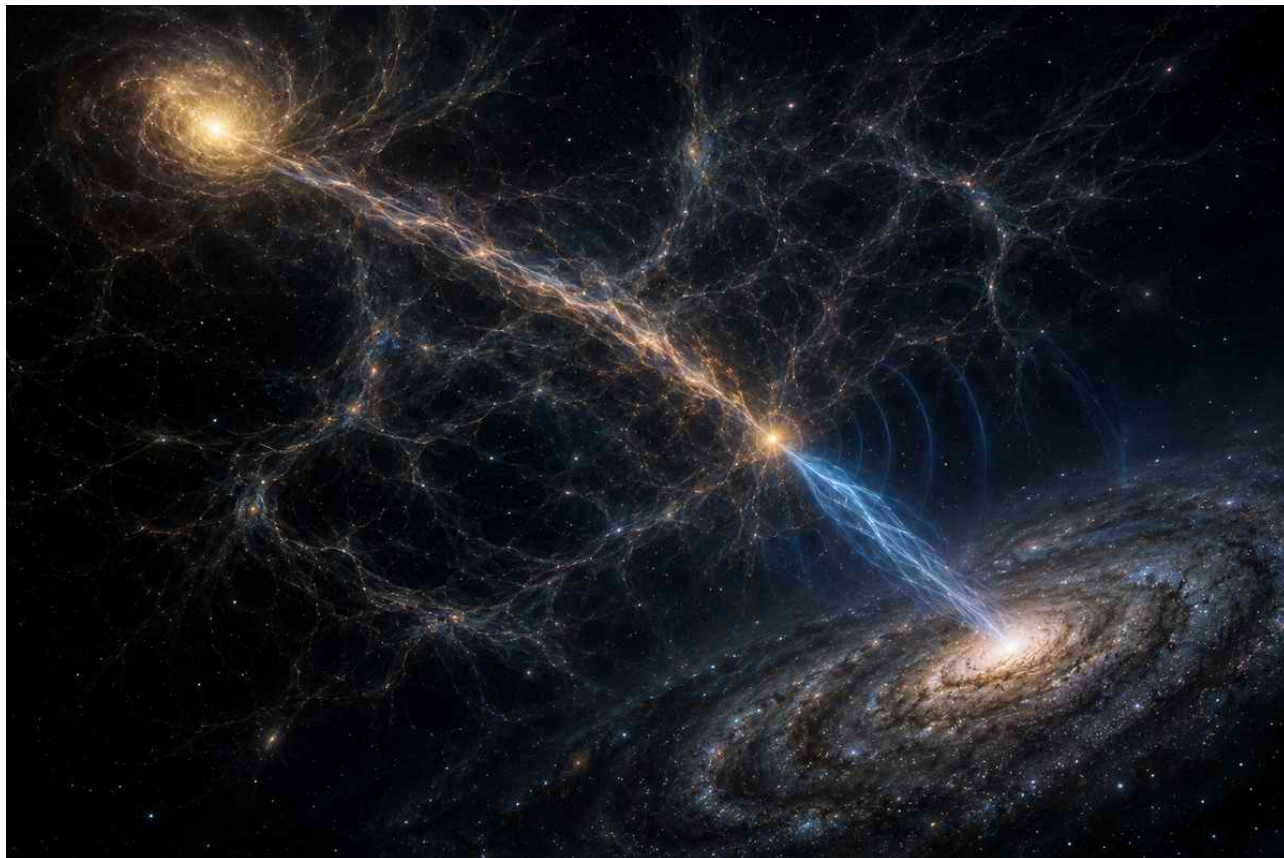


Темная материя может оставлять скрытое свечение: физики предложили искать гравитоны в космической паутине



Дата публикации: 10.08.2026

Темная материя остается одним из главных неизвестных современной физики. Она не светится, не отражает свет и пока не обнаружена непосредственно ни одним экспериментом. Тем не менее без нее чрезвычайно трудно объяснить движение звезд в галактиках, поведение скоплений галактик и формирование крупномасштабной структуры Вселенной.

Теперь физики предложили искать ее совершенно необычным способом. Вместо попыток непосредственно зарегистрировать частицу темной материи исследователи решили проверить, может ли она очень медленно распадаться на гравитоны — гипотетические кванты гравитационного взаимодействия. А затем искать уже не сами гравитоны, а свет, который те при определенных условиях способны породить.

На первый взгляд такая цепочка выглядит почти безнадежной. Темная материя не обнаружена, гравитоны тоже никогда не регистрировались, а

взаимодействие гравитации с веществом чрезвычайно слабое. Однако именно здесь исследователи нашли необычный природный «детектор» размером в значительную часть наблюдаемой Вселенной.

Этим детектором может стать космическая паутина — гигантская сеть галактик, скоплений и протяженных нитей вещества, разделенных огромными пустотами. Современные космологические модели показывают, что распределение вещества во Вселенной далеко не равномерно. Галактики концентрируются вдоль колоссальных нитевидных структур — филаментов, протянувшихся на миллионы и десятки миллионов световых лет. Именно по этим структурам вещество словно образует трехмерный каркас Вселенной.

Темная материя составляет основную часть материи в этой системе. В популярном изложении часто говорится, что на нее приходится около 85% всей материи Вселенной, тогда как знакомые нам атомы образуют лишь меньшую долю. При этом никто пока не знает, из каких частиц состоит темная материя. Один из возможных вариантов предполагает, что эти частицы чрезвычайно стабильны, но все же способны очень редко распадаться. Исследовательская группа под руководством Дэвида Дански из Нью-Йоркского университета рассмотрела особенно необычный канал такого распада: превращение частицы темной материи в гравитоны.

Гравитон — пока гипотетическая элементарная частица. В квантовом описании природы она должна играть для гравитации роль, в некотором смысле аналогичную роли фотона для электромагнитного взаимодействия. Но экспериментально существование отдельных гравитонов не подтверждено.

Поймать гравитон непосредственно было бы исключительно трудно. Гравитация на уровне элементарных частиц настолько слабее других фундаментальных взаимодействий, что вероятность регистрации отдельного гравитона обычным детектором считается ничтожной.

Поэтому исследователи предлагают искать не сам гравитон, а след его путешествия. Здесь в работу вступает эффект Герценштейна. В определенных условиях гравитационная волна или соответствующее гравитационное возбуждение при прохождении через магнитное поле может преобразовываться в электромагнитное излучение. В квантовой интерпретации этот процесс можно представить как превращение гравитона в фотон.

Вероятность такого превращения чрезвычайно мала. Но Вселенная компенсирует это своим масштабом. Космические филаменты содержат магнитные поля. Они значительно слабее магнитов, знакомых нам на Земле, однако могут распространяться на гигантские расстояния. Поэтому гравитон

получает огромную область, в которой хотя бы с небольшой вероятностью может преобразоваться в фотон.

Цепочка предполагаемого процесса выглядит следующим образом: частица темной материи распадается на гравитоны, гравитоны путешествуют через Вселенную, попадают в магнитные поля космических нитей, часть из них преобразуется в фотоны, а эти фотоны в принципе могут достичь Земли.

Для определенного диапазона параметров такой свет должен проявляться как чрезвычайно слабое гамма-излучение. Главное преимущество идеи заключается в том, что искать можно уже обычные фотоны. Для этого человечество располагает космическими гамма-телескопами, накопившими многолетние наблюдения практически всего неба.

Авторы исследования использовали данные космического телескопа Fermi-LAT. Этот инструмент регистрирует гамма-излучение и позволяет изучать как отдельные высокоэнергетические объекты, так и диффузный фон, приходящий из разных направлений.

Если распад темной материи на гравитоны происходил бы достаточно интенсивно, а последующее превращение гравитонов в фотоны давало достаточно сильный сигнал, в данных должен был появиться дополнительный компонент гамма-излучения.

Такого убедительного избытка исследователи не обнаружили. В физике отсутствие сигнала тоже может быть результатом. Оно позволяет определить, насколько часто гипотетический процесс точно не может происходить, иначе произведенное им излучение уже оказалось бы заметно существующим телескопам. Именно таким образом ученые получили первые ограничения на возможную скорость распада темной материи на гравитоны для широкого диапазона предполагаемых масс ее частиц.

Это не означает, что физики доказали существование такого распада. Результат имеет противоположный смысл: если темная материя действительно способна распадаться по этому каналу, процесс должен быть достаточно редким, чтобы не противоречить имеющимся наблюдениям гамма-фона.

Особенно интересна география предполагаемого сигнала. Многие традиционные поиски продуктов распада или аннигиляции темной материи сосредоточены на областях, где ее концентрация должна быть высокой, например возле центра Млечного Пути.

Но центр нашей Галактики одновременно чрезвычайно сложен. Там находятся звезды, газ, компактные объекты и многочисленные источники

высокоэнергетического излучения. Поэтому отличить потенциальный сигнал новой физики от обычных астрофизических процессов бывает трудно.

Новый подход переносит внимание на гигантские межгалактические филаменты. Они содержат темную материю и магнитные поля, необходимые для предполагаемого преобразования, но обладают совершенно другой астрофизической средой.

Фактически космическая паутина становится частью экспериментальной установки. Ее магнитные поля выполняют роль огромной естественной области преобразования, а гамма-телескоп возле Земли регистрирует возможный конечный результат процесса.

Идея интересна еще и тем, что этап превращения гравитационного возбуждения в электромагнитное не требует введения специального нового взаимодействия только ради обнаружения сигнала. Он опирается на известный в теоретической физике механизм взаимодействия гравитационных и электромагнитных полей.

Разумеется, метод зависит от целого ряда астрофизических предположений. Необходимо знать распределение темной материи, свойства межгалактических магнитных полей и структуру космических нитей. Каждый из этих параметров имеет собственные неопределенности.

Тем не менее исследование показывает, насколько необычными становятся современные поиски темной материи. Если частица практически не взаимодействует с обычным веществом, ученым приходится превращать саму Вселенную в лабораторию.

В перспективе чувствительность метода может значительно увеличиться. Авторы рассчитывают, что будущие гамма-обсерватории следующего поколения смогут улучшить существующие ограничения примерно на порядок, хотя реальные возможности будут зависеть от характеристик новых инструментов и качества астрофизических моделей.

Особенно перспективным станет более точное картирование космических филаментов и их магнитных полей. Чем лучше астрономы будут понимать структуру космической паутины, тем точнее физики смогут предсказывать, где и какой сигнал следует искать.

Если же когда-нибудь будет обнаружено гамма-излучение с характеристиками и пространственным распределением, соответствующими этому механизму, одного совпадения будет недостаточно для объявления открытия. Потребуется исключить обычные астрофизические источники и

проверить сигнал независимыми наблюдениями.

Но потенциальная награда огромна. Такой результат одновременно затронул бы две фундаментальные загадки: природу темной материи и квантовое описание гравитации.

Пока же ученые получили не открытие гравитонов, а новый способ проверять их возможную связь с темной материей. Космические нити, которые раньше рассматривались главным образом как элементы крупномасштабной структуры Вселенной, неожиданно превращаются в гигантский естественный эксперимент, протянувшийся на миллионы световых лет.

Ссылка: «Наблюдение распадов темной материи на гравитоны посредством преобразования гравитон-фотон» DOI: [10.1103/yvs5-67cj](https://doi.org/10.1103/yvs5-67cj).