

## Внутри протона: самые мощные силы во Вселенной стали видимыми

Дата публикации: 04.03.2025

Физики совершили научный прорыв, впервые визуализировав силы, действующие внутри протона, одной из фундаментальных частиц, составляющих материю. Используя решеточную квантовую хромодинамику, исследователи создали уникальную карту силового поля, показывающую, как кварки взаимодействуют под воздействием экстремальных энергий. Эти результаты не только углубляют наше понимание строения материи, но и могут повлиять на развитие технологий будущего, от медицины до энергетики.

Протоны состоят из трех кварков, связанных между собой глюонами, которые переносят сильное ядерное взаимодействие. Это взаимодействие настолько мощное, что на квантовом уровне его можно сравнить с весом десяти слонов, сжатых в пространстве, меньшем, чем атомное ядро. До недавнего времени прямое измерение этих сил было невозможно, но современные вычислительные методы позволили ученым смоделировать их распределение. Экспериментальные данные подтверждают, что силы внутри протона достигают полумиллиона ньютонов, что делает их одними из самых мощных взаимодействий во Вселенной.

Для построения карты распределения сил ученые использовали решеточную квантовую [хромодинамику](#) — метод, который разбивает пространство и время на дискретную сетку и моделирует поведение частиц. Этот метод позволяет с высокой точностью рассчитать, как кварки и глюоны взаимодействуют внутри протона и как они реагируют на внешние возмущения, например, на фотоны высокой энергии. В результате удалось создать, возможно, самую маленькую карту силового поля, когда-либо созданную в науке.

Полученные данные помогают объяснить, как протоны ведут себя в высокоэнергетических столкновениях, таких как те, что происходят в Большом адронном коллайдере. Эти исследования играют ключевую роль в изучении фундаментальной структуры материи, поскольку позволяют уточнить модели, описывающие поведение элементарных частиц. Кроме того, более глубокое понимание динамики протонов может способствовать разработке новых технологий, таких как прецизионная протонная терапия в медицине, где высокоэнергетические протоны используются для точечного уничтожения раковых клеток с минимальным воздействием на здоровые ткани.

Исследование также подчеркивает важность фундаментальной науки.

Исторически знание о поведении элементарных частиц приводило к технологическим революциям. Исследования света в прошлом позволили создать лазеры и системы визуализации, а изучение электромагнитных волн привело к развитию радиосвязи и интернета. Аналогично, углубление наших знаний о структуре протона может привести к новым приложениям в физике, инженерии и медицине.

Текущие работы в области физики частиц постепенно устраняют разрыв между теорией и экспериментом. Моделирование сил внутри протона — это значительный шаг к пониманию природы на самом фундаментальном уровне. Исследования продолжаются, и ученые надеются, что в будущем полученные знания помогут не только в объяснении природы Вселенной, но и в создании новых технологических решений, которые изменят нашу повседневную жизнь.

**Ссылка:** «Распределения поперечной силы в протоне из решеточной КХД»  
DOI: [10.1103/PhysRevLett.134.071901](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.134.071901).