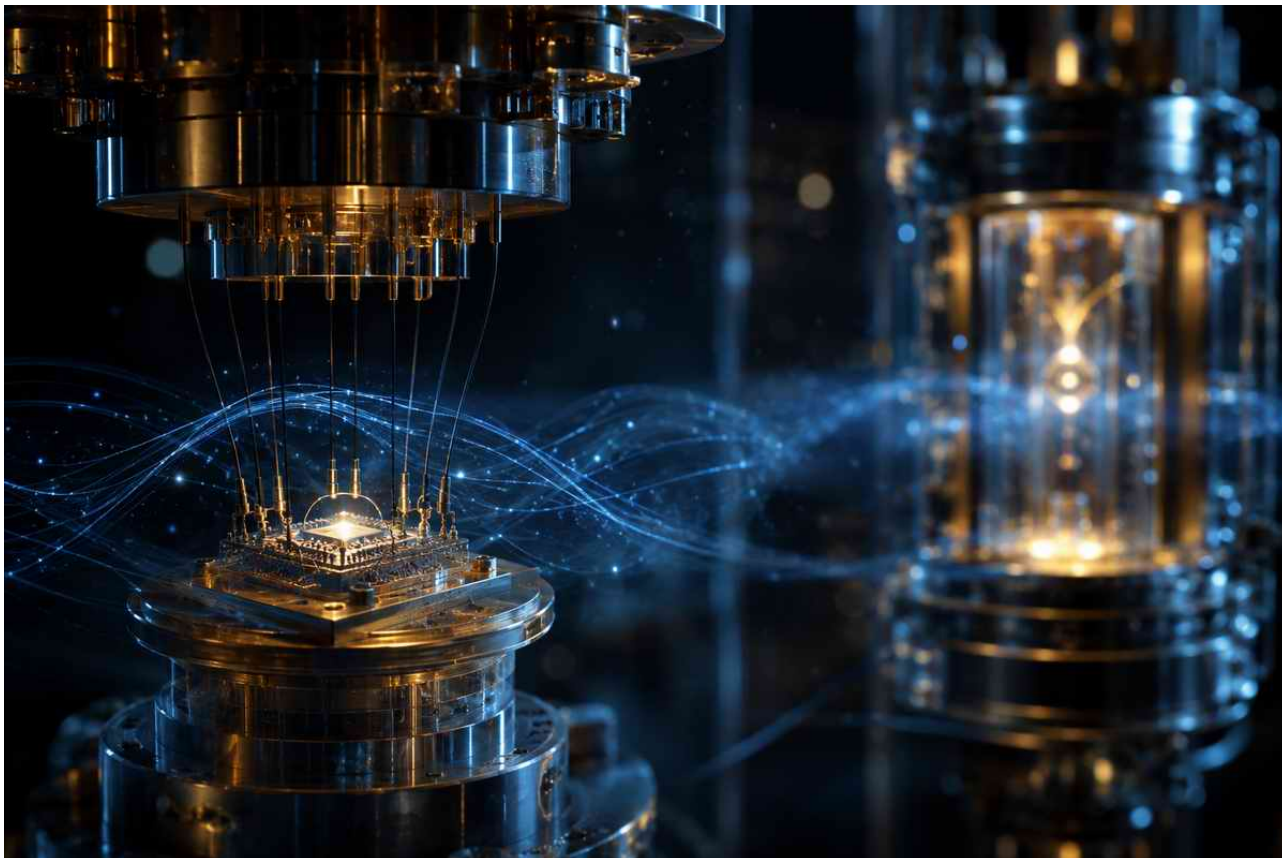


Кубит научился исправлять собственные ошибки: физики приблизились к созданию надежных квантовых компьютеров



Дата публикации: 16.06.2026

Одной из главных проблем на пути к созданию полноценных квантовых компьютеров остается нестабильность кубитов — фундаментальных элементов квантовых вычислительных систем. Несмотря на огромный потенциал квантовых технологий, позволяющих решать задачи, недоступные даже самым мощным суперкомпьютерам, квантовая информация чрезвычайно чувствительна к внешним воздействиям. Малейшие колебания окружающей среды способны разрушить хрупкое квантовое состояние, что приводит к появлению ошибок и потере данных.

Теперь группа исследователей из США продемонстрировала новый подход к решению этой проблемы. Разработанная ими система пассивной квантовой коррекции ошибок позволила кубитам самостоятельно компенсировать возникающие сбои без постоянного внешнего контроля. Результаты исследования показывают, что такой подход способен существенно повысить надежность квантовых вычислений и приблизить отрасль к созданию

практических квантовых машин.

Чтобы понять важность открытия, необходимо разобраться в природе кубитов. В отличие от классических битов, которые могут находиться только в состоянии 0 или 1, кубиты способны существовать в суперпозиции сразу нескольких состояний. Благодаря этому квантовые компьютеры могут параллельно обрабатывать огромные объемы информации. Однако именно суперпозиция делает систему крайне уязвимой. Любое взаимодействие с окружающей средой приводит к декогеренции — процессу, при котором квантовая информация постепенно разрушается.

На протяжении многих лет ученые пытались бороться с этим явлением с помощью активной коррекции ошибок. Такие системы непрерывно отслеживают состояние кубитов, обнаруживают возникающие ошибки и немедленно их исправляют. Несмотря на эффективность, этот метод требует сложного оборудования, мощных систем обработки данных и постоянного мониторинга, что значительно увеличивает стоимость и техническую сложность квантовых устройств.

В последние годы внимание исследователей привлек альтернативный подход — пассивная коррекция ошибок. Вместо непрерывного контроля система создается таким образом, чтобы самостоятельно противодействовать разрушительным процессам. В определенном смысле кубит получает возможность автоматически восстанавливать свое состояние без участия внешних управляющих механизмов.

Новая работа стала одним из самых убедительных подтверждений жизнеспособности этой идеи. Исследователи использовали микроволновый резонатор, способный удерживать фотоны и формировать на их основе квантовые состояния. В таком резонаторе информация кодируется не отдельными частицами, а состояниями фотонного поля. Особое значение имеет свойство, известное как четность, которое показывает, является ли количество фотонов четным или нечетным.

Когда из резонатора по естественным причинам исчезает фотон, система воспринимает это как ошибку. Потеря частицы автоматически изменяет четность состояния. Вместо того чтобы ждать внешнего вмешательства, связанный с резонатором кубит самостоятельно компенсирует потерю, вводя новый фотон и восстанавливая первоначальное состояние.

Фактически ученым удалось превратить фундаментальную проблему квантовых систем — рассеивание энергии — в полезный инструмент. Обычно потеря энергии рассматривается как главный источник ошибок. В новом подходе

этот процесс становится частью механизма самовосстановления. Система использует направленное рассеивание для удаления энтропии и поддержания стабильности квантовой информации.

С точки зрения физики это весьма необычная идея. Долгое время считалось, что любые процессы диссипации неизбежно ухудшают состояние квантовой системы. Однако новая работа показывает, что при правильной организации взаимодействий контролируемая диссипация может выполнять противоположную функцию и способствовать сохранению информации.

Испытания показали впечатляющие результаты. Время жизни закодированного кубита достигло 196 микросекунд. Это более чем в два раза превышает показатель аналогичной системы без пассивной коррекции ошибок. Кроме того, результат оказался немного выше времени жизни самого стабильного физического кубита, использованного в эксперименте.

Особенно важным достижением стало достижение так называемой точки безубыточности. В квантовой коррекции ошибок этот термин означает момент, когда преимущества исправления ошибок начинают превышать дополнительные ошибки, возникающие из-за самого процесса кодирования информации. Для пассивных систем подобный рубеж долгое время оставался недостижимым. Теперь исследователям впервые удалось приблизиться к этой цели на практике.

Полученные результаты имеют большое значение для будущего квантовых вычислений. Современные квантовые процессоры содержат десятки или сотни кубитов, однако для решения реальных прикладных задач потребуется использование тысяч и даже миллионов стабильных квантовых элементов. Без эффективной коррекции ошибок такое масштабирование невозможно.

Многие специалисты считают, что будущее квантовых компьютеров будет связано с комбинацией активных и пассивных методов защиты информации. Пассивные механизмы смогут автоматически устранять большую часть ошибок на низком уровне, а активные системы будут использоваться для контроля более сложных процессов. Такое сочетание позволит снизить нагрузку на управляющую электронику и повысить общую эффективность вычислительных платформ.

Открытие также имеет фундаментальное значение для квантовой физики. Оно демонстрирует, что процессы, ранее считавшиеся исключительно вредными, могут стать полезным ресурсом при правильной инженерной реализации. Управляемая диссипация постепенно превращается из врага квантовых технологий в один из ключевых инструментов их развития.

Хотя до появления массовых отказоустойчивых квантовых компьютеров еще

остается немало технических препятствий, новая работа показывает, что ученые продолжают уверенно продвигаться к этой цели. Если подобные методы удастся масштабировать на более крупные квантовые системы, они могут стать одной из важнейших технологий следующего поколения вычислительной техники, способной изменить криптографию, моделирование материалов, фармацевтику, искусственный интеллект и многие другие области науки и промышленности.

Ссылка: «Пассивная квантовая коррекция ошибок потерь фотонов в точке безубыточности» DOI: [10.1103/nvbm-97vs](https://doi.org/10.1103/nvbm-97vs).