

Машинное обучение помогло сузить поиск новых бозонов Хиггса: физики приблизились к открытию скрытого семейства частиц



Дата публикации: 24.07.2026

Открытие бозона Хиггса в 2012 году стало одним из крупнейших достижений современной физики. Именно эта частица завершила построение Стандартной модели — теории, описывающей фундаментальные частицы и силы природы. Благодаря взаимодействию с полем Хиггса элементарные частицы получают массу, что делает возможным существование атомов, звезд, планет и всего окружающего мира. Однако, несмотря на успех этой теории, она по-прежнему не объясняет многие фундаментальные явления, включая природу темной материи, происхождение темной энергии, асимметрию между материей и антиматерией, а также ряд других космологических загадок. Именно поэтому физики продолжают искать признаки новой физики, способной выйти за пределы существующей модели.

Одним из наиболее перспективных направлений считается гипотеза о существовании не одного, а сразу нескольких бозонов Хиггса. Согласно ряду современных теорий, обнаруженная частица может оказаться лишь первым

представителем гораздо более обширного семейства. Если такие частицы действительно существуют, они способны изменить представления о происхождении массы, устройстве Вселенной и фундаментальных законах природы.

Именно этой проблеме посвящены два исследования специалистов Индийского технологического института в Гандинагаре, выполненные совместно с сотрудниками Научно-исследовательского института Хариша-Чандры. Авторы изучили так называемую демократическую модель трех полей Хиггса, согласно которой во Вселенной могут существовать сразу три независимых поля вместо одного, описываемого Стандартной моделью.

В традиционной картине существует единственное поле Хиггса, которое пронизывает все пространство и взаимодействует с элементарными частицами. Новая модель предполагает наличие трех различных полей, каждое из которых отвечает за взаимодействие с определенными типами фермионов. Такой подход позволяет избежать противоречий с уже существующими экспериментальными данными и одновременно предсказывает существование новых частиц, включая заряженные бозоны Хиггса, которых Стандартная модель вообще не предусматривает.

Каждое дополнительное поле может образовывать собственные частицы с различной массой и различными характеристиками взаимодействия. Это значительно усложняет математическое описание модели, поскольку число свободных параметров резко возрастает. Для проверки всех возможных комбинаций потребовалось бы огромное количество вычислений, практически недоступное даже современным суперкомпьютерам при использовании классических методов анализа.

Чтобы решить эту проблему, исследователи впервые применили современный алгоритм активного машинного обучения. Вместо полного перебора всех вариантов искусственный интеллект постепенно обучался определять наиболее перспективные области пространства параметров, концентрируя вычисления именно там, где вероятность получения физически корректных решений была максимальной.

По сути алгоритм действовал подобно опытному исследователю, который после нескольких успешных находок начинает понимать, где именно следует искать дальше. С каждой новой проверкой модель уточняла собственные прогнозы и постепенно исключала заведомо бесперспективные области.

Эффективность такого подхода оказалась впечатляющей. Исследователям пришлось проанализировать около 600 миллиардов различных комбинаций

параметров модели. Если традиционный алгоритм выполнял подобную задачу примерно за четыре часа, то использование активного машинного обучения позволило сократить время вычислений примерно до десяти минут без потери точности результатов. Подобное ускорение открывает новые возможности для исследований в области физики высоких энергий, где количество анализируемых параметров постоянно растет.

После завершения вычислений физики получили значительно более точную карту допустимых решений. Оказалось, что обнаруженный в 2012 году бозон Хиггса массой 125 ГэВ может занимать три различных положения в предполагаемом семействе новых частиц.

Первый сценарий предполагает, что известный бозон является самым легким представителем семейства. В этом случае должны существовать два более тяжелых бозона с массами приблизительно от 350 до 580 ГэВ. Подобные частицы пока не были обнаружены, однако они вполне могут оказаться достижимыми для будущих ускорителей.

Наиболее интересным оказался второй вариант. Согласно расчетам, известный бозон может занимать среднее положение, а значит во Вселенной способен существовать еще более легкий бозон Хиггса массой около 82 ГэВ. Такая частица вполне могла остаться незамеченной в предыдущих экспериментах, поскольку ее взаимодействия отличаются от поведения уже известного бозона. Именно этот сценарий исследователи считают наиболее перспективным для дальнейших поисков.

Третий вариант оказался практически несовместим с накопленными экспериментальными данными. В этом случае обнаруженный бозон должен быть самым тяжелым членом семейства, а два остальных обладали бы меньшими массами. Однако многочисленные проверки показали, что подобная конфигурация противоречит существующим измерениям и с высокой вероятностью может быть исключена.

Полученные результаты имеют большое практическое значение для будущих экспериментов. Во второй работе ученые исследовали возможности Международного линейного коллайдера — перспективного ускорителя нового поколения, который рассматривается как один из главных проектов мировой физики элементарных частиц.

В отличие от Большого адронного коллайдера, где сталкиваются протоны, Международный линейный коллайдер будет работать с электронами и позитронами. Подобные столкновения значительно "чище" с экспериментальной точки зрения, поскольку образуют гораздо меньше побочных процессов.

Благодаря этому вероятность обнаружения новых бозонов Хиггса существенно возрастает.

Исследователи рассчитали несколько наиболее вероятных каналов рождения новых частиц и их последующего распада. После образования бозоны Хиггса практически мгновенно распадаются на другие элементарные частицы, которые уже способны зарегистрировать детекторы. Анализируя характер этих распадов, ученые смогут отличить реальные сигналы новых частиц от большого количества фоновых процессов.

Особую ценность исследования представляет сочетание фундаментальной физики и современных методов искусственного интеллекта. Машинное обучение уже активно применяется в астрофизике, генетике, климатологии и медицинской диагностике, однако теперь оно становится важным инструментом и в поиске новой физики за пределами Стандартной модели. Использование интеллектуальных алгоритмов позволяет существенно сократить объем вычислений, повысить точность прогнозов и значительно ускорить анализ огромных массивов экспериментальных данных.

Авторы работы отмечают, что подобный подход можно применять далеко за пределами физики элементарных частиц. Любые задачи, связанные с поиском редких решений в пространствах с миллиардами возможных комбинаций, могут эффективно решаться при помощи активного машинного обучения. Это открывает перспективы для новых исследований в материаловедении, химии, биоинформатике, космологии и других областях современной науки.

Сегодня поиск дополнительных бозонов Хиггса остается одной из главных задач мировой физики высоких энергий. Бозон Хиггса, Стандартная модель, поля Хиггса, элементарные частицы, машинное обучение, искусственный интеллект, Международный линейный коллайдер, темная материя, кварки, лептоны. Если существование новых представителей семейства Хиггса будет подтверждено экспериментально, это станет одним из крупнейших научных открытий XXI века и откроет путь к созданию новой фундаментальной теории, способной объяснить устройство Вселенной значительно глубже, чем это позволяет современная Стандартная модель.

Ссылка: «Феноменология ILC симметричной модели дублета Хиггса типа Z 3»
DOI: [10.1140/epjc/s10052-026-15413-9](https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-026-15413-9).