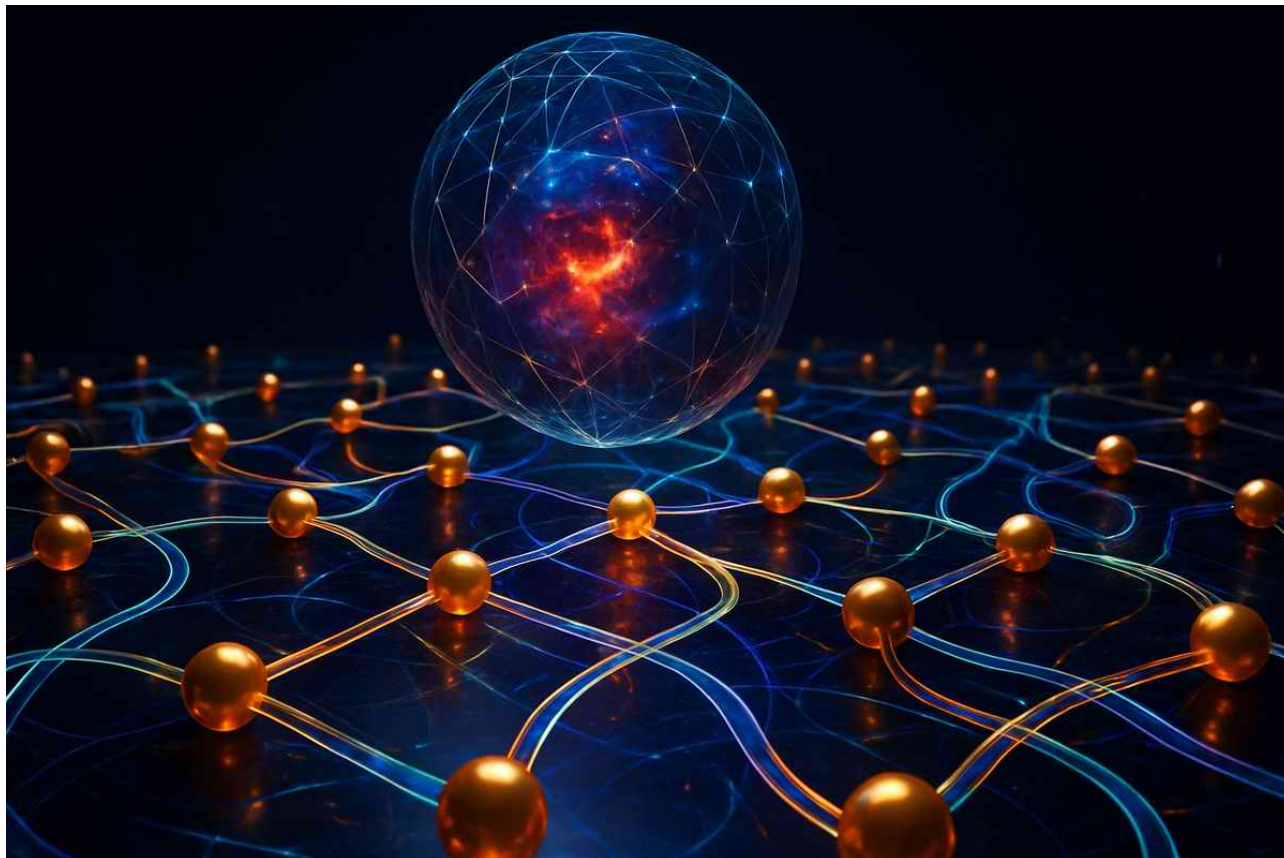


Квантовый алгоритм нового поколения раскрывает природу материи и происхождение структуры Вселенной



Дата публикации: 18.11.2025

Физики Министерства энергетики США впервые продемонстрировали масштабируемый квантовый алгоритм, способный моделировать фундаментальные свойства материи в условиях, которые раньше были недоступны даже самым мощным суперкомпьютерам. Используя квантовые процессоры IBM и более 100 кубитов, исследовательская группа реконструировала динамику квантовой электродинамики и поведение частиц в состоянии, близком к условиям крупных ускорителей. Этот результат открывает новое направление в изучении фундаментальных взаимодействий, определяющих структуру Вселенной и происхождение материи.

Одним из главных научных вызовов является моделирование сильных взаимодействий, которые определяют поведение кварков и глюонов. В обычных условиях решение уравнений Стандартной модели становится практической невозможностью — вычислительная сложность растёт экспоненциально, и даже крупнейшие суперкомпьютеры не могут воспроизвести динамику сильно

связанных квантовых систем. Квантовые вычисления предлагают альтернативный путь, позволяющий непосредственно имитировать квантовую природу материи и обходить ограничения классических методов.

Учёные разработали масштабируемые квантовые схемы, позволяющие формировать начальные состояния частиц, эквивалентные условиям перед столкновением в ускорителе. Эти схемы прошли этапы верификации на небольших моделях с использованием классических вычислений, после чего были расширены до крупномасштабных конфигураций, предназначенных для выполнения на реальных квантовых процессорах. В ходе экспериментов исследователи получили точные характеристики квантового вакуума и подготовили импульсы адронов, которые затем подвергли временной эволюции для анализа их динамики.

Особую значимость имеет демонстрация того, что квантовый алгоритм корректно описывает состояния с локализованными корреляциями. Это необходимо для моделирования физических систем, в которых взаимодействия ограничены конечной областью пространства. Благодаря этому удалось создать цифровое квантовое моделирование вакуума и элементарных частиц в одномерном пространстве — крупнейшее из когда-либо проведённых.

Масштабируемость разработанных алгоритмов открывает перспективу моделирования таких процессов, как формирование материи в ранней Вселенной, эволюция сверхплотных состояний в недрах нейтронных звёзд, генерация тяжёлых элементов в сверхновых, а также фундаментальный вопрос о том, почему во Вселенной существует избыток материи по сравнению с антиматерией. Эти явления критически важны для понимания того, как возникла структура космоса и почему Вселенная выглядит так, как мы её наблюдаем.

Кроме фундаментальной физики, новые алгоритмы имеют большой потенциал в смежных областях. Их можно применять для моделирования экзотических материалов, квантовых фаз с высокой корреляцией, нестандартных конденсированных систем и других сложных объектов, где классические методы сталкиваются с непреодолимыми вычислительными барьерами. По мере роста числа кубитов и повышения стабильности квантовых процессоров ожидается, что квантовое моделирование станет важнейшим инструментом физики XXI века.

Представленные результаты демонстрируют практическую возможность квантовых вычислений решать реальные задачи фундаментальной науки. Новые алгоритмы формируют основу для следующего поколения исследований, в которых квантовые компьютеры станут полноценными лабораториями для

изучения поведения материи в самых экстремальных условиях — от ранней Вселенной до внутренних областей плотнейших объектов космоса.

Ссылка: «Масштабируемые схемы для подготовки основных состояний на цифровых квантовых компьютерах: модель вакуума Швингера на 100 кубитах»
DOI: [10.1103/PRXQuantum.5.020315](https://doi.org/10.1103/PRXQuantum.5.020315).