



# МОНИТОРИНГ

ЦНТИБ ОАО «РЖД»

КВАНТОВЫЕ СЕТИ

№11/НОЯБРЬ 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

Квантовые технологии в России выходят на новый уровень .....	3
«ИнфоТеКС» и «ТрансТелеКом» провели успешные испытания по интеграции системы квантового распределения ключей в оптическую транспортную сеть .....	4
Разработки российских физиков приблизят создание квантового компьютера .....	5
Резервный канал связи Московской биржи защитили постквантовым шифрованием.....	7
Квантовая готовность: ждет ли бизнес новая технологическая революция .....	7
Квантовые задачи .....	10
Маятник против квантов: новая теория объяснила сбои в работе кубитов .....	11
Американцам придётся просить разрешения на инвестиции в китайские полупроводники, ИИ и квантовые вычисления .....	12
Физики проследили фазовый переход магии в квантовой системе .....	13
Шаг к будущим квантовым сетям: в Китае научились передавать кубиты без потери свойств .....	15
Рекордная квантовая запутанность: 25 км оптоволокну соединили квантовые компьютеры между городами .....	16
Две недели на невозможное: физики решили «неразрешимую» квантовую головоломку .....	17
Китай разработает протокол для защиты связи от квантовых атак .....	19
Создан «долгоживущий» кот Шредингера на базе холодных атомов .....	20
IonQ приобретает компанию Qubitekk, специализирующуюся на квантовых сетях.....	21
Прорыв в квантовых технологиях: первая в мире успешная демонстрация датчика мощности радиочастотных сигналов при 3 Кельвинах.....	22
Квантовые дефекты и возрождение CD и DVD: революция в оптических носителях данных? .....	23
Новый «позолоченный» сверхпроводник может стабилизировать работу квантовых компьютеров .....	25
Квантовые компьютеры: новое значительное достижение в управлении кубитами .....	27
60-кратное ускорение квантовых вычислений: как IBM меняет будущее .....	29
Nvidia и Google объединяются для разработки квантовых компьютеров .....	31
Прорыв в квантовых вычислениях: южнокорейские исследователи достигли рекорда в квантовой запутанности с 8-кубитной схемой .....	31
Учёные представили первый механический кубит для квантовых вычислений .....	33
Ученые нашли новый способ запутать свет и звук.....	35
Квантовые токены впервые в мире были доставлены по оптоволокну.....	36

## **Квантовые технологии в России выходят на новый уровень**

В России активно развиваются квантовые вычисления, и в 2025 году на суд общественности будут представлены несколько квантовых компьютеров, разработанных на разных платформах. Об этом рассказал Руслан Юнусов, советник генерального директора «Росатома» и сооснователь «Российского квантового центра». Данное событие знаменует собой важный этап в области высоких технологий и подтверждает стремление страны занять лидирующие позиции на мировом рынке квантовых технологий.

### *Квантовые компьютеры: готовность к первому старту*

По словам Руслана Юнусова, уже достигнуты протокольные измерения, и тестирование квантового компьютера успешно прошло. Более того, советник гендиректора «Росатома» сообщил, что в начале следующего года будет показан первый работающий образец. Однако основное представление ожидается в конце 2025 года, когда станет доступным не один, а несколько квантовых компьютеров, каждый из которых будет обладать объемом кубитов, приблизительно равным 50 или немного больше.

### *Разнообразие платформ: поиск оптимального решения*

Интересно, что квантовые компьютеры будут разработаны на различных платформах, и данное разнообразие обусловлено неопределенностью в выборе технологии, которая может стать лидирующей в этой области. Одним из ключевых проектов станет ионный квантовый компьютер. По словам эксперта, разные платформы обладают уникальными характеристиками: где-то выше связность, а где-то вектор сильного масштабирования.

### *Достижения отечественной науки*

Создание 50-кубитного ионного квантового компьютера ведется совместными усилиями «Российского квантового центра» и «Физического института имени П.Н. Лебедева РАН» как часть реализации дорожной карты в области квантовых вычислений. Важно отметить, что на данный момент Россия присоединилась к группе ведущих стран, обладающих квантовыми компьютерами, на всех четырех основных платформах: сверхпроводниках, ионах, нейтральных атомах и фотонах.

Генеральный директор «Росатома» Алексей Лихачев подчеркивает, что наличие такого устройства в России свидетельствует о достижении значительного прогресса в квантовых технологиях. По его словам, результаты работы отечественных ученых создают основу для будущего технологического лидерства страны.

### *Ионные ловушки и облачные технологии*

Ключевым элементом нового квантового компьютера является ионная ловушка, которую продемонстрировал Николай Колачевский, директор «Физического института имени П.Н. Лебедева РАН», главе правительства РФ Михаилу Мишустину. Уникальная кудитная технология, используемая для создания ионного процессора, ставит Россию в ряд стран, освоивших передовые методы квантовых вычислений, таких как США и Австрия.

Сегодня доступ к 50-кубитному квантовому компьютеру возможен через облачную платформу, что позволяет запускать базовые квантовые алгоритмы. Это дает ученым возможность значительно ускорить исследования и разработки в различных областях.

### *Перспективы и вызовы*

Первый российский квантовый компьютер был представлен еще в июле 2023 года на форуме будущих технологий, и за этот короткий срок ученые сумели увеличить количество кубитов более чем в два раза, что указывает на динамичное развитие направлений исследований. Следуя дорожной карте, планируется дальнейшее увеличение объема кубитов и реализация новых проектов до конца 2024 года.

Квантовые технологии открывают новые горизонты в области вычислений, и российские ученые уже делают первые шаги по реализации этого потенциала. Учитывая темпы развития и достижение значительных результатов, Россия уверенно движется к своему месту среди мировых лидеров в сфере квантовых вычислений. Важнейшими задачами остаются успешное применение квантовых технологий и их интеграция в различные отрасли экономики, что сможет существенно улучшить жизнь людей и создать новые возможности для развития.

*Источник: finobzor.ru, 19.11.2024*

### **«ИнфоТеКС» и «ТрансТелеКом» провели успешные испытания по интеграции системы квантового распределения ключей в оптическую транспортную сеть**

Компании «ИнфоТеКС» и «ТрансТелеКом» объявили результаты исследовательских испытаний макета системы квантового распределения ключей (КРК) производства «ИнфоТеКС» на стенде, реализующем частотное уплотнение каналов в волоконно-оптической линии связи. Работы проводились экспертной группой в лаборатории компании «ТрансТелеКом». Целью испытаний была проверка работоспособности макета системы КРК в одном

волокне одновременно с передачей по нему классических данных в DWDM-каналах. Об этом CNews сообщили представители ТТК.

В рамках испытаний была подтверждена штатная выработка квантовых ключей на расстоянии до 50 км при 10 информационных каналах с передаваемыми данными. Стенд построен на основе типового телекоммуникационного оборудования, применяемого на линиях «ТрансТелеКом». Макет системы КРК разработан специалистами «ИнфоТеКС» на основе квантовой криптографической системы выработки и распределения ключей с топологией «звезда» ViPNet QTS Lite.

Полученные результаты позволяют утверждать о возможности применения систем КРК в современной телекоммуникационной инфраструктуре с частотным уплотнением каналов без выделения отдельного волокна для КРК.

*Источник: cnews.ru, 14.11.2024*

### **Разработки российских физиков приблизят создание квантового компьютера**

Ученые из МФТИ и НИЦ «Курчатовский институт» доказали возможность существования связанной системы из двух отталкивающихся медленных атомов, адсорбированных на поверхности или нити. Разработанная математическая модель будет полезна для развития квантовой механики, в частности для дальнейшего изучения бозе-конденсации и эффекта Ефимова, а также приблизит создание квантового компьютера. Результаты исследований опубликованы в «Журнале экспериментальной и теоретической физики».

Неожиданным и оттого очень интересным явлением квантовой механики является образование связанной системы тремя отталкивающимися атомами. Данное явление получило название эффект Ефимова в честь российского физика-теоретика Виталия Ефимова. Важно, что размер связанной системы из трех атомов намного больше, чем область влияния сил между двумя индивидуальными парами атомов. На существование такой системы В. Ефимов указал еще в 1970 году, но получил ее при работе с атомами цезия австрийский ученый Рудольф Грим только через 45 лет.

Ученые из МФТИ и НИЦ «Курчатовский институт» продвинулись дальше в этом направлении и доказали возможность существования связанной системы из двух отталкивающихся медленных атомов, адсорбированных на поверхности или нити. Медленными называют атомы, которые за счет

охлаждения до сверхнизких температур (ниже 1 К) находятся в потенциальной яме и совершают только колебательные движения.

Иными словами, ученые доказали, что эффект Ефимова наблюдается, даже когда роль третьего тела, т. е. атома, играет поверхность либо нить. Все три объекта исследований – два медленных атома и поверхность либо нить – удерживаются вместе, как единое целое, так называемая квазимолекула, за счет сил Ван-дер-Ваальса – сил межатомного взаимодействия.

Единственным параметром, который определяет взаимодействие двух атомов при низкой энергии, является длина рассеяния. При нулевой энергии частиц длина рассеяния равна по величине и противоположна по знаку амплитуды рассеяния.

«В ходе расчетов мы доказали, что при любом знаке длины рассеяния у системы из двух отталкивающихся медленных атомов, адсорбированных на поверхности или нити, имеется связанное состояние, – поясняет Александр Максимычев, профессор кафедры общей физики МФТИ. – В частности, такое состояние существует для двух атомов с взаимодействием в виде сферического потенциала с бесконечно высокой стенкой».

Ученые выполнили математическое описание состояния двумерного газа из спин-поляризованных атомов водорода, адсорбированных на поверхности жидкого гелия. Следует пояснить, что газ становится спин-поляризованным, если векторы момента количества движения электронов ориентированы преимущественно в одном направлении. Чтобы понять, что такое двумерный газ, следует представить двумерное пространство, иными словами, плоскую реальность, в которой есть только длина и ширина. Аналогично, частицы двумерного газа могут свободно двигаться только в двух направлениях по поверхности жидкого гелия.

Вычисления ученых показали, что энергия связи квазимолекулы, состоящей из двух спин-поляризованных атомов водорода, адсорбированных на поверхности жидкого гелия, составляет приблизительно 60 К или  $5,17 \cdot 10^{-3}$  эВ.

Полученная математическая модель позволяет прогнозировать состояние чувствительных к внешним условиям бозе-конденсатов. В частности, полученное значение энергии связи может свидетельствовать о неустойчивости боголюбовских двумерных бозе-конденсатов, образованных атомами водорода, адсорбированными на поверхности жидкого гелия.

Стоит добавить, что под бозе-конденсацией понимают явление, когда частицы, охлажденные до температур, близких к абсолютному нулю по шкале Кельвина, находятся в одном квантовом состоянии и из-за этого ведут себя, как единая огромная частица, например, движутся с одинаковой скоростью, имеют равные длины рассеяния в s-волне при парном столкновении. Сами бозе-конденсаты называют пятым состоянием вещества.

Можно ожидать, что математическая модель, разработанная учеными из МФТИ и НИЦ «Курчатовский институт», будет полезна для развития квантовой механики и приблизит создание квантового компьютера.

*Источник: znanauku.mipt.ru, 28.10.2024*

### **Резервный канал связи Московской биржи защитили постквантовым шифрованием**

Российская компания QApp и Московская биржа провели успешный эксперимент по защите канала по передаче резервных данных с помощью алгоритмов постквантового шифрования.

Как сообщает QApp, в ходе тестирования обеспечена защита линии связи между двумя центрами обработки данных Мосбиржи, один из них расположен в Москве, второй – в Новосибирске. Передача осуществлялась через два канала: по первому направлялся пакет защищенных данных, по второму – ключи, зашифрованные с помощью постквантовых алгоритмов.

Сам по себе опыт передачи зашифрованных данных на расстояния тысячи километров есть у многих компаний. Главная особенность нынешнего эксперимента в том, что технологические решения от вендора Московская биржа внедряла на своей инфраструктуре самостоятельно, а компания-разработчик участвовала в проекте только на уровне техподдержки и не интегрировала свои решения специально под заказчика.

Успех эксперимента открывает для компании возможность начать серийный выпуск своего оборудования и ПО.

*Источник: proquant.ru, 29.10.2024*

### **Квантовая готовность: ждет ли бизнес новая технологическая революция**

По консервативным оценкам, квантовый компьютер для реального бизнеса может стать доступным на горизонте 15-30 лет, но есть прогнозы и в разы более оптимистичные. С одной стороны, время еще есть, но с другой, «снег всегда выпадает неожиданно», и существует риск проспать квантовую революцию, считает генеральный директор «Рексофт Консалтинг» Андрей Скорочкин.

Хотя полной уверенности в жизнеспособности квантовых вычислений до сих пор нет, ведущие державы, в том числе США и Китай, включились в эту гонку, и инвестиции в разработки уже составили десятки миллиардов долларов.

На фоне вложений в ИИ это, возможно, не так и много, но уже значительно, чтобы перестать игнорировать этот факт.

Вместо привычных нам битов, которые могут принимать значение 0 или 1, квантовые алгоритмы работают с кубитами, которые могут находиться в суперпозиции обоих состояний одновременно. Это позволяет выполнять параллельные вычисления и обрабатывать значительно больше информации за один шаг. Единой точки зрения на то, когда квантовые технологии достигнут уровня массового применения в бизнесе, нет. При желании можно найти полный спектр мнений – от 5-10 лет и до 30-40. Пока еще никто не смог точно спрогнозировать технический прогресс – слишком это нелинейный и многофакторный процесс. По данным McKinsey, к 2040 году рынок квантовых вычислений может составить от 45 до 131 млрд долл., при этом, по прогнозам «Рексофт Консалтинг», к 2040 году объем рынка квантовых вычислений в России может достичь 184 млрд рублей с диапазоном от 110 до 258 млрд руб. (в ценах 2040 года). Разброс оценок впечатляет.

Модель работы с квантовыми вычислениями будет, по крайней мере, в первое время напоминать современное использование суперкомпьютеров. Применяться они будут точно и для решения специфических задач. Построение и использование этих систем – сложный и дорогостоящий проект, который не каждая страна может себе позволить, не говоря уже о среднестатистической компании. Сейчас в соревновании вычислительных мощностей участвуют такие гиганты, как IBM (1121 кубит), D-Wave (свыше 5 тыс. кубит), Научно-технический университет Китая (255 кубит). В России направление курирует госкорпорация «Росатом», объявившая в сентябре 2024 года о создании 50-кубитного ионного квантового компьютера.

Только крупнейшие корпорации с серьезными инвестициями в R&D (Research and Development – «исследование и развитие») могут выкупать вычислительные ресурсы для закрытия самых сложных задач, например, для моделирования физических процессов. Но, как это происходит с любой технологией, поначалу дорогие решения будут дешеветь. Вероятно, текущая гонка в области искусственного интеллекта сильно ускорит разработки в области квантовых вычислений, так как сможет на порядки увеличить возможности гибридной системы, сочетающей алгоритмы «классического ИИ» и квантовые вычисления.

Таким же образом, скорее всего, именно государственные и прокси-государственные образования возглавят разработку квантовых устройств и дальше будут продавать технологию на рынок через облачные сервисы по модели Quantum-as-a-Service (платформа как услуга).

### *Двоичная система останется*

Вопреки некоторым представлениям, квантовые вычисления не заменят классические компьютеры – просто в силу своей специфики, а станут дополнительным инструментом. Обычные процессоры по-прежнему будут работать с линейными задачами, а кубитам будут отведены параллельные вычисления.

Типичной целевой задачей для квантовых компьютеров станет моделирование физических систем, таких как процессы в организме человека или климатические условия. Для коммерческих предприятий квантовые вычисления могут быть полезны при разработке новых медицинских препаратов, новых материалов или моделировании сложных бизнес-процессов, таких как управление цепочкой поставок в режиме реального времени с учетом сотен и тысяч параметров – от погоды до уровня износа шины и усталости водителя. Для тех, кто уже находится на высоком уровне цифровой зрелости, использование данной технологии даст гораздо больший мультипликатор и позволит перейти от стадии тестового использования к масштабированию, что обеспечит серьезный отрыв от конкурентов.

### *Готовность к Q-Day*

Один из наиболее известных примеров преимущества квантовых компьютеров перед обычными это применение алгоритма Шора для разложения числа на простые множители. Это имеет прямое отношение к безопасности шифрования, поскольку многие современные криптографические алгоритмы, такие как RSA, основаны именно на сложности разложения чисел на простые множители. Квантовый компьютер с достаточным количеством кубитов мог бы взломать существующие алгоритмы за считанные секунды, в то время как классическим компьютерам для этого потребовались бы сотни лет.

Проблема уже осознана и прорабатывается на государственном уровне в США и Китае, начато ее обсуждение и в России. В данном случае угроза – развитие квантовых компьютеров – включает в себе и возможности для защиты. В постквантовой криптографии используются алгоритмы, которые не зависят от квантовых вычислений и считаются «квантово-устойчивыми». Это включает в себя классические криптосистемы, основанные на вычислительно сложных задачах, и квантовую криптографию, которая защищает коммуникации с использованием принципов квантовой физики.

При этом следует учитывать, что представления о квантовой угрозе теоретические. Если начать готовиться к самому худшему сценарию заранее, коллапса кибербезопасности можно будет избежать, как удалось избежать пресловутой «проблемы 2000 года».

Разрабатываются также математические методы постквантовой криптографии, но пока эта работа не стандартизована. Существуют несколько потенциальных алгоритмов, которые могут стать основой протоколов, призванных защитить пользователей в Q-Day – момент, когда квантовые вычислительные системы выйдут на проектную мощность.

Рано или поздно крупным компаниям придется привлекать специалистов такой высокой квалификации, которая позволила бы им одинаково хорошо ориентироваться в вопросах построения IT-систем, физике и кибербезопасности. Пока таких не более нескольких десятков на весь мир.

### **Квантовые задачи**

В будущем в лучших технических школах с научной физической базой появится специализация по квантовому программированию, которое будет существенно отличаться от классического.

Запутанность кубитов дает возможность обмениваться информацией без непосредственного контакта, создавая сложные квантовые сети. Квантовые алгоритмы используют специальные операции, такие как квантовое вращение и квантовая телепортация, которые невозможны в классических вычислениях. Но при этом квантовые системы очень чувствительны к внешним воздействиям. Все эти моменты придется держать в уме при работе и интерпретации показателей.

Также придется учесть, что результаты квантовых вычислений могут быть представлены в форме квантовой информации, которая не поддается прямой интерпретации в классическом смысле, требуя дополнительных методов для извлечения и анализа выводов.

Более того, нельзя будет обойтись существующими языками программирования. Для квантовых компьютеров разработано уже несколько отдельных языков – Q# (Q sharp) от Microsoft, Quantum от IBM, Cirq от Google и другие. Их особенностью является то, что в них заложена возможность измерять состояние кубитов.

«Играть» с квантовыми библиотеками можно уже сейчас, но в будущем понадобятся эксперты с соответствующей специализацией. Даже если квантовые компьютеры будут представлены как облачные сервисы, все равно понадобятся люди, которые умеют проводить вычисление и интерпретировать результаты, примерно как дата-сайентисты сейчас.

#### *Немного о больном*

Несмотря на внешне революционный и немного «страшный» характер технологии, скорее всего, революцией внедрение квантовых вычислений не

станет. Процесс будет похож на то, что мы наблюдаем сейчас с внедрением технологий генеративного AI. И трудности, скорее всего, возникнут аналогичные. На первых порах большинство будет говорить, что это все еще не скоро и не имеет практической ценности, затем последует болезненное «открытие глаз» в виде ударов со стороны глобальных конкурентов, потом – сверхусилия по достижению хотя бы базового уровня использования технологии. К сожалению, это классический путь по адаптации новых технологий для большинства крупных промышленных российских компаний.

Поэтому вопрос не столько в том, когда все случится, сколько в том, что меняться надо уже сегодня и неважно, какое именно технологическое решение «выстрелит». Надо выстроить процесс поиска и внедрения инноваций, создать внутри среду не отторгающую, а, наоборот, абсорбирующую и привлекающую все новое. Чтобы получить максимум от технического прогресса, система «свой-чужой» должна быть отключена. И на самом деле не так важно, будет ли это квантовая революция или другая перспективная технология, например фотонные чипы или гибридные архитектуры. Важна готовность компании к быстрым изменениям под влиянием технологических вызовов. Для этого нужна соответствующая настройка операционной модели, соответствующая IT-архитектура и подход к поиску и абсорбции инноваций. И, конечно, команда, способная воспринять и быстро реализовать такую задачу.

Все это не создается мгновенно, а требует планомерных и осознанных изменений. Именно такая задача стоит сейчас перед владельцами бизнеса и топ-менеджерами, которые хотят выиграть в технологической гонке или хотя бы сохранить свой бизнес в среднесрочной перспективе.

*Источник: forbes.ru, 28.10.2024*

### **Маятник против квантов: новая теория объяснила свои в работе кубитов**

Технологии квантовых компьютеров, работающие на сверхпроводниковых кубитах, привлекают внимание благодаря своей эффективности и возможностям масштабирования. Однако уже два десятилетия специалисты сталкиваются с проблемой: измерения в этих системах оказываются менее точными, чем предсказывается теорией. На этот вопрос теперь удалось найти ответ – исследовательская группа под руководством Мари-Фредерик Дюма из Университета Шербрука в Канаде разработала теоретическую модель, которая объясняет причины этих отклонений.

Исследование фокусировалось на самой распространенной разновидности сверхпроводниковых кубитов – трансмонах. Для получения информации о

состоянии такого кубита используется микроволновый сигнал, проходящий через резонатор, связанный с кубитом. В ходе анализа системы кубит-резонатор исследователи использовали три разных подхода – от квантового до полностью классического, где транзмон моделировался как механический маятник под внешним воздействием.

Команда выяснила, что передача микроволнового сигнала через резонатор может приводить к тому, что кубит набирает энергию и переходит в более высокий уровень, который выходит за пределы его потенциального «колодца». Этот процесс, называемый «ионизацией» кубита, приводит к потере его определенного квантового состояния и ухудшению точности измерений. Теоретические прогнозы трех моделей подтвердились данными экспериментов.

По словам исследователей, новая модель не только объясняет низкую точность измерений в кубитах-транзмонах, но и может помочь в изучении других типов сверхпроводниковых кубитов и улучшении методик считывания их состояния.

*Источник: securitylab.ru, 26.10.2024*

### **Американцам придётся просить разрешения на инвестиции в китайские полупроводники, ИИ и квантовые вычисления**

Выборы американского президента неизбежно служат катализатором законодательной работы, которая проводилась при Джозефе Байдене (Joseph Biden), и правила контроля за инвестициями резидентов США в отдельные отрасли китайской экономики на этой неделе были утверждены после более чем года активного обсуждения с заинтересованными сторонами.

Как отмечает Bloomberg, американские инвесторы отныне будут должны либо уведомлять власти страны о своих вложениях в капитал китайских компаний определённого профиля, либо лишатся возможности делать подобные инвестиции. Повышенным вниманием американских регуляторов будут пользоваться сферы китайской экономики, связанные с проектированием и производством полупроводниковых компонентов, квантовыми вычислениями и искусственным интеллектом.

Заместитель министра финансов США по безопасности инвестиций Пол Роузен (Paul Rosen) в пресс-релизе отметил, что американский капитал не должен способствовать развитию военных, разведывательных и кибернетических способностей недружественных стран. Помимо инвестиций как таковых, власти США хотят перекрыть доступ китайских компаний к разного рода компетенциям, включая человеческие ресурсы.

Подход к введению ограничений оказался дифференцированным внутри одной категории. Например, правила запрещают американским инвесторам поддерживать средствами разработку и производство передовых чипов в США, но допускают инвестирование в выпуск чипов по зрелым литографическим технологиям. В последнем случае от участников внешнеэкономической деятельности требуется только уведомить власти о своём решении.

В сфере искусственного интеллекта американским инвесторам запрещается поддерживать только китайские разработки, очевидным образом связанные с военным применением. При этом сохраняются некоторые области применения ИИ, в которых допускается инвестирование с уведомлением властей США. Правила ограничивают некоторые формы инвестиций, но не запрещают их полностью. Другими словами, у американских инвесторов сохраняются некоторые возможности заработать на росте отдельных отраслей китайской экономики, связанных с областью высоких технологий. Например, вкладывать деньги в акции публичных китайских компаний можно, но власти США имеют право запретить отдельные сделки такого рода. Утверждённые правила вступят в силу в США второго января будущего года, за их соблюдением будет следить специальный вновь созданный комитет в составе министерства финансов страны.

*Источник: 3dnews.ru, 29.10.2024*

### **Физики проследили фазовый переход магии в квантовой системе**

То, насколько классический компьютер сможет воссоздать определенное квантовое состояние, описывается свойством под названием «магия». Ученые из США выяснили, существует ли резкий переход между состоянием «можем обойтись обычным компьютером» и «подойдет только квантовый».

Стабилизаторные состояния – класс квантовых состояний, поддающийся эффективному моделированию на классических компьютерах. Свойство «магии» в квантовой механике – характеристика квантовых состояний, описывающая степень их отклонения от стабилизаторных состояний.

Магия делает квантовые состояния трудными для моделирования, но в то же время необходима для реализации универсальных и устойчивых к ошибкам квантовых вычислений. Понимание отвечающих за это свойств механизмов значительно улучшит характеристики квантовых компьютеров.

Авторы нового исследования ранее опубликовали статью, в которой показали существование фазового перехода в запутанности системы. Они

выявили, что в зависимости от частоты измерений фазовое состояние квантовой системы может сохранять или разрушать запутанность.

«Суперпозиции и запутанности оказывается недостаточно, чтобы сделать квантовые компьютеры более мощными, чем классические. Чтобы достичь преимущества, необходим еще один компонент – магия, или отклонение от стабилизаторного состояния. Если в квантовой системе нет магии, ее можно смоделировать на классическом компьютере, но это делает квантовый компьютер избыточным. Лишь при наличии значительного количества магии можно превзойти возможности классического компьютера», – объяснил Прадип Нироула (Pradeep Niroula), первый автор новой научной работы.

Квантовый вентиль, родственник логического вентиля в классических компьютерах, воздействует на кубиты и стремится создавать запутанность между ними, тогда как измерение одного из этих кубитов разрушает ее. Если добавить в квантовую схему несколько вентилях, можно проводить измерения в случайных местах и контролировать распределение запутанности в системе.

Ученые знают, что при малом количестве измерений вся квантовая система оказывается запутанной. Напротив, при слишком частых измерениях запутанность подавляется. Если же постепенно увеличивать частоту измерений, запутанность резко совершает фазовый переход от высокой к почти нулевой.

На этот раз ученые исследовали, существует ли фазовый переход в магии. Им удалось показать, что код, предназначенный для защиты квантовой информации от ошибок, с точки зрения магии демонстрирует явный фазовый переход из состояния «есть магия» в состояние «нет магии» без промежуточных этапов. Исследование опубликовано в журнале *Nature Physics*.

Измерения также уничтожают магию, но для ее контролируемого добавления в систему необходимо выполнять малые изменения состояния кубитов. Изменения квантового состояния кубита называют поворотом, потому что оно теоретически описывается в трехмерной системе координат.

Физики использовали схему управления магией в случайном стабилизаторном коде через когерентные ошибки. Такие ошибки предсказуемы, постоянны и являются последствием эволюции квантовых состояний.

В эксперименте измерения в некоторых случаях уничтожали магию, возвращая состояния к стабилизаторным, а иногда оставляли магию неизменной. Конкурирующими силами в квантовых компьютерах оказались «количество измерений» и «угол вращения кубитов».

Ученые обнаружили, что при фиксированной скорости проведения измерений можно изменить угол вращения и перейти из фазы с высокой концентрацией магии в фазу без нее вообще. Авторы научной работы провели

серию численных симуляций и показали, что фазовый переход магии действительно происходит, а затем проверили эту гипотезу экспериментально, используя реальные квантовые схемы. Эксперименты подтвердили симуляции.

«Мы наблюдали признак фазового перехода даже на фоне шума в системе. Наша работа открывает фазовый переход в магии. В прошлых исследованиях уже были обнаружены другие переходы в запутанности и зарядах, что поднимает вопрос: могут ли и другие ресурсы демонстрировать аналогичные переходы? Относятся ли они к какому-то универсальному типу переходов? Можем ли мы применить это знание для создания устойчивых к помехам квантовых компьютеров?» – отметил Неурула.

Наличие перехода может указывать на существование более общей теории, применимой к разным квантовым свойствам.

*Источник: naked-science.ru, 29.10.2024*

### **Шаг к будущим квантовым сетям: в Китае научились передавать кубиты без потери свойств**

Ключом к решению проблемы передачи квантовых данных стало преобразование частоты материалом с нелинейными свойствами.

Одним из препятствий на пути к построению квантовых сетей связи и вычислительных устройств остается потеря данных при передаче кубитов (элементарных единиц квантовой информации) между разными длинами волн. В Шанхайском университете Цзяотун решили эту проблему, разработав новый метод широкополосного преобразования частоты. О своих экспериментах авторы рассказали в журнале *Advanced Photonics*, сообщили в Обществе оптики и фотоники.

В опытах использовался тонкопленочный ниобат лития. Он отличается выраженными нелинейными свойствами – способностью под воздействием света менять его характеристики, преломляя его и переизлучая на другой частоте.

На основе этого материала был построен лучепреломляющий резонатор с расширенной полосой преобразования излучения на вторую гармонику – то есть переноса его на удвоенную частоту (с вдвое меньшей длиной волны). Растянуть диапазон до 13 нм удалось благодаря гибридизации мод – сочетанию разных типов колебательных процессов в кристалле.

Исследователи давно добивались возможности настраивать полосу пропускания оптоэлектронных приборов в широких пределах – это улучшает

качество передачи информации и ее распределение по длинам волн, признается профессор Юпин Чен, одна из авторов разработки.

«Благодаря огромному прогрессу в технологии изготовления пленок ниобата лития эта работа проложит путь к нелинейному преобразованию частоты в масштабе чипа между сверхкороткими оптическими импульсами и даже квантовыми состояниями», – говорит она.

В университете прямо назвали результаты работы «прорывом с широкомасштабными последствиями». Настройка преобразования частоты на кристалле открывает дорогу к созданию интегрированных фотонных систем, которые станут основой квантовых сетей будущего.

*Источник: naukatv.ru, 26.10.2024*

### **Рекордная квантовая запутанность: 25 км оптоволокна соединили квантовые компьютеры между городами**

Международная исследовательская группа, возглавляемая QuTech, достигла значительного прогресса в развитии квантового интернета, продемонстрировав успешное сетевое соединение между квантовыми процессорами на городских расстояниях. Результаты работы, опубликованные в журнале *Science Advances*, представляют собой шаг вперед от ранних исследовательских сетей в лаборатории к будущему квантовому интернету.

Команда разработала полностью независимые рабочие узлы, интегрировав их с развёрнутым оптоволоконным интернетом, что позволило создать квантовую связь на расстоянии 25 км между голландскими городами Делфт и Гаага. Рональд Хансон, руководитель группы, отметил: «Расстояние, на котором мы создаём квантовую запутанность в этом проекте, через 25 км развёрнутого подземного волокна, является рекордным для квантовых процессоров. Это первый раз, когда такие квантовые процессоры в разных городах соединены».

Квантовый интернет позволит обмениваться квантовой информацией (кубитами), которые могут принимать не только значения 0 или 1, но и их суперпозиции (0 и 1 одновременно). Кроме того, кубиты могут быть запутаны, что означает, что они разделяют квантовую связь, позволяющую мгновенные корреляции, независимо от расстояния. Такие возможности могут обеспечить принципиально новые коммуникации и вычисления, включая безопасные ключи шифрования для безопасного обмена финансовыми или медицинскими данными и соединение удалённых квантовых компьютеров для увеличения их мощности и обеспечения полной конфиденциальности пользователей.

Переход от лабораторных экспериментов к реализации квантовой связи между городами потребовал решения новых проблем. Команда разработала гибкую систему, позволяющую узлам работать независимо на больших расстояниях, смягчила влияние потери фотонов на скорость соединения и обеспечила надёжное подтверждение каждый раз, когда успешно создавалась запутанная связь. Ариан Столк, соавтор исследования, объяснил: «Связь должна была быть стабильной в пределах длины волны фотонов (меньше микрометра) на протяжении 25 километров оптоволоконка. Эту задачу можно сравнить с поддержанием постоянного расстояния между Землёй и Луной с точностью всего в несколько миллиметров».

Команда использовала фотонно-эффективный протокол, который требовал очень точной стабилизации соединительного оптоволоконного соединения. Они успешно продемонстрировали запутывание между двумя узлами квантовой сети, содержащими алмазные спиновые кубиты, и обеспечили заранее заданное запутанное состояние между узлами.

Широкий опыт команды и сотрудничество с различными организациями, включая Fraunhofer ILT, OPNT, Element Six, Toptica и голландского телекоммуникационного провайдера KPN, обеспечили успех проекта.

Архитектура и методы, разработанные командой, применимы к другим платформам кубитов, включая масштабируемые кубиты следующего поколения.

*Источник: ixbt.com, 01.11.2024*

## **Две недели на невозможное: физики решили «неразрешимую» квантовую головоломку**

Физики из Флатайроновского института опровергли распространённое мнение о преимуществах квантовых компьютеров. Группа ученых из Центра вычислительной квантовой физики (CCQ) не только превзошла квантовый компьютер в решении специальной задачи, но и объяснила, как им это удалось.

Джозеф Тиндалл, ведущий научный сотрудник CCQ, справился с задачей всего за две недели, хотя специалисты IBM полагали, что ее можно решить только на квантовом компьютере. Задача оказалась настолько простой, что с ней справился бы даже обычный смартфон.

Все началось с публикации IBM в журнале Nature в июне 2023 года. Исследователи компании разработали эксперимент с системой переворачивающихся магнитов и заявили, что классические компьютеры не смогут его смоделировать.

Тиндалл прочитал об этом в прессе и решил проверить утверждение IBM. Он применил методы, которые его команда разрабатывала несколько лет. Вместо революционных техник ученые просто объединили существующие подходы, создав простое и эффективное решение, которое в IBM просто не заметили.

После публикации результатов в PRX Quantum в январе 2024 года Тиндалл вместе с коллегой Дрисом Селсом из Нью-Йоркского университета углубились в изучение причин такой простоты решения. Они нашли явление конфайнмента – особое поведение квантовой системы, которое раньше наблюдали только в одномерных системах.

Ученые подчеркивают, что открытие поможет лучше понять границу между возможностями квантовых и классических компьютеров. Сейчас эта граница остается размытой, и каждый подобный эксперимент помогает определить ее четче.

В квантовом масштабе магнит может указывать вверх или вниз, а также находиться в состоянии суперпозиции – одновременно в обоих направлениях. От положения магнита зависит, сколько энергии он имеет в магнитном поле.

Тиндалл отмечает, что в работе с квантовыми системами важно учитывать множество факторов. Например, даже небольшое изменение начальных условий может сильно повлиять на поведение всей системы.

Эксперимент начали с того, что направили все магниты в одну сторону. Под действием слабого магнитного поля некоторые магниты начали переворачиваться. Каждый такой магнит влиял на соседние, создавая потенциал для квантовой запутанности.

Исследователи подробно изучили, как именно распространяется влияние между магнитами. Они выяснили, что процесс происходит не хаотично, а следует определенным закономерностям.

Обычно растущая запутанность делает систему слишком сложной для классического компьютера. Но ученые показали: в замкнутой системе энергии хватает лишь на переворот редких небольших групп магнитов, что само собой ограничивает рост запутанности.

Математическая модель, которую создали исследователи, оказалась не только точной, но и универсальной. Ее можно применять для изучения других подобных квантовых систем.

Именно это энергетическое ограничение запутанности называют конфайнментом – он возник из-за двумерной геометрии системы. Магниты не превращались в хаос, а лишь колебались около исходного положения, даже если наблюдать за ними долго.

IBM случайно создала условия, где расположение магнитов в замкнутом двумерном массиве привело к конфайнменту. Тиндалл и Селс поняли: система

поддается классическим методам решения именно потому, что запутанность в ней ограничена.

Открытие может существенно повлиять на развитие квантовых вычислений. Теперь ученые знают, какие задачи действительно требуют квантового компьютера, а какие можно решить классическими методами.

Ученые разработали точную математическую модель этого поведения, используя симуляции и расчеты. Модель помогает разобраться, когда в квантовых системах запутанность растет быстро, а когда остается ограниченной.

Работа открывает новые перспективы в изучении квантово-классического перехода. Исследователи планируют применить свои методы к другим квантовым системам, чтобы найти похожие закономерности.

Явление конфинмента может проявляться и в других двумерных квантовых системах. Математическая модель Тиндалла и Селса поможет физикам понять процессы, происходящие в таких системах.

Коды, созданные исследователями, станут эталоном для экспериментаторов, разрабатывающих новые квантовые симуляции. В научном сообществе уже обсуждают, как применить эти результаты в других областях квантовой физики.

*Источник: securitylab.ru, 02.11.2024*

### **Китай разработает протокол для защиты связи от квантовых атак**

Китайские ученые на мероприятии в Швеции представили проект документа, посвященного разработке квантово-устойчивого протокола связи. Цель этого протокола – надежно защитить данные от взлома с помощью квантовых компьютеров. После внедрения протокол позволит государственным органам и другим организациям защитить конфиденциальную информацию.

Проект единогласно одобрили все участники. Китайские ученые возглавят глобальную инициативу по разработке квантово-устойчивого протокола.

Представитель китайской делегации Чжан Лулу заявил, что предложенный протокол направлен на разработку рекомендаций по переходу глобальных коммуникационных сетей на постквантовую криптографию. Это позволит обеспечить надежную защиту данных в условиях распространения квантовых технологий, которые могут представлять угрозу для текущих систем шифрования.

Несмотря на то, что масштабное внедрение квантовых компьютеров пока не произошло, есть вероятность, что развивающиеся квантовые технологии будут использоваться для взлома нынешних криптографических систем. Это приведет к утечке конфиденциальных данных, которые могут попасть в руки злоумышленников. Поэтому исследователи стремятся разработать квантово-устойчивые системы, способные противостоять будущим квантовым атакам.

США тоже работают над этой проблемой. В октябре Национальный институт стандартов и криптографии (NIST) опубликовал три стандарта алгоритмов постквантовой криптографии, созданных для противостояния кибератакам со стороны квантовых компьютеров. Это позволит защитить электронную информацию: от почты до коммерческих транзакций. Стандарты, включающие в себя компьютерный код алгоритмов шифрования, инструкции по их реализации и области применения, стали результатом восьмилетней работы NIST и уже готовы к практическому применению.

*Источники: hightech.plus, 01.11.2024*

### **Создан «долгоживущий» кот Шредингера на базе холодных атомов**

Китайские исследователи разработали подход, позволяющий использовать атомы иттербия для создания квантового аналога кота Шредингера из знаменитого мысленного эксперимента с рекордно долгим временем жизни, порядка 23 минут. Его можно использовать для поисков «новой физики» и создания сверхчувствительных атомных магнетометров, пишут ученые в статье, опубликованной в журнале Nature Photonics.

«Разработанный нами подход можно применить для создания атомных магнетометров, которые будут проводить замеры с максимально возможной точностью, допустимой с точки зрения законов квантовой механики. При этом данные «котов Шредингера» также можно использовать для создания новых типов ячеек квантовой памяти, многоуровневых кубитов и систем коррекции ошибок в квантовых компьютерах», – пишут исследователи.

Открытие было совершено группой китайских физиков под руководством профессора Научно-технологического университета Китая Лу Чжэнтяня при разработке новых подходов, позволяющих достичь и обойти так называемый стандартный предел точности (SQL), накладываемый принципом неопределенности Гейзенберга. Его существование мешает ученым максимально точно измерять положение микроскопических объектов или сверхмалые колебания различных полей, что физики пытаются обойти при помощи разных проявлений квантового мира.

В частности, ученые возлагают большие надежды на использование квантово-запутанных частиц, которые находятся в состоянии, аналогичном коту Шредингера. Оно проявляется в том, что при проведении замеров все запутанные частицы будут приобретать одно из двух возможных квантовых состояний, которые являются аналогами «живого» и «мертвого» кота из мысленного эксперимента 1935 года. Наличие подобного свойства у частиц позволяет максимально точно измерять их положение и таким образом достигать SQL или даже превосходить этот предел.

*Источник: nauka.tass.ru, 01.11.2024*

### **IonQ приобретает компанию Qubitekk, специализирующуюся на квантовых сетях**

IonQ (NYSE: IONQ), лидер в области квантовых вычислений, объявила сегодня о заключении окончательного соглашения о приобретении операционных активов Qubitekk, компании, специализирующейся на квантовых сетях. Ожидается, что сделка будет закрыта в течение шести месяцев при соблюдении определенных условий. В результате команда и технологии Qubitekk будут интегрированы в операционную деятельность IonQ, что позволит укрепить позиции компании на рынке квантовых сетей.

Квантовые сети должны стать критически важными, обеспечивая сверхбезопасную связь и другие преимущества в различных секторах, включая оборону, финансы и энергетику. Опыт Qubitekk, продемонстрированный развертыванием первой в стране коммерческой квантовой сети EPB Quantum Network в Чаттануге, штат Теннесси, дополнит стратегию IonQ по масштабированию своих квантовых компьютеров с помощью фотонных межсоединений.

Ожидается, что сделка расширит возможности IonQ в области квантовых сетей и клиентскую базу, с потенциальным вкладом в краткосрочные заказы и возможности получения дохода. Питер Чапман, президент и генеральный директор IonQ, выразил уверенность в том, что приобретение укрепит расширение и лидерство IonQ как в области квантовых сетей, так и в области вычислений. Он также ожидает, что подразделение квантовых сетей потенциально может стать первым, которое достигнет положительного денежного потока.

Команда Qubitekk, включая соучредителя и генерального директора Стэна Эллиса и других руководителей, присоединится к IonQ, принося с собой

портфель из 118 патентов США и международных патентов в области аппаратного обеспечения квантовых сетей и безопасности.

Это приобретение следует за недавними объявлениями IonQ, включая контракт на 54,5 млн долларов с Исследовательской лабораторией ВВС США и достижения в области удаленного запутывания ионов, а также контракт на квантовые сети с Прикладной исследовательской лабораторией разведки и безопасности.

*Источник: ru.investing.com, 07.11.2024*

### **Прорыв в квантовых технологиях: первая в мире успешная демонстрация датчика мощности радиочастотных сигналов при 3 Кельвинах**

Национальная физическая лаборатория (NPL) и Keysight Technologies объединили усилия в исследовательском проекте, который привёл к первой в мире успешной демонстрации коммерческого датчика мощности радиочастот, работающего при криогенных температурах до 3 Кельвинов. Результаты исследования были представлены на Конференции по прецизионным электромагнитным измерениям (СРЕМ) 2024 года в Денвере и впоследствии опубликованы.

Этот прорыв имеет важное значение для поддержки квантовых разработок и других приложений, требующих криогенных условий. Квантовые устройства, такие как кубиты, требуют работы при криогенных температурах, что создаёт сложности в поддержании целостности сигнала и проведении точных измерений. Использование датчика мощности ВЧ N8481S компании Keysight, изначально разработанного для работы при комнатной температуре, позволило провести точные измерения при криогенных температурах.

Реакция термопары датчика была тщательно изучена и проанализирована в диапазоне уровней мощности радиочастотных (РЧ) сигналов от очень слабых (-35 дБм) до более сильных (0 дБм), а также в широком диапазоне частот от 100 кГц до 10 ГГц. Это позволило исследователям обеспечить точность и прослеживаемость измерений датчика путём сравнения их с известными уровнями мощности постоянного тока.

Доктор Мурат Селеп, старший научный сотрудник и руководитель научного направления NPL, отметил: «NPL имеет более чем 60-летний опыт в исследованиях метрологии прослеживаемой ВЧ и СВЧ мощности. Этот опыт в сочетании с современными криогенными испытательными установками в NPL и сотрудничеством с Keysight позволили нам продемонстрировать прослеживаемые в системе СИ измерения криогенной мощности. Это

волнующий момент, и мы с нетерпением ждём продолжения квантовых инноваций».

Грег Пачке, генеральный менеджер группы решений для аэрокосмической, оборонной и правительственной промышленности компании Keysight, добавил: «Наши совместные усилия проложили путь к достижениям в области квантовых вычислений и других приложений, требующих точных измерений мощности ВЧ при криогенных температурах. Это знаменует собой важную веху, и мы очень рады сотрудничать с NPL в этом новаторском исследовании».

Этот результат может привести к значительным достижениям в квантовых вычислениях, связи, а также в других приложениях, требующих криогенных условий.

*Источник: ixbt.com, 06.11.2024*

### **Квантовые дефекты и возрождение CD и DVD: революция в оптических носителях данных?**

Объем информации, генерируемой ежегодно, растет: так, сейчас человечество создает около 147 зеттабайт данных в год, а к 2025 году этот показатель может вырастет до 181 зеттабайта. Необходимость новых решений в хранении информации становится все острее, поэтому производители накопителей данных постоянно разрабатывают более емкие системы.

Но, возможно, стоит не только искать новые технологии, но и совершенствовать уже существующие. Новые исследования Чикагского университета и Аргоннской национальной лаборатории показали, что давно забытые CD и DVD могут обрести вторую жизнь. Использование квантовых дефектов и редкоземельных элементов позволяет многократно увеличивать плотность данных на оптических носителях. Возможно, что они смогут конкурировать с современными технологиями хранения. Справедливости ради стоит сказать, что вопросов к этой работе больше, чем ответов.

Чтобы понять, что стоит за этим научным прорывом, давайте вспомним о лимитах CD- и DVD-носителей. Их основной недостаток – это лимитированная плотность данных, обусловленная дифракционным пределом света. Минимальный размер области для записи ограничен самой длиной световой волны. На CD используется 780 нм лазер и расстояние 1,6 мкм. В DVD дисках, где плотность записи выше, длина волны лазера – 635 нм, а шаг записи снижен до 0,74 мкм. Поэтому стандартный CD-диск может хранить всего около 700 Мб данных, а DVD – до 4,7 Гб на однослойном диске. Выйти за этот предел

традиционными методами нельзя, мы уткнулись здесь в потолок самой технологии.

*Преодоление ограничений и потенциальное решение проблемы долговечности*

Недавние исследования показали, что интеграция редкоземельных элементов в оптические носители данных и создание «квантовых дефектов» могут кардинально изменить ситуацию. Квантовые дефекты представляют собой мельчайшие аномалии в структуре кристаллической решетки материала, способные поглощать и удерживать световые волны с определенными длинами. Исследователи предложили использовать для записи информации мультиплексирование длин волн, что позволяет хранить несколько бит данных на одной и той же площади диска. Принцип заключается в том, что разные участки носителя могут быть настроены на определенные длины волн, которые впоследствии считываются с большей плотностью информации.

Этот способ позволяет увеличить объем записываемых данных на носителе со значительным снижением размера последнего. В теории можно создать новый вид многослойного оптического диска, который вмещает в 1 тыс. раз больше информации, чем традиционные CD/DVD.

Эксперименты проводились с использованием оксида магния (MgO) с добавлением атомов редкоземельных элементов, которые могут поглощать и переизлучать свет на очень специфических длинах волн. При взаимодействии с квантовыми дефектами такие «излучатели» стабильно сохраняют информацию в спиновом состоянии, что делает систему перспективной для долговременного хранения данных.

Но это исследование нуждается в дальнейшей проверке. Команда ученых пока не определила, насколько долговечными будут такие носители данных в реальных условиях эксплуатации. Важно отметить, что многие квантовые технологии требуют криогенного охлаждения, а это невозможно и нерентабельно для массового внедрения. Представить себе привод для лазерных дисков, функционирующий при криогенных температурах, можно, конечно, но в реальности такая система станет работать лишь в лабораторных условиях и коммерчески применимой не будет.

Исследователи продолжают изучать стабильность таких систем и эффективность процесса передачи энергии между излучателями и квантовыми дефектами, применяя комбинацию классических физических методов записи информации и квантового моделирования.

Оптические диски нового типа имеют высокие шансы для работы в архивном хранении данных. Такие системы, при условии разработки коммерчески пригодной технологии, станут закупать для правительственных учреждений, научных центров и больших корпораций, которые нуждаются в

хранении огромных объемов данных в течение десятилетий. В отличие от жестких дисков и SSD, подверженных износу и со временем просто выходящих из строя, накопители на базе квантовых эффектов более стабильны и пригодны для долгосрочного хранения информации.

#### *Применение в реальных условиях: архивация и хранение данных*

Новая технология, разработанная учеными, выглядит многообещающе, но остается много нерешенных вопросов. Еще предстоит определить, насколько долго квантовые дефекты могут сохранять данные в стабильном состоянии – этот момент ученые на презентации своей работы не осветили.

Но и здесь есть вопросы, ведь в исследовании нет деталей относительно конечной емкости таких дисков и возможности их многократной записи, аналогично современным перезаписываемым CD-RW и DVD-RW. Скорее всего, новая технология потребует специальных устройств для записи и считывания. Как они будут работать и какая у них цена хотя бы приблизительно, неизвестно.

Все это может повлиять на привлекательность нового метода для корпораций. Если технология и пойдет в ход, то для хранения «холодных» данных. Сложно себе представить массивы приводов для сверхъемких лазерных дисков, используемых для работы с «горячей» информацией в дата-центрах корпораций. И конечно, это не бытовая технология, в домашних условиях вероятность ее использования стремится к нулю.

Перспективы новой работы ученых могут показаться далекими, но понимание принципов работы квантовых дефектов стало важным шагом на пути к дальнейшему прогрессу в области хранения данных. Ну а случится революция или нет, покажет только время.

*Источник: [habr.com/ru/](https://habr.com/ru/), 06.11.2024*

### **Новый «позолоченный» сверхпроводник может стабилизировать работу квантовых компьютеров**

Квантовые компьютеры часто называют следующей технологической революцией, поскольку они смогут решать сложные задачи гораздо быстрее, чем традиционные компьютеры. Однако остается одна серьезная проблема: эти машины, чувствительные к внешним воздействиям, таким как перепады температуры или электромагнитные помехи, страдают от так называемой «декогеренции». Это не позволяет им надежно работать. Однако группа исследователей из Калифорнийского университета в Риверсайде недавно сделала открытие, которое может проложить путь к созданию более прочных и

надежных квантовых компьютеров: новый сверхпроводящий материал, способный значительно уменьшить это явление. Этот материал может стать ключевым шагом в разработке более мощных квантовых систем. Что такое сверхпроводник и почему он необходим для квантовых компьютеров? Сверхпроводник – это материал, который перестает оказывать электрическое сопротивление при охлаждении ниже определенной температуры. Это означает, что электроны могут проходить через материал без какого-либо сопротивления, что позволяет передавать энергию или информацию практически без потерь. Такое поведение имеет решающее значение для многих приложений, особенно для систем, требующих идеальной проводимости, таких как мощные магниты или линии передачи энергии без потерь. В контексте квантовых компьютеров информация обрабатывается единицами, называемыми «кубитами» (квантовыми битами). В отличие от обычных битов, которые могут находиться только в состоянии 0 или 1, кубиты могут существовать одновременно в нескольких состояниях благодаря принципам квантовой суперпозиции и чередования. Суперпозиция позволяет кубиту быть одновременно и 0, и 1, пока его не измерят, а чередование позволяет отдельным кубитам оставаться связанными и мгновенно влиять на состояние друг друга даже на расстоянии.

Для манипулирования этими кубитами используются сверхпроводники, поскольку их способность переносить информацию без сопротивления необходима для создания стабильных квантовых состояний. Однако одно из главных препятствий заключается в том, что кубиты очень чувствительны к внешним воздействиям, таким как перепады температуры или электромагнитные поля. Именно здесь на помощь может прийти усовершенствованный сверхпроводящий материал. Уменьшая декогеренцию, то есть потерю квантовой информации, улучшенный сверхпроводник может сделать вычисления более надежными и менее подверженными ошибкам, вызванным окружающей средой. Инновационное открытие: сверхпроводник с двумерным интерфейсом Исследователи из Калифорнийского университета в Риверсайде разработали инновационный сверхпроводящий материал, соединив немагнитный материал под названием тригональный теллур с ультратонкой золотой пленкой. Тригональный теллур является хиральным материалом, что означает, что его молекулы не обладают зеркальной симметрией – важнейшим свойством в квантовой физике. Другими словами, ориентация его молекул напрямую влияет на его квантовые свойства, которые могут быть использованы в сложных квантовых системах, таких как компьютеры. Соединив тригональный теллур с золотом, исследователи создали чрезвычайно чистый двумерный интерфейс между двумя материалами. Этот интерфейс особенно важен, поскольку позволяет поддерживать очень четко определенную

поляризацию. Поляризация – важный параметр в квантовой физике, особенно для манипулирования кубитами. Благодаря этому свойству материал может быть использован для более точного управления кубитами, что сделает квантовые расчеты более стабильными. Другой примечательной особенностью материала является его способность становиться более прочным при воздействии магнитного поля, что позволяет предположить, что он может быть преобразован в триплетный сверхпроводник. Этот тип сверхпроводников более устойчив к воздействию магнитных полей, чем обычные сверхпроводники, которые могут потерять свои квантовые свойства при воздействии слишком сильных полей. Обеспечивая большую устойчивость к внешним возмущениям, этот материал может повысить стабильность и надежность квантовых систем, что необходимо для разработки высокопроизводительных квантовых компьютеров.

#### *Следующие шаги и предстоящие проблемы*

Несмотря на многообещающий характер этого открытия, остается еще несколько проблем, прежде чем этот материал будет интегрирован в крупномасштабные квантовые системы. Одна из главных проблем – температура, при которой этот материал эффективно работает, часто близкая к абсолютному нулю (0 К, или  $-273,15^{\circ}\text{C}$ ). Хотя материал демонстрирует высокую стабильность, еще предстоит выяснить, можно ли использовать его при более высоких температурах, что открыло бы путь к созданию квантовых компьютеров, более простых в производстве и эксплуатации.

*Источник: new-science.ru, 17.11.2024*

### **Квантовые компьютеры: новое значительное достижение в управлении кубитами**

Квантовые компьютеры долгое время были далекой мечтой исследователей в области информатики, но сегодня они постепенно становятся реальностью. Эти компьютеры обещают решать сложные задачи, которые традиционные компьютеры обрабатывали бы тысячи лет. Однако для того чтобы они раскрыли свой полный потенциал, необходимо с исключительной точностью управлять маленькими единицами информации, называемыми квантовыми битами (кубитами). Недавно группа исследователей добилась потрясающего прогресса, сумев одновременно контролировать четыре кубита с беспрецедентной точностью. Что такое кубит и почему он так важен? В традиционных компьютерах информация хранится и обрабатывается в виде битов, которые могут быть либо 0, либо 1. Эти компьютеры работают по

бинарному принципу. Квантовые компьютеры, в свою очередь, используют кубиты. Кубит, согласно законам квантовой физики, может находиться в состоянии суперпозиции, то есть одновременно быть и 0, и 1. Эта способность находиться в нескольких состояниях одновременно позволяет квантовым компьютерам выполнять вычисления гораздо быстрее, чем их классические аналоги, особенно для сложных задач, таких как моделирование молекул или решение некоторых типов задач оптимизации. Однако управление этими кубитами – задача не из легких. Они крайне чувствительны к внешним воздействиям, что делает их сложными для манипулирования и поддержания в стабильном состоянии. Это стало одной из главных проблем для исследователей в области квантовой информатики: добиться точного управления несколькими кубитами одновременно.

В этом контексте группа ученых из Технологического университета Делфта (TU Delft) в Нидерландах недавно добилась впечатляющего успеха. Исследователи сумели контролировать систему из четырех кубитов, используя квантовые точки. Квантовые точки – это крошечные полупроводниковые устройства, в которых заключены кубиты. Благодаря достижениям в области методов измерения и управления, команда продемонстрировала, что теперь возможно с высокой точностью манипулировать этими кубитами, что является важным шагом вперед в этой области. Ливен Вандерсипен, главный автор исследования, объяснил, что в ходе этого нового исследования команда сначала пыталась отрегулировать взаимодействия между кубитами, в частности обмен спинами (внутренними движениями субатомных частиц) в сети квантовых точек. Для этого они использовали импульсы напряжения, чтобы контролировать взаимодействия между спинами каждого кубита. Этот метод позволил команде не только контролировать кубиты индивидуально, но и выполнять операции с несколькими кубитами одновременно, создавая квантовые ворота, которые обмениваются информацией между двумя кубитами одновременно. Почему это открытие так важно? До этого открытия исследователи смогли контролировать лишь квантовые системы, состоящие из двух кубитов. Команда из Технологического университета Делфта стала первой, кто показал, что возможно контролировать систему из четырех кубитов с достаточной точностью для выполнения надежных квантовых операций. Это достижение имеет большое значение, поскольку с увеличением числа кубитов система становится все более сложной. Контроль над большим количеством кубитов необходим для того, чтобы квантовые компьютеры могли выполнять действительно мощные вычисления. Каждый кубит этой системы состоит из двух спинов, и их манипуляция осуществляется с помощью точных импульсов напряжения. Этот контроль над каждым кубитом открывает новые возможности для масштабирования квантовых компьютеров, позволяя

выполнять более большие и быстрые вычисления. Новый метод обещает быть многообещающим, поскольку он позволяет не только контролировать изолированные кубиты, но и осуществлять сложные взаимодействия между кубитами в сети. Будущее воздействия этого открытия. Возможность контролировать несколько кубитов одновременно – это не просто технологическое достижение; оно открывает многочисленные потенциальные применения в различных областях. Например, исследователи в области химии и биологии могут использовать квантовые компьютеры для моделирования сложных молекул, что может революционизировать разработку новых лекарств и материалов. В области искусственного интеллекта могут быть разработаны более мощные квантовые алгоритмы для обработки данных значительно быстрее и эффективнее, чем это возможно сегодня.

Кроме того, это открытие может позволить моделировать сложные физические явления, такие как магнетизм или физику материалов на атомном уровне. Моделируя эти явления с большей точностью, ученые смогут лучше понять фундаментальные природные процессы и даже разработать новые технологии в таких областях, как батареи нового поколения или оптимизация энергетических сетей.

#### *Дорога, полная препятствий*

Несмотря на то, что это открытие является важным шагом вперед, предстоит еще многое сделать, прежде чем квантовая информатика станет полноценной и доступной реальностью. Например, необходимо улучшить точность операций с двумя кубитами (тех, которые обмениваются информацией между двумя различными кубитами) и разработать методы управления квантовыми ошибками. Одним из следующих ключевых этапов будет демонстрация того, что эти квантовые ворота с двумя кубитами также могут быть реализованы с точностью выше 99%, что обеспечит более надежные и долговечные вычисления.

*Источник: New-Science.ru, 17.11.2024*

### **60-кратное ускорение квантовых вычислений: как IBM меняет будущее**

IBM анонсировала значительный прогресс в развитии квантовых вычислений, нацеленный на сокращение ошибок и повышение производительности оборудования. Компания уверена, что уже сейчас возможно выполнить ограниченные, но полезные вычисления, несмотря на отсутствие полноценной системы коррекции ошибок, которая ожидается ближе к концу десятилетия.

IBM сосредоточилась на совершенствовании своих процессоров, отказавшись от гонки за количеством кубитов. В центре нового анонса – вторая версия процессора Heron со 133 кубитами. По словам вице-президента IBM Джея Гамбетты, этот процессор ориентирован на устранение так называемых TLS-ошибок, возникающих из-за дефектов на поверхности чипа. Эти дефекты могут вызывать потерю когерентности кубитов, что негативно сказывается на расчётах.

Благодаря изменению частоты работы кубитов и калибровке Heron удаётся минимизировать потери когерентности. Одновременно была проведена полная переработка программного обеспечения для управления системой. Это позволило значительно ускорить вычисления – задачи, которые раньше занимали до 120 часов, теперь можно выполнить всего за 120 минут. Прирост в 60 раз!

Для клиентов IBM это означает не только существенную экономию времени, но и снижение вероятности случайных ошибок, так как меньшая продолжительность расчётов уменьшает риск возникновения погрешностей.

Компания также активно развивает методы, направленные на смягчение ошибок, известные как «Error Mitigation». Эта методика использует моделирование шума на различных уровнях для последующего устранения его влияния на вычисления. Однако её реализация требует значительных вычислительных мощностей, особенно при увеличении числа кубитов.

Недавние оптимизации включают использование GPU и новых алгоритмических методов для ускорения процесса. Это позволило IBM успешно применить свои квантовые технологии для моделирования простых химических структур, таких как железо-серные соединения. Тем не менее, Гамбетта подчеркнул, что квантовые компьютеры пока не могут превзойти традиционные компьютерные системы в стабильности. Это требует дальнейших научных исследований и совершенствования алгоритмов.

IBM продолжает работать над тем, чтобы её квантовое оборудование стало полноценным научным инструментом. По мнению компании, наступление момента, когда квантовые вычисления смогут заменить классические методы, – лишь вопрос времени и научных усилий.

*Источник: securitylab.ru, 14.11.2024*

## **Nvidia и Google объединяются для разработки квантовых компьютеров**

Компания Nvidia, которая сейчас является лидером по разработкам в области искусственного интеллекта, совместно с Google работает над созданием квантовых компьютеров, пишет Bloomberg. Google будет использовать суперкомпьютер Nvidia Eos для ускорения разработки квантовых компонентов. Цель проекта – моделирование физики, необходимой для работы квантовых процессоров, и помощь в преодолении текущих ограничений.

Представители Nvidia заявляют, что технология компании поможет Google решить одну из сложных проблем: по мере увеличения мощности квантовых процессоров становится все сложнее отличить фактическую информацию от помех.

– Разработка коммерчески полезных квантовых компьютеров возможна только в том случае, если мы сможем масштабировать квантовое оборудование, контролируя уровень шума, – сказал Гифре Видаль, научный сотрудник Google Quantum AI. – Используя ускоренные вычисления Nvidia, мы изучаем влияние шума на все более крупные конструкции квантовых чипов.

Для этого Nvidia предлагает гигантский компьютер, оснащенный чипами ускорителя искусственного интеллекта. Он будет моделировать взаимодействие компонентов квантовой системы с окружающей средой. Например, многие квантовые чипы требуют определенного порога температуры для их работы.

Сейчас подобные расчеты являются дорогими и трудоемкими. Nvidia утверждает, что ее система будет выдавать результаты за минуты, тогда как раньше на это уходила неделя.

*Источник: realnoevremya.ru, 19.11.2024*

## **Прорыв в квантовых вычислениях: южнокорейские исследователи достигли рекорда в квантовой запутанности с 8-кубитной схемой**

Группа исследователей из Южной Кореи достигла значительного прогресса в разработке интегральной квантовой схемы, используя фотоны для управления восемью кубитами. Эта система, созданная в ETRI (Electronics and Telecommunications Research Institute), позволяет изучать различные квантовые явления, такие как многочастичная запутанность, возникающая в результате взаимодействия фотонов.

ETRI имеет богатый опыт в области кремниево-фотонных квантовых схем, ранее продемонстрировав 2-кубитную и 4-кубитную квантовую запутанность с лучшей производительностью 4-кубитного кремниевого фотонного чипа (рис. 1). Эти достижения стали результатом сотрудничества с

KAIST и Университетом Тренто в Италии и были опубликованы в научных журналах *Photonics Research* и *APL Photonics*.

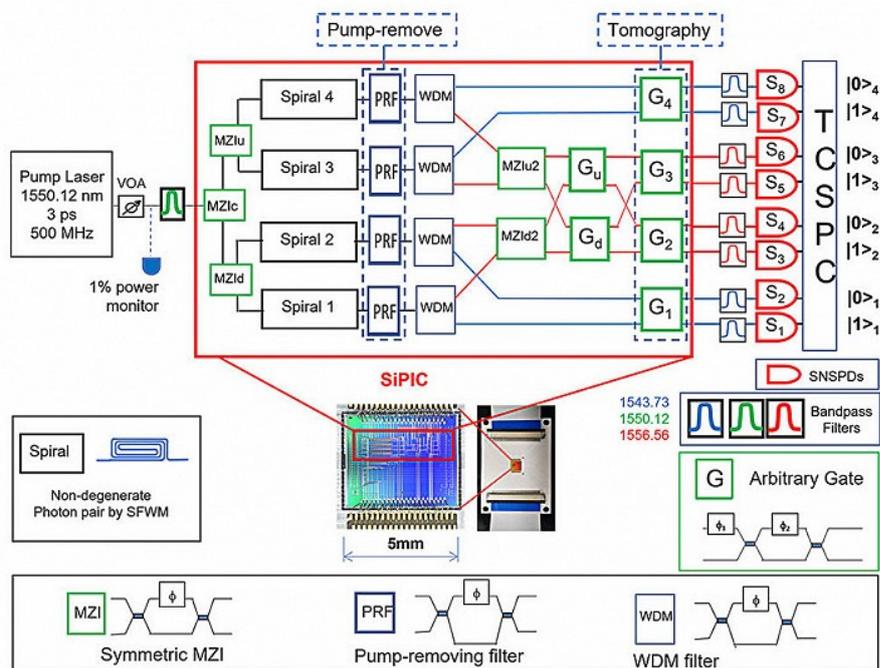


Рис. 1. Схема 4-кубитного чипа Recon Photonics. Источник: Научно-исследовательский институт электроники и телекоммуникаций (ETRI)

Недавно ETRI удалось продемонстрировать 6-кубитную запутанность с использованием чипа, разработанного для управления 8-фотонными кубитами. Это рекордное достижение в квантовых состояниях на основе кремниево-фотонного чипа.

Квантовые схемы на основе фотонных кубитов считаются одними из самых перспективных технологий для создания универсального квантового компьютера. Несколько фотонных кубитов могут быть интегрированы в крошечный кремниевый чип размером, а большое количество этих чипов может быть соединено с помощью оптических волокон, образуя обширную сеть кубитов. Фотонные квантовые компьютеры предлагают преимущества с точки зрения масштабируемости, работы при комнатной температуре и низкого потребления энергии.

Фотонный кубит может быть закодирован с использованием пары путей распространения фотона, при этом один путь назначается как 0, а другой как 1. Для схемы из 4 кубитов требуется 8 путей распространения, а для 8 кубитов – 16 путей. Квантовыми состояниями можно манипулировать на фотонном чипе, который включает в себя источники фотонов, оптические фильтры и линейно-оптические переключатели, а затем измерять с помощью высокочувствительных однофотонных детекторов.

8-кубитный чип ETRI включает 8 фотонных источников и около 40 оптических переключателей, которые управляют путями распространения фотонов. Около половины из этих 40 переключателей используются как линейно-оптические квантовые вентили. Установка обеспечивает основу для квантового компьютера, измеряя конечные квантовые состояния с помощью однофотонных детекторов.

Исследовательская группа измерила эффект Хонг-Оу-Манделя, – квантовое явление, при котором два разных фотона, входящих с разных направлений, могут интерферировать и двигаться вместе по одному и тому же пути. Они также продемонстрировали запутанное состояние 4 кубитов на интегральной схеме с 4 кубитами (5 мм x 5 мм).

Недавно исследователи расширили свои исследования до 8-фотонных экспериментов с использованием 8-кубитной интегральной схемы (10 мм x 5 мм). Они планируют изготовить 16-кубитные чипы в течение этого года, а затем масштабировать их до 32 кубитов в рамках своих текущих исследований в области квантовых вычислений.

Юн Чун-Джу, помощник вице-президента отдела квантовых исследований ETRI, сказал: «Мы планируем усовершенствовать нашу технологию квантового оборудования для облачного сервиса квантовых вычислений. Наша главная цель – разработать систему лабораторного масштаба для укрепления исследовательских возможностей в области квантовых вычислений».

Ли Чон Му из отдела исследований квантовых вычислений ETRI, который руководил этим проектом, добавил: «Исследования по практическому внедрению квантовых компьютеров ведутся очень активно во всём мире. Однако для реализации практических квантовых вычислений по-прежнему необходимы обширные долгосрочные исследования, особенно для преодоления вычислительных ошибок, вызванных шумом в квантовых процессах».

*Источник: ixbt.com, 17.11.2024*

### **Учёные представили первый механический кубит для квантовых вычислений**

Физики из Швейцарской высшей технической школы Цюриха (ETH Zürich) предложили использовать механические кубиты на основе вибрации сапфирового стекла для квантовых вычислений.

Существующие технологии электромагнитных кубитов имеют ряд ограничений, в том числе они генерируют много ошибок, которые приходится

исправлять и во время и после вычислений. Время жизни и работы таких кубитов составляет доли секунды.

В качестве основы для механического кубита учёные использовали пьезоэлектрический диск на сапфировой подложке. Он работает как механический резонатор. Пьезоэлектрический материал меняет форму под воздействием электромагнитного поля, а мембрана действует по аналогии с барабанной. Она хранит информацию в трёх состояниях: покоя, вибрации и их суперпозиции.

В диске фононы или квазичастицы, используемые для описания колебаний в квантовой системе, сильно и нелинейно взаимодействуют друг с другом. Именно на основе их взаимодействия и стало возможно сделать кубит.

К пьезоэлектрической мембране исследователи присоединили сверхпроводящий кубит также на сапфировой подложке. Для этого им пришлось разработать собственную технологию соединения компонентов.

В ходе испытаний выяснилось, что механический кубит обладает временем когерентности, превышающим показатели гибридных и виртуальных кубитов, применяемых в других системах. Этот параметр напрямую зависит от свойств используемых сверхпроводящих материалов. Более длительное время когерентности позволяет проводить больше операций без разрушения квантового состояния.

«В течение многих лет люди думали, что невозможно создать кубит из механической системы», – говорит Адриан Бахтольд, физик в Институте фотонных наук, который не принимал участия в работе. Стефан Дюрр, квантовый физик в Институте квантовой оптики Макса Планка, отмечает, что результат «открывает новую систему», которую можно использовать в других экспериментах – и, возможно, для исследования интерфейса квантовой механики и гравитации.

Точность механического кубита – мера того, насколько хорошо экспериментаторы могут устанавливать желаемое ими состояние – составляет всего 60% по сравнению с более чем 99% для существующих лучших версий кубитов.

Однако Дюрр считает, что механический кубит может служить сверхчувствительным зондом для таких сил, как гравитация, которые не влияют на другие кубиты. Исследователи ETHZ надеются продвинуть свою демонстрацию на шаг дальше, используя два механических кубита для выполнения простых логических операций.

В дальнейшем они также планируют экспериментировать с материалами для увеличения времени когерентности.

Ранее в Microsoft рассказали о работе сервиса Azure Quantum Cloud, а также продемонстрировали логические операции с использованием самого большого количества кубитов с коррекцией ошибок.

*Источник: [habr.com/ru](https://habr.com/ru), 18.11.2024*

### **Ученые нашли новый способ запутать свет и звук**

Для разработки современных квантовых технологий, таких как защищенная квантовая связь и квантовые вычисления, требуется квантовая запутанность. Ученые из Института науки о свете Макса Планка (MPL) представили новый способ запутывания фотонов с акустическими фононами, демонстрируя высокую устойчивость этой технологии к внешнему шуму – одной из ключевых проблем большинства квантовых технологий.

Квантовая запутанность – это явление, при котором состояние одной частицы мгновенно влияет на состояние другой, независимо от расстояния между ними. Такая взаимосвязь необходима для обеспечения безопасности в квантовой связи и создания мощных квантовых вычислительных систем. В оптической области для запутывания фотонов, квантов света, широко используются нелинейные оптические методы, что позволяет передавать квантовую информацию с высокой скоростью.

Команда ученых из MPL разработала подход для создания запутанности между фотонами и фононами, используя так называемое броуновское рассеяние. Данный механизм устойчив к внешнему шуму и пригоден для интеграции в схемы квантовой обработки сигналов. К тому же, он может работать при более высоких температурах, что позволяет отказаться от дорогостоящего охлаждающего оборудования, необходимого для стандартных квантовых технологий.

В отличие от фотонов, которые движутся со скоростью света, фононы, связанные с колебаниями звуковых волн, перемещаются значительно медленнее. В этой системе фотоны и фононы взаимодействуют через оптический нелинейный эффект, который позволяет связывать кванты с разной энергетикой. Проведенные эксперименты показали, что новая схема запутывания может работать при температурах в десятки Кельвинов, что значительно выше температуры, требуемой для других подходов. Возможность реализации этого механизма в оптических волокнах или на фотонных чипах делает его перспективным для применения в квантовых технологиях будущего.

*Источник: [securitylab.ru](https://securitylab.ru), 14.11.2024*

## **Квантовые токены впервые в мире были доставлены по оптоволокну**

Компания Quantinuum и Mitsui продемонстрировали первый успешный опыт доставки квантовых токенов по шестимильной оптоволоконной сети в Японии, что стало значительным шагом на пути к квантовым финансовым операциям.

Квантовые токены используют квантовую физику, чтобы обеспечить непередаваемые, частные и быстрые расчеты при торговле активами без накладных расходов на связь, требуемых традиционными финансовыми системами.

Они передаются по волоконно-оптическим сетям квантового распределения ключей (QKD), которые все чаще используются во всем мире для безопасного обмена ключами шифрования между сторонами по оптоволоконным кабелям.

QKD более безопасен, чем обычное распределение ключей, поскольку использует законы физики для защиты данных и может обнаружить попытки третьих сторон скомпрометировать ключ шифрования.

Quantinuum и Mitsui использовали коммерческое оборудование QKD, предоставленное компанией NEC, чтобы продемонстрировать быструю проверку транзакций в точке обмена.

«Первоначальной мотивацией для квантовых коммуникаций был обмен деньгами», – сказал основатель и директор по продуктам Quantinuum Ильяс Хан (Ilyas Khan).

«Сегодня мы продемонстрировали реальные возможности повышения безопасности финансовых систем с помощью готового оборудования для квантовых коммуникаций. Это открывает дверь в новую эру квантовой безопасности с широким применением, предоставляя коммерческим организациям возможность использовать что-то конкретное».

Использование квантовых токенов позволяет предотвратить подделку и проводить транзакции практически мгновенно. Традиционные платежные системы медлительны и рискованны. Они полагаются на двойную бухгалтерию, чтобы предотвратить двойную трату средств, и консультируются с цифровыми системами, чтобы подтвердить наличие средств для расчетов по сделкам. Квантовые токены гарантируют, что только предполагаемый получатель получит правильные данные токена, который в будущем может быть потрачен только в одном месте. Они делают расчеты по транзакциям практически мгновенными, избавляя от необходимости проверять несколько систем или ждать сетевых подтверждений.