

Физики приближаются к созданию трёхмерного изображения протона.

Ученые-ядерщики приблизились к разгадке одной из самых больших тайн физики — источника спина протона. Новый инновационный метод, объединяющий экспериментальные данные с передовыми вычислительными расчетами, предоставил более детализированное представление о вкладе "клея", удерживающего кварки внутри протона, в его спин. Этот перспективный подход также открывает путь к созданию трехмерной модели структуры протона, что позволит лучше понять фундаментальные свойства материи.

Исследование возглавил Джозеф Карпи, постдокторант Центра теоретической и вычислительной физики (Theory Center) в Национальной лаборатории имени Томаса Джефферсона (США).

Загадка происхождения спина протона берет свое начало в 1987 году, когда были проведены первые измерения источников его спина. Изначально считалось, что основным источником спина протона являются кварки — фундаментальные частицы, из которых он состоит. Однако выяснилось, что вклад кварков составляет лишь около 30% от общего спина протона. Остальные 70% спина происходят от двух других, более сложных для наблюдения и измерения источников: спина глюонов, являющихся переносчиками сильного взаимодействия, и орбитального движения кварков внутри протона. Разгадка этой многолетней тайны позволит лучше понять природу сильного взаимодействия и структуру адронов.

Одним из источников спина протона является сильное взаимодействие — одна из четырех фундаментальных сил, действующих во Вселенной. Эта мощная сила "склеивает" кварки, образуя протоны и другие адроны. Переносчики сильного взаимодействия, называемые глюонами, также вносят значительный вклад в спин протона за счет собственного внутреннего спинового момента. Оставшаяся часть спина протона обусловлена орбитальным движением кварков и глюонов, вихревыми токами, образующимися внутри этой субатомной частицы. Детальное понимание происхождения спина протона имеет принципиальное значение для фундаментальной теории сильных взаимодействий — квантовой хромодинамики, описывающей поведение кварков и глюонов.

В новой работе объединились две группы ученых, работающих над пониманием вклада глюонов в спин протона. Первоначальные экспериментальные измерения спина глюонов проводились на коллайдере тяжелых ионов (RHIC) в Брукхейвенской национальной лаборатории. Эти данные сначала указывали на положительный вклад

глюонов в спин протона.

Однако при улучшении анализа данных появились новые результаты. "Когда анализ был улучшен, появились две противоположные группы результатов: одни показывали положительный вклад, а другие - отрицательный", объяснил Карпи.

Ранее положительные результаты указывали на то, что спины глюонов совпадают со спином протона. Однако улучшенный анализ допустил возможность отрицательного вклада спинов глюонов, что означало бы, что большая часть спина протона исходит от движения кварков и глюонов или от самих спинов кварков.

Этот озадачивающий результат о распределении спина внутри протона был получен международной научной коллаборацией Jefferson Lab Angular Momentum (JAM) на основе анализа экспериментальных данных. Параллельно коллаборация HadStruc провела масштабные расчеты на суперкомпьютерах для моделирования сложных взаимодействий кварков и глюонов внутри протона с использованием квантовой хромодинамики (QCD) — фундаментальной квантовой теории сильных взаимодействий. Объединение экспериментальных результатов и передовых теоретических вычислений позволило ученым получить беспрецедентно детальную картину происхождения спина протона и структуры этой субатомной частицы

Карпи объединил данные обеих групп, включая результаты расчётов lattice QCD, более упрощённой версии QCD для суперкомпьютеров. "Это объединение всех известных данных о спине кварков и глюонов и их вкладе в спин протона в одномерном пространстве", отметил Дэвид Ричардс, старший научный сотрудник Jefferson Lab.

Объединение данных показало, что отрицательные результаты не исчезли, но изменились, что указывает на наличие неких аномалий. Основной вывод исследования в том, что комбинирование экспериментальных данных и вычислений lattice QCD даёт более точные результаты.

"Мы объединяем наши наборы данных и получаем лучший результат, чем любой из нас мог бы получить по отдельности. Это первый шаг, и мы надеемся продолжить работу, используя больше наблюдаемых величин и данных lattice QCD", подчеркнул Карпи.

Следующим шагом станет дальнейшее улучшение наборов данных. С развитием более мощных экспериментов и более точных вычислений на суперкомпьютерах, ученые смогут создавать трёхмерное изображение структуры протона.

"Мы учимся на более простых задачах, чтобы затем перейти к трёхмерной структуре. Эта работа внесёт вклад в создание трёхмерного изображения протона", добавил Ричардс.

Таким образом, физики делают шаги к сердцу проблемы, изучая более простые аспекты сейчас, чтобы в будущем понять полную трёхмерную структуру протона.