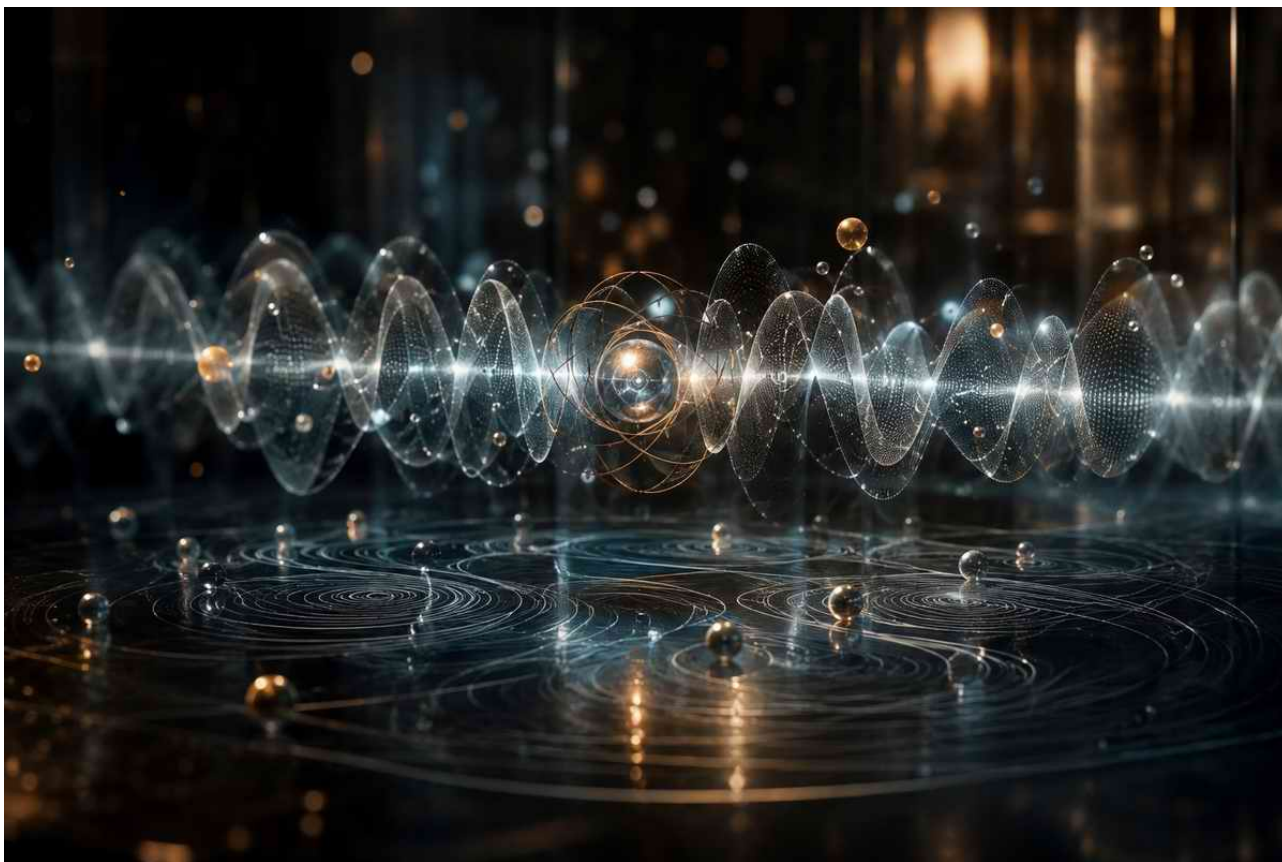


Математика помогает создавать идеальные квантовые состояния для технологий будущего



Дата публикации: 16.06.2026

Квантовые технологии считаются одним из самых перспективных направлений современной науки. Исследователи по всему миру работают над созданием квантовых компьютеров, сверхточных датчиков, защищённых систем связи и новых методов обработки информации, которые в будущем смогут значительно превзойти возможности традиционной электроники. Однако на пути к практическому применению таких систем существует серьёзная проблема: квантовые состояния чрезвычайно трудно одновременно сделать стабильными, измеримыми и хорошо различимыми друг от друга.

Именно способность надёжно различать квантовые состояния лежит в основе передачи, хранения и обработки информации в квантовых устройствах. Если два состояния слишком похожи между собой, вероятность ошибки при измерении возрастает, что снижает эффективность всей системы. Поэтому поиск методов создания максимально различимых квантовых состояний является одной из ключевых задач современной квантовой физики.

Группа исследователей из Массачусетского технологического института и Университета Феррары предложила новый математический подход, который может существенно упростить решение этой проблемы. Работа посвящена использованию методов абстрактной алгебры и алгебраической геометрии для проектирования квантовых состояний с заранее заданными свойствами. Результаты исследования были опубликованы в журнале *Physical Review A*.

Одной из фундаментальных характеристик квантовых состояний является ортогональность. В квантовой механике этот термин обозначает возможность идеально различать два состояния при измерении. Если состояния ортогональны, вероятность спутать их равна нулю. Именно поэтому ортогональность играет важнейшую роль при создании квантовых вычислительных систем, квантовых сенсоров и коммуникационных устройств.

Проблема заключается в том, что многие реальные квантовые состояния не обладают таким свойством. Особенно это касается так называемых гауссовых состояний, которые широко используются в квантовой оптике и фотонных технологиях. Несмотря на удобство их создания и исследования, такие состояния практически никогда не бывают полностью ортогональными, что ограничивает их возможности для высокоточных квантовых приложений.

Чтобы преодолеть это ограничение, учёные сосредоточились на изучении негауссовых состояний. Эти состояния возникают после специальных операций с фотонами — элементарными частицами света. В ходе таких операций фотоны могут добавляться в систему или удаляться из неё, что приводит к существенному изменению квантовых свойств. Именно негауссовые состояния сегодня рассматриваются многими специалистами как один из наиболее перспективных ресурсов для будущих квантовых технологий.

Особенность нового исследования заключается в том, что физическую задачу удалось перевести на язык современной математики. Учёные обнаружили, что условия ортогональности квантовых состояний можно выразить через систему полиномиальных уравнений. После этого задача из области квантовой физики превращается в задачу алгебраической геометрии, для которой уже существуют мощные математические методы решения.

Такой подход позволяет не подбирать параметры экспериментально методом проб и ошибок, а заранее рассчитывать характеристики будущих квантовых состояний. Фактически исследователи получили своеобразный математический конструктор, позволяющий проектировать состояния с высокой степенью различимости ещё до проведения физических экспериментов.

Особенно важно то, что рассматриваемые в работе негауссовы состояния не

являются чисто теоретическими объектами. Подобные состояния уже удавалось получать в лабораторных условиях с использованием современных фотонных установок. Это означает, что предложенные математические методы могут быть проверены экспериментально без необходимости создания принципиально нового оборудования.

По мнению авторов исследования, практическая реализация может оказаться значительно проще, чем во многих других направлениях квантовой науки. Существующие оптические системы уже позволяют выполнять операции добавления и вычитания фотонов, а значит параметры, найденные с помощью математической модели, могут быть непосредственно использованы в реальных экспериментах.

Потенциальные последствия такой работы выходят далеко за рамки фундаментальной физики. Более различимые квантовые состояния способны повысить точность квантовых сенсоров, улучшить надёжность квантовых коммуникаций и снизить уровень ошибок в квантовых вычислениях. Всё это является важным шагом на пути к созданию практических квантовых устройств нового поколения.

Квантовые датчики будущего смогут использоваться для сверхточной навигации, медицинской диагностики, мониторинга окружающей среды и поиска полезных ископаемых. Квантовые системы связи позволят создавать практически неуязвимые каналы передачи данных, а квантовые компьютеры смогут решать задачи, которые сегодня остаются недоступными даже самым мощным суперкомпьютерам.

Не менее важным результатом исследования стало объединение методов различных научных дисциплин. Работа демонстрирует, как абстрактные математические концепции могут напрямую способствовать развитию передовых физических технологий. Подобное взаимодействие между математикой и квантовой физикой становится всё более значимым по мере усложнения современных научных задач.

Исследователи подчёркивают, что представленная работа является лишь первым этапом более масштабной программы. В дальнейшем аналогичные математические методы могут быть применены к широкому спектру квантовых систем и задач проектирования. Вместо поиска решений для отдельных устройств учёные стремятся создать универсальные принципы конструирования квантовых состояний, которые смогут использоваться в самых разных технологиях.

Если этот подход подтвердит свою эффективность в экспериментальных

исследованиях, он может стать важным инструментом для развития квантовой индустрии и приблизить момент, когда квантовые технологии начнут широко использоваться в повседневной жизни. Работа наглядно показывает, что путь к будущим квантовым компьютерам и системам связи проходит не только через лаборатории и сложное оборудование, но и через фундаментальные математические идеи, способные раскрывать новые возможности квантового мира.

Ссылка: «Раскрытие различных негауссовых квантовых состояний» DOI: [10.1103/ffbg-4897](https://doi.org/10.1103/ffbg-4897).