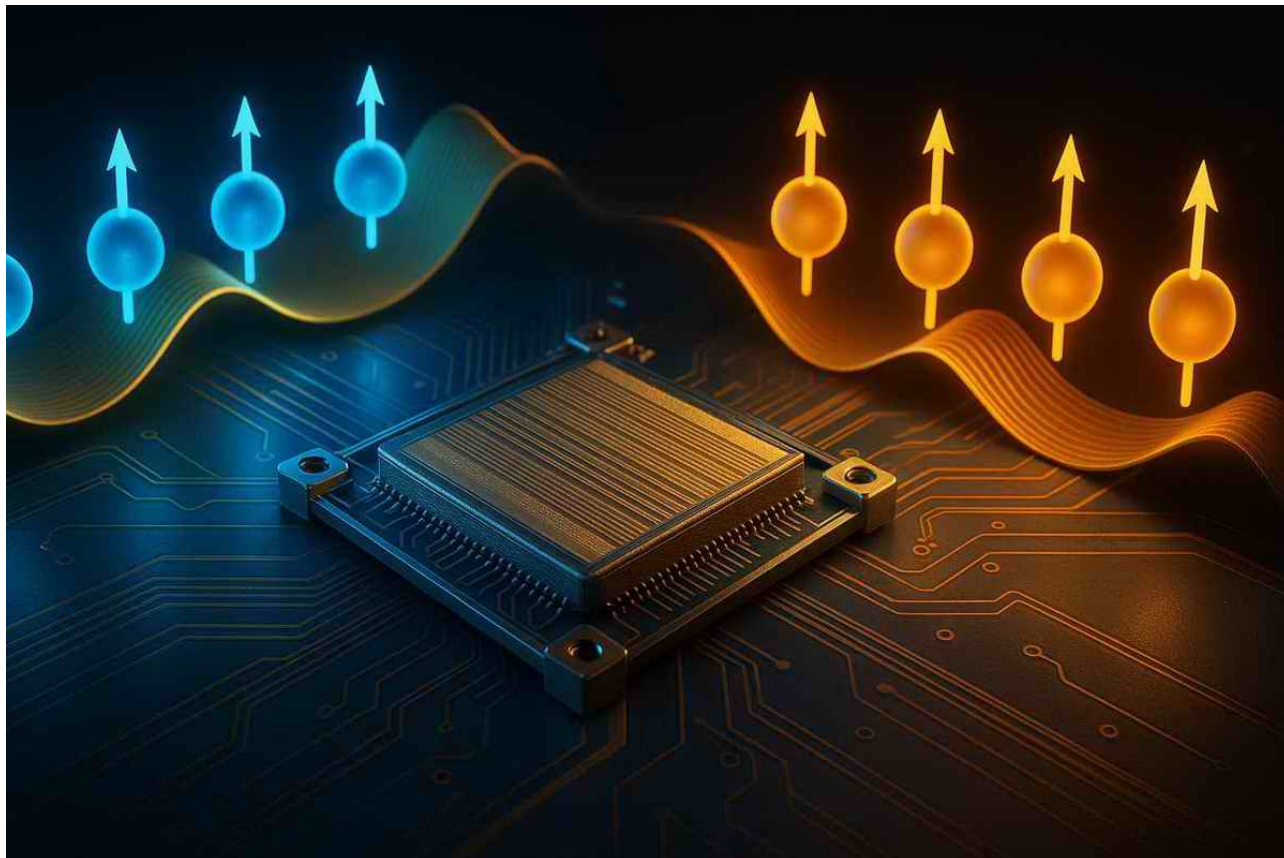


Квантовый компьютер впервые смоделировал спонтанное нарушение симметрии при абсолютном нуле



Дата публикации: 03.07.2025

Впервые в истории науки учёным удалось воспроизвести на квантовом компьютере фундаментальное явление — спонтанное нарушение симметрии (SSB) при нулевой температуре. Этот результат стал важной вехой как для квантовой теории, так и для физики конденсированного состояния. Эксперимент провели исследователи из Китая, Дании, Испании и Бразилии. Работа была опубликована в престижном журнале Nature Communications.

В модели использовался квантовый процессор на основе сверхпроводящих кубитов. Система эволюционировала от антиферромагнитного состояния, где спины частиц чередуются, к ферромагнитному, в котором все спины ориентированы в одну сторону. Такое поведение иллюстрирует фазовый переход, сопровождаемый спонтанным нарушением симметрии — важнейший механизм формирования структуры в природе, от кристаллов до элементарных частиц.

Ключевая особенность эксперимента — моделирование при температуре,

близкой к абсолютному нулю. Хотя физически температура 0 Кельвинов недостижима, квантовые вычисления позволяют имитировать поведение системы в этом пределе. Используя семикубитную схему, учёные смоделировали адиабатическую эволюцию — медленный переход системы из одного квантового состояния в другое, контролируемый изменением параметров гамильтониана. Это позволило наблюдать, как квантовый порядок возникает из симметричного начального состояния без внешнего вмешательства.

Существенной частью работы стала «оцифровка» адиабатической эволюции. Вместо непрерывного изменения параметров гамильтониана, учёные разбили процесс на M дискретных блоков, реализованных с помощью квантовой схемы. При этом было показано, что заранее выбранные параметры, обеспечивающие широкий энергетический зазор, позволяют сократить длину схемы без потери точности. Это делает такой подход эффективным и масштабируемым для более сложных моделей.

Фазовый переход был обнаружен с помощью анализа корреляционных функций и энтропии Реньи — метрики, позволяющей количественно оценить степень запутанности между частями квантовой системы. Запутанность, наряду с суперпозицией, является ключевой особенностью квантовых вычислений: она позволяет формировать корреляции, которые невозможно описать классическими методами. Таким образом, система демонстрировала не только нарушение симметрии, но и формирование нового квантового порядка с сильными нелокальными связями между кубитами.

Реализация была выполнена на квантовом процессоре в Южном университете науки и технологий в Шэньчжэне — городе, который за последние десятилетия превратился в один из ведущих научных и промышленных центров мира. Использовались сверхпроводящие кубиты на основе ниобиевых сплавов, функционирующие при температуре около одной милликельвины. Благодаря их масштабируемости и высокой стабильности, такие системы считаются перспективными кандидатами для построения универсального квантового компьютера.

Научная значимость этой работы заключается в демонстрации того, что квантовые компьютеры могут быть не только вычислительными машинами, но и физическими лабораториями для моделирования явлений, недоступных классическим системам. Спонтанное нарушение симметрии — универсальный механизм в физике, лежащий в основе законов сохранения и формирования структуры. Его экспериментальное моделирование в квантовой системе на чипе открывает новые горизонты для изучения сложных квантовых фаз, критических явлений и переходов материи.

Разработка квантовых алгоритмов для описания таких процессов, как фазовые переходы и формирование порядка, становится особенно актуальной в контексте растущей вычислительной сложности классических симуляций. Квантовые машины предоставляют принципиально новый инструментарий для анализа систем с сильными корреляциями, запутанностью и топологическими свойствами.

Это исследование также демонстрирует, как тесное сотрудничество между теоретиками и экспериментаторами, объединяющее физиков из разных стран, может привести к фундаментальным открытиям на стыке квантовой теории, материаловедения и информационных технологий. Ожидается, что в будущем аналогичные подходы будут применяться для моделирования более сложных систем, включая сверхпроводящие материалы, квантовые магниты и экзотические фазы вещества.

Ссылка: «Цифровое моделирование спонтанного нарушения симметрии при нулевой температуре в сверхпроводящем решеточном процессоре» DOI: [10.1038/s41467-025-57812-8](https://doi.org/10.1038/s41467-025-57812-8).