

«Ноты Вселенной»: физики научились искать скрытые частицы по их едва заметному влиянию на известные законы природы



Дата публикации: 24.07.2026

На первый взгляд идея кажется необычной: определить устройство музыкального инструмента, не заглядывая внутрь, а лишь внимательно прислушиваясь к его звучанию. Однако именно такой принцип лег в основу нового исследования международной группы физиков, предложивших оригинальный способ поиска неизвестных частиц, которые могут скрываться далеко за пределами возможностей современных ускорителей.

Авторы работы сравнивают свою методику с пианино. Опытный музыкант способен по особенностям звучания определить размеры инструмента, конструкцию корпуса и даже некоторые особенности механики клавиш. По мнению ученых, Вселенная ведет себя похожим образом. Хотя многие фундаментальные частицы невозможно наблюдать напрямую, они оставляют едва заметные «отголоски» в поведении уже известных элементарных частиц. Именно эти слабые сигналы исследователи предлагают использовать для восстановления картины физики высоких энергий.

Новая работа, которая опубликована в журнале *Physical Review Letters*, посвящена разработке математического алгоритма, позволяющего преобразовывать экспериментальные данные в сведения о ранее неизвестных частицах и взаимодействиях. Это особенно важно, поскольку большинство современных экспериментов не способны непосредственно создавать частицы, существующие при чрезвычайно высоких энергиях.

Главная проблема современной физики заключается в том, что Стандартная модель, несмотря на впечатляющую точность своих предсказаний, не является окончательной теорией устройства Вселенной. Она успешно описывает известные элементарные частицы и три фундаментальных взаимодействия, однако не объясняет происхождение темной материи, природу темной энергии, квантовую гравитацию, асимметрию между веществом и антивеществом, а также ряд других фундаментальных явлений.

Именно поэтому физики уже много лет пытаются обнаружить признаки новой физики — законов, выходящих за рамки Стандартной модели. Но существует серьезное препятствие: если новые частицы обладают очень большой массой, современные ускорители, включая Большой адронный коллайдер в ЦЕРН, могут не обладать достаточной энергией для их непосредственного рождения.

Вместо прямого обнаружения исследователи предлагают искать косвенные последствия существования таких частиц. Даже если они появляются лишь на ничтожные доли секунды или вообще недоступны для современных ускорителей, они способны слегка изменять взаимодействия между уже известными частицами. Эти изменения чрезвычайно малы, однако современные детекторы способны измерять их с высокой точностью.

Для описания подобных эффектов физики используют аппарат эффективной теории поля. Она позволяет учитывать влияние неизвестной высокоэнергетической физики без необходимости подробно описывать сами скрытые частицы. В рамках этой теории ключевую роль играют коэффициенты Вильсона — специальные параметры, которые количественно показывают, насколько реальные взаимодействия отклоняются от предсказаний Стандартной модели.

До настоящего времени существовала серьезная проблема: экспериментаторы могли измерять коэффициенты Вильсона, но обратная задача — восстановить по ним свойства неизвестных частиц — оставалась чрезвычайно сложной. Новое исследование предлагает универсальное математическое решение именно этой задачи.

Разработанный алгоритм позволяет по измеренным коэффициентам определить, какие типы новых частиц или взаимодействий могли породить наблюдаемые отклонения. Фактически ученые получают возможность двигаться в обратном направлении: от экспериментальных данных к гипотетической фундаментальной теории.

Авторы исследования сравнивают этот процесс с анализом музыкальных нот. Если сами коэффициенты Вильсона представить в виде звуков, то неизвестные частицы становятся аналогом внутреннего устройства музыкального инструмента. Слушая только «мелодию», математический алгоритм помогает восстановить скрытый механизм, который ее породил.

Особую ценность новому подходу придает то, что он уже может использовать данные существующих экспериментов. Большой адронный коллайдер на протяжении многих лет собирает огромные массивы информации о столкновениях элементарных частиц. Значительная часть этих данных содержит измерения, необходимые для определения коэффициентов эффективной теории поля. Таким образом, новая методика не требует строительства новых установок — она позволяет извлечь дополнительную информацию из уже накопленных результатов.

По сути, речь идет о новом способе анализа экспериментальных данных. Если раньше ученые искали неизвестные частицы главным образом по прямым следам их рождения, то теперь появляется возможность выявлять их присутствие по едва заметным изменениям поведения известных частиц. Такой подход значительно расширяет возможности современных экспериментов и повышает вероятность обнаружения физики за пределами Стандартной модели.

Исследователи отмечают, что даже небольшие отклонения в вероятностях различных процессов могут оказаться следствием существования новых фундаментальных частиц. Чем точнее становятся измерения, тем больше информации можно извлечь о недоступных напрямую масштабах энергии. В этом смысле современная физика все чаще превращается в науку не только о прямых открытиях, но и о поиске тончайших косвенных эффектов.

Особенно перспективным новый алгоритм выглядит в сочетании с будущими экспериментами. В ближайшие годы Большой адронный коллайдер пройдет очередной этап модернизации, что позволит значительно увеличить объем получаемых данных и повысить точность измерений. Кроме того, в мире обсуждаются проекты ускорителей нового поколения, которые смогут проводить еще более чувствительные исследования взаимодействий элементарных частиц.

Если предложенная математическая методика подтвердит свою

эффективность, она может стать одним из ключевых инструментов анализа результатов этих экспериментов. Вместо простого поиска новых частиц физики смогут получать информацию об их возможной массе, свойствах и характере взаимодействий задолго до того, как появится возможность наблюдать их напрямую.

Работа демонстрирует важную тенденцию современной фундаментальной науки: иногда крупнейшие открытия рождаются не благодаря созданию новых приборов, а благодаря новым способам интерпретации уже известных данных. В данном случае ученые предлагают своеобразный «переводчик» между миром наблюдаемых эффектов и миром скрытой физики высоких энергий.

Если метод получит дальнейшее развитие и подтвердится экспериментально, он способен существенно приблизить ученых к пониманию того, какие законы действуют за пределами Стандартной модели. Это, в свою очередь, может стать важным шагом к созданию более полной теории устройства Вселенной, объединяющей известные фундаментальные взаимодействия и объясняющей происхождение тех загадочных явлений, которые до сих пор остаются одной из главных тайн современной физики.

Ссылка: «Обратная задача в эффективной теории поля» DOI: [10.1103/9gtg-yjmv](https://doi.org/10.1103/9gtg-yjmv).