

Ученые создали алгоритм, способный за секунды анализировать квантовые материалы, недоступные суперкомпьютерам



Дата публикации: 05.05.2026

Исследователи из Aalto University сообщили о создании нового вычислительного алгоритма, который может кардинально изменить подход к изучению квантовых материалов. Разработка позволяет моделировать чрезвычайно сложные структуры, ранее считавшиеся практически недоступными даже для мощнейших суперкомпьютеров. По мнению ученых, эта технология может ускорить создание материалов для квантовых компьютеров, сверхпроводников нового поколения и энергоэффективной электроники. Работа опубликована в *Physical Review Letters* и уже получила статус рекомендации редакции, что подчеркивает высокий интерес научного сообщества к результатам исследования.

Современные квантовые технологии напрямую зависят от материалов с необычными физическими свойствами. Именно такие материалы позволяют создавать кубиты — базовые элементы квантовых компьютеров, а также разрабатывать сверхпроводники, проводящие электричество практически без

потерь энергии.

Одним из наиболее перспективных направлений в этой области стали многослойные структуры на основе графена и других двумерных материалов. Когда отдельные атомарные слои слегка поворачивают относительно друг друга, возникает так называемый муаровый узор — сложная интерференционная структура, способная радикально менять свойства вещества. В некоторых случаях такие материалы начинают проявлять сверхпроводимость, топологические эффекты и другие необычные квантовые явления.

Однако по мере усложнения этих структур физики столкнулись с фундаментальной вычислительной проблемой. Материалы нового поколения, включая квазикристаллы и сверхмуаровые системы, обладают настолько сложной внутренней организацией, что для их точного моделирования требуется обработка астрономических объемов данных.

В некоторых случаях речь идет о квадриллионах чисел и гигантских математических пространствах, размеры которых значительно превышают возможности современных вычислительных систем. Даже суперкомпьютеры оказываются неспособны полностью просчитать поведение таких структур за разумное время.

Финские исследователи предложили альтернативный подход, вдохновленный принципами самой квантовой механики. Вместо прямого моделирования огромных массивов данных они использовали математический метод, основанный на тензорных сетях — специальных структурах, позволяющих эффективно кодировать чрезвычайно сложные квантовые состояния.

Тензорные сети уже давно считаются одним из наиболее перспективных инструментов современной теоретической физики. Они позволяют компактно описывать системы с колоссальным числом взаимосвязанных параметров и значительно сокращают вычислительную нагрузку.

Используя этот подход, ученые смогли смоделировать квазикристалл с более чем 268 миллионами узлов — масштаб, который еще недавно считался практически недостижимым для подобных задач.

Особое внимание исследователи уделили топологическим квазикристаллам — материалам, содержащим необычные квантовые возбуждения, устойчивые к внешним помехам. Такие возбуждения особенно интересны для создания надежных квантовых вычислительных систем, поскольку они потенциально способны защищать информацию от ошибок и шумов.

Проблема заключается в том, что квантовые состояния в подобных

материалах распределяются крайне неравномерно. Их невозможно анализировать с помощью классических методов, предназначенных для периодических структур. Новый алгоритм позволяет обходить это ограничение, кодируя задачу как квантовую многочастичную систему.

Фактически ученые использовали подход, напоминающий принципы работы самих квантовых компьютеров. По словам авторов исследования, именно это позволило добиться экспоненциального ускорения вычислений по сравнению с традиционными методами.

Специалисты считают, что подобные алгоритмы могут стать важным промежуточным этапом между современными суперкомпьютерами и полноценными квантовыми вычислительными системами будущего. Уже сейчас они позволяют исследовать материалы, ранее считавшиеся практически «невозможными» для прямого моделирования.

Особенно важным выглядит потенциальное применение таких технологий в разработке топологических кубитов — одного из самых перспективных направлений квантовых вычислений. В отличие от обычных кубитов, топологические варианты теоретически обладают большей устойчивостью к ошибкам и внешним воздействиям, что является одной из ключевых проблем современной квантовой индустрии.

Помимо вычислительной техники, результаты исследования могут повлиять и на развитие энергетически эффективной электроники. Если ученым удастся создать новые типы сверхпроводящих материалов, это позволит значительно сократить тепловые потери в центрах обработки данных, серверах искусственного интеллекта и высокопроизводительных вычислительных системах.

Авторы работы подчеркивают, что пока алгоритм тестировался только в рамках компьютерного моделирования. Однако в будущем его можно будет адаптировать для работы на настоящих квантовых компьютерах по мере развития соответствующей инфраструктуры.

Исследователи также связывают большие надежды с новым поколением европейских квантовых платформ, включая финские квантовые вычислительные системы. По их мнению, именно моделирование сложных квантовых материалов может стать одной из первых областей, где квантовые алгоритмы покажут реальную практическую пользу раньше массового внедрения полноценных универсальных квантовых компьютеров.

Современная физика все ближе подходит к моменту, когда вычислительные методы, вдохновленные квантовой механикой, начнут использоваться для

создания самих квантовых технологий. Эта своеобразная обратная связь между алгоритмами и материалами может ускорить появление принципиально новых вычислительных архитектур и изменить будущее электроники, энергетики и искусственного интеллекта.

Ссылка: «Метод тензорной сети для топологии реального пространства в квазикристаллической мозаике Черна» DOI: [10.1103/hhdf-xpwg](https://doi.org/10.1103/hhdf-xpwg).