

Последние исследования показывают, что фотон может быть не безмассовым.

Исследования пульсирующих звезд в Млечном Пути и таинственных радиосигналов из других галактик показали, что частица света — фотон — не может быть тяжелее $9,52 \times 10^{-46}$ килограммов. Это открытие, хотя и предполагает чрезвычайно малую массу, может серьезно повлиять на наше понимание Вселенной и физики в целом.

Фотоны обычно считаются безмассовыми частицами. Эти дискретные количества энергии движутся через пространство-время с постоянной скоростью, не ускоряясь и не замедляясь в вакууме. Эта постоянная скорость указывает на отсутствие массы, и нет доказательств обратного. Однако абсолютной уверенности в том, что фотоны безмассовы, нет.

Если бы у фотона действительно была масса, пусть даже очень малая, это противоречило бы специальной теории относительности Эйнштейна и электромагнитной теории Максвелла. Это могло бы привести к появлению новой физики и, возможно, дать ответы на некоторые фундаментальные вопросы о Вселенной, хотя и породило бы множество новых.

Прямые измерения массы фотона невозможны с учетом его предполагаемой малости. Однако косвенные измерения могут дать нам верхний предел этой гипотетической массы. Именно это и сделали группа астрономов.

Команда ученых из Сычуаньского университета науки и инженерии, Китайской академии наук и Нанкинского университета проанализировала данные, собранные с помощью массива Parkes Pulsar Timing Array и данных о быстрых радиовсплесках из различных источников, чтобы определить максимально возможную массу света.

Массив для измерения времени прихода сигналов от пульсаров — это набор радиотелескопов, наблюдающих за нейтронными звездами, которые испускают пульсирующие лучи электромагнитного излучения с чрезвычайной точностью. Быстрые радиовсплески — это мощные вспышки света неизвестного происхождения, обнаруживаемые на больших межгалактических расстояниях.

Исследователи изучали меру дисперсии, один из ключевых параметров пульсаров и быстрых радиовсплесков. Она указывает на то, насколько сильно пульсирующий луч радиосвета рассеивается свободными электронами между источником света и нами.

В рамках стандартной модели физики элементарных частиц фотоны рассматриваются

как безмассовые частицы. Однако некоторые расширенные теории, такие как квантовые теории гравитации, допускают возможность того, что фотоны могут обладать крайне малой, но ненулевой массой. Если предположить наличие у фотонов массы, это повлияет на их распространение через невакуумную среду, заполненную плазмой со свободными электронами.

В плазменной среде фотоны будут испытывать рассеяние на свободных электронах вследствие электромагнитного взаимодействия. Кроме того, наличие массы у фотонов может изменить их дисперсионные свойства и скорость распространения. Эти факторы приведут к задержке времени прохождения фотонов через плазму по сравнению с их скоростью в вакууме. Величина этой временной задержки будет пропорциональна предполагаемой массе фотона и плотности свободных электронов в плазменной среде.

Таким образом, если фотоны действительно обладают ненулевой массой, их распространение через плотные плазменные области, такие как солнечная корона или лабораторная плазма, будет замедляться. Точное измерение этого эффекта может дать ценную информацию о фундаментальных свойствах фотонов и проверить предсказания различных квантовых теорий гравитации на планковских масштабах.

Массив для измерения времени прихода сигналов от пульсаров отслеживает задержки в импульсах пульсаров относительно друг друга. Особенно в ультраширокой полосе пропускания можно минимизировать эффекты дисперсии, позволяя ученым вычислить, сколько задержки может быть связано с гипотетической массой фотона.

Аналогично, анализ сигналов быстрых радиовсплесков также может показать задержку, пропорциональную массе фотона.

Тщательно изучив эти данные, команда смогла определить верхний предел массы фотона — $9,52 \times 10^{-46}$ килограммов (или, в эквивалентной энергии, $5,34 \times 10^{-10}$ электронвольт). Это не означает, что фотон имеет массу; это лишь устанавливает новый предел, в пределах которого масса может находиться, если она существует.

«Это впервые», — пишут авторы, — «когда взаимодействие между ненулевой массой фотона и плазменной средой было учтено и рассчитано при его распространении через плазму».

Хотя этот предел лишь немного ниже измерения, опубликованного в 2023 году, он является уточнением. Это означает, что ученые, исследующие эффекты

гипотетической массы фотона, теперь имеют более точный диапазон для работы.

Исследование также демонстрирует необходимость использования высокоточных радиотелескопов. Хотя в ближайшее время вряд ли удастся измерить массу фотона напрямую, получение все более качественных данных позволит еще больше сузить этот предел и понять потенциальные эффекты на Вселенную.