



# МОНИТОРИНГ

ЦНТИБ ОАО «РЖД»

КВАНТОВЫЕ СЕТИ

№8/АВГУСТ 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

Новый метод может создать быструю межстрановую квантовую сеть .....	3
В квантовой физике открыто явление возможности независимого изменения квантового момента частицы .....	10
Новый метод сочетает обычный интернет с квантовым .....	11
Задачу коммивояжера решили одним кубитом.....	12
Новый чип обещает изменить квантовые вычисления.....	14
Разработано оптоволокно для надежного квантового интернета.....	16
Ученые собираются проверить, живем ли мы в симуляции .....	17
Ученые совершили прорыв в области квантовых компьютеров.....	20
Физикам удалось создать множественную атомно-фотонную запутанность .....	22
Физики создают квантовые датчики, «путешествующие во времени» .....	23
Квантовые точки превратили в сверхкачественные квантовые ячейки памяти .....	25
Исследователи предлагают новое решение проблемы передачи квантового интернета.....	26
ТУСУР делает упор на квантовых технологиях в обучении инженеров оптической связи	26
Студентка ЮФУ получила грант на квантовый стартап .....	28
Найден способ повысить эффективность систем КРК за счет квантовых повторителей.....	29
В МФТИ зафиксировали процессы поглощения и излучения одиночных фотонов сверхпроводниковым кубитом.....	30

## Новый метод может создать быструю межстрановую квантовую сеть

### *Что такое квантовый интернет?*

Квантовый интернет – это передовая технология, основанная на принципах квантовой механики для передачи данных между узлами сети. В отличие от традиционных (классических) сетей, квантовый интернет использует квантовые состояния частиц для передачи информации. Это включает в себя использование явлений квантовой суперпозиции, запутанности и других квантовых эффектов.

### *Квантовая суперпозиция:*

Суперпозиция позволяет квантовым битам (кубитам) находиться в нескольких состояниях одновременно, в отличие от обычных битов, которые могут быть только в состоянии «0» или «1». Это значительно увеличивает вычислительную мощность квантовых систем.

### *Квантовая запутанность:*

Запутанность – это явление, при котором квантовые состояния двух или более частиц становятся взаимосвязанными так, что изменение состояния одной частицы мгновенно отражается на состоянии другой, независимо от расстояния между ними. Это явление позволяет мгновенно передавать информацию между запутанными частицами.

### *Квантовое шифрование:*

Квантовый интернет использует квантовую криптографию для создания абсолютно защищённых каналов связи. Квантовое распределение ключей (QKD) позволяет детектировать любую попытку перехвата данных, так как измерение квантового состояния изменяет его.

### *Преимущества квантового интернета*

Квантовый интернет предлагает множество преимуществ по сравнению с традиционными сетями. Эти преимущества связаны главным образом с уникальными свойствами квантовой механики, такими как суперпозиция и запутанность. Рассмотрим основные из них:

#### 1. Улучшенная кибербезопасность

**Квантовая криптография:** Квантовая криптография, в частности, квантовое распределение ключей (QKD), обеспечивает абсолютно безопасную передачу данных. Любая попытка перехвата квантового ключа изменяет его состояние, что становится сразу заметно и позволяет предотвратить утечку информации.

**Необратимость взлома:** В отличие от классических шифров, которые могут быть взломаны при наличии достаточной вычислительной мощности, квантовые шифры практически невозможно взломать благодаря принципам квантовой механики.

## 2. Увеличенные вычислительные возможности

Распределённые квантовые вычисления: Квантовый интернет позволяет соединять несколько квантовых компьютеров в единую сеть, значительно увеличивая их общую вычислительную мощность и решая сложные задачи, недоступные для традиционных компьютеров.

Эффективное решение сложных задач: Распределённые квантовые вычисления могут использоваться для моделирования сложных систем, химических реакций и даже прогнозирования финансовых рынков с высокой точностью.

## 3. Способность к передаче данных с высокой скоростью и низкой задержкой

Параллельная передача данных: Благодаря свойству суперпозиции, квантовые системы могут передавать несколько состояний одновременно, что приводит к значительному увеличению пропускной способности сети.

Мгновенная передача данных: Квантовая запутанность позволяет передавать информацию практически мгновенно между запутанными частицами, что может значительно уменьшить задержки при передаче данных.

## 4. Повышенная надёжность и устойчивость к шумам

Квантовые повторители: Технология квантовых повторителей позволяет защищать квантовую информацию от деградации и шумов, обеспечивая надёжную и долговременную передачу данных на большие расстояния.

Интеграция с классическими сетями: Квантовые сети могут быть интегрированы с существующими классическими сетями, что позволяет создавать гибридные системы с повышенной надёжностью и устойчивостью к сбоям.

## 5. Новые модели коммуникации

Усовершенствованные протоколы обмена: Квантовая механика предлагает новые способы обмена данными и взаимодействия между устройствами, что открывает возможности для создания инновационных коммуникационных протоколов.

Новые применения: Уникальные свойства квантовых сетей могут использоваться в самых разных областях, от медицины до финансовых услуг, предлагая новые решения и улучшая существующие процессы.

## 6. Минимизация оборудования

Для организации квантовых сетей может потребоваться меньше физического оборудования, так как одна квантовая система способна выполнять задачи, требующие множество классических серверов и сетевых устройств.

### *Проблемы и вызовы квантового интернета*

Несмотря на значительные успехи и огромные перспективы, квантовый интернет сталкивается с рядом серьёзных проблем и вызовов, которые необходимо преодолеть для его широкого внедрения и использования. Ниже перечислены основные из них:

#### 1. Проблемы сдержания квантовых состояний

Квантовые состояния очень чувствительны к внешним воздействиям и могут быстро разрушаться (декогерентность). Даже небольшие изменения в окружении могут вызвать потерю квантовой информации, что ставит под вопрос стабильность и надёжность квантовых коммуникаций.

#### 2. Разработка квантовых повторителей

Для передачи квантовой информации на большие расстояния необходимы квантовые повторители, которые могут заново «оцифровывать» и передавать квантовое состояние без его разрушения. Текущие технологии повторителей довольно примитивны и требуют значительных улучшений для обеспечения стабильной и долгой передачи данных.

#### 3. Сложность масштабирования

Создание и управление большой квантовой сетью представляет собой значительную техническую и логистическую проблему. Наладить эффективное взаимодействие большого количества узлов, каждый из которых должен поддерживать квантовые состояния, – задача крайне сложная.

#### 4. Требования к инфраструктуре

Квантовые сети требуют высокоточной и дорогой инфраструктуры, включая специализированное оптоволокно, суперохлаждающие системы для квантовых компьютеров и узлов, а также сенсоры для контроля состояния квантовых частиц. Это делает стартовые инвестиции и эксплуатационные расходы высокими.

#### 5. Трудности в коммерческом внедрении

На данный момент квантовые технологии находятся в стадии активного исследования и разработки. Внедрение квантового интернета в коммерческую эксплуатацию требует решения ряда технических и экономических вопросов, таких как стандартизация технологий, обеспечение безопасности, создание удобных для пользователей интерфейсов и многое другое.

#### 6. Ограничения текущих технологий

Многие из существующих технологий, используемых в квантовой связи, по-прежнему находятся на ранних стадиях развития и требуют значительных улучшений и оптимизации для практического использования. Это касается не только квантовых компьютеров и квантовых повторителей, но и инфраструктуры для передачи квантовых данных.

## 7. Человеческие ресурсы

Для разработки, внедрения и обслуживания квантовых сетей требуется высококвалифицированный персонал, имеющий глубокие знания в области квантовой физики, компьютерных наук и инженерии. Кроме того, систему образования необходимо адаптировать для подготовки таких специалистов.

## 8. Обеспечение совместимости с классическими сетями

Интеграция квантовых сетей с существующими классическими сетями представляет собой значительное техническое испытание. Необходимо разработать гибридные системы, которые смогут эффективно взаимодействовать и с квантовыми, и с классическими компонентами сетевой инфраструктуры.

### *Новый метод построения квантовой сети*

Исследователи РМЕ представили новый метод построения квантовой сети, охватывающей США, с использованием вакуумных направляющих лучей, в которых кубиты могут перемещаться на тысячи миль внутри небольших вакуумно-герметичных трубок.

Чтобы воплотить квантовую сеть в реальность, учёные предложили создавать длинные квантовые каналы с использованием вакуумно-герметичных трубок с множеством разнесённых линз.

Исследователи из Притцкеровской школы молекулярной инженерии Чикагского университета (РМЕ) предложили новый подход – построение длинных квантовых каналов с использованием вакуумно-герметичных трубок с массивом разнесённых линз. Эти вакуумные направляющие луча диаметром около 20 сантиметров будут иметь дальность действия в тысячи километров и пропускную способность 10 триллионов кубитов в секунду, что лучше любого существующего подхода к квантовой связи. Фотоны света, кодирующие квантовые данные, будут проходить через вакуумные трубки и оставаться сфокусированными благодаря линзам.

«Мы считаем, что такой тип сети осуществим и обладает большим потенциалом, – сказал Лян Цзян, профессор молекулярной инженерии и старший автор новой работы. – Его можно было бы использовать не только для безопасной связи, но и для построения сетей распределённых квантовых вычислений, технологий распределённого квантового зондирования, новых видов телескопов и синхронизированных часов».

Вакуумный направляющий луч (VBG) представляет собой совершенно другое решение для квантовых каналов, позволяющее преодолеть ограничения существующих оптоволоконных и спутниковых технологий для квантовой связи на большие расстояния. Благодаря массиву выровненных линз, расположенных на расстоянии нескольких километров друг от друга, VBG обеспечивает сверхвысокую прозрачность в широком диапазоне оптических

длин волн. При реалистичных параметрах VBG может превосходить лучшее оптоволокно на 3 порядка по скорости затухания. Следовательно, VBG может обеспечивать квантовую связь на большие расстояния, на тысячи километров, с пропускной способностью квантового канала, превышающей  $10^{13}$  qubit/sec, что на порядки превышает современную скорость квантовой спутниковой связи. Примечательно, что, не полагаясь на квантовые ретрансляторы, VBG может обеспечить наземный квантовый канал с низкими потерями и высокой пропускной способностью, который позволяет использовать новые приложения с распределённой квантовой информацией для вычислений, связи и зондирования.

#### *Отправка кубитов*

«Вы не можете передать квантовое состояние по классической сети, – объяснил Цзян. – Вы можете классически отправить часть данных, квантовый компьютер может обработать их, но затем результат снова отправляется классическим способом».

Некоторые исследователи протестировали способы использования волоконно-оптических кабелей и спутников для передачи оптических фотонов, которые могут действовать как кубиты. Фотоны могут преодолевать небольшие расстояния по существующим волоконно-оптическим кабелям, но, как правило, быстро теряют свою информацию по мере поглощения фотонов. Фотоны, попадающие на спутники и обратно на землю в новом месте, поглощаются меньше из-за космического вакуума, но их передача ограничена поглощением в атмосфере и доступностью спутников.

Учёные, работающие в Лазерно-интерферометрической гравитационно-волновой обсерватории (LIGO) Калифорнийского технологического института, построили огромные наземные вакуумные трубки для удержания движущихся фотонов света, которые могут обнаруживать гравитационные волны. Эксперименты в LIGO показали, что внутри вакуума, почти не содержащего молекул, фотоны могут перемещаться на тысячи километров.

Вдохновленные этой технологией, Цзян, Хуан и их коллеги начали создавать наброски того, как можно использовать вакуумные трубки меньшего размера для передачи фотонов между квантовыми компьютерами. В своей новой теоретической работе они показали, что эти трубки, при правильной конструкции и расположении, могут переносить фотоны по всей стране. Более того, им потребуется только средний вакуум (давление  $10^{-4}$  атмосферы), который намного проще поддерживать, чем сверхвысокий вакуум (давление  $10^{-11}$  атмосферы), необходимый для LIGO.

«Основная проблема заключается в том, что при движении фотона в вакууме он немного рассеивается, – объяснил Цзян. – Чтобы преодолеть это, мы предлагаем устанавливать линзы через каждые несколько километров,

которые могут фокусировать луч на большие расстояния без дифракционных потерь».

В сотрудничестве с исследователями из Калифорнийского технологического института группа планирует настольные эксперименты, чтобы проверить практичность идеи, а затем планирует использовать более крупные вакуумные трубки, такие как в LIGO, для работы над тем, как выровнять линзы и стабилизировать пучки фотонов на больших расстояниях.

«Внедрение этой технологии в более крупном масштабе создает определённые проблемы гражданского строительства, которые нам также необходимо решить. Но главное преимущество заключается в том, что у нас есть большие квантовые сети, которые могут передавать десятки терабайт данных в секунду», – сказал Цзян.

#### *Перспективы квантового интернета*

На ближайшие 5 лет:

Продолжение активной работы над созданием и тестированием первых прототипов квантового интернета. Ведущие исследовательские институты и технологические компании будут разрабатывать и показывать демонстрационные проекты.

Рост числа опытных установок квантовых сетей в университетах и научных центрах.

Прогресс в технологиях квантовых повторителей и усилителей, что улучшит передачу данных на большие расстояния.

Развитие более устойчивых и стабильных кубитов для передачи и хранения квантовой информации.

Первыми коммерческими пользователями могут стать крупные финансовые институты и государственные организации, заинтересованные в высоко защищённых каналах связи.

Расширение программ обучения и курсов по квантовым технологиям для подготовки новых специалистов в этой области.

На среднесрочную перспективу – 10 лет:

Начало более широкого коммерческого использования квантовых сетей. Ожидается, что некоторые корпорации и государственные учреждения начнут использовать квантовые технологии для повышения безопасности и эффективности своих операций.

Появление пилотных проектов квантового интернета в нескольких крупных городах, где технологии будут тестироваться на реальных городских масштабах.

Разработка гибридных сетей, которые комбинируют квантовую и классическую инфраструктуру для обеспечения плавного перехода и улучшения общих возможностей передачи данных.

Принятие первых стандартов и регуляций в области квантовых коммуникаций и квантового интернета, что упростит внедрение технологий на массовом рынке.

Прогресс в разработке квантовых хранилищ данных, что позволит создавать более надёжные и ёмкие системы для хранения квантовой информации.

На долгосрочную перспективу – 20 лет:

Широкое распространение квантового интернета. Многие дома, компании и государственные учреждения будут подключены к квантовым сетям.

Вполне вероятно, что квантовый интернет станет новой нормой, аналогично сегодняшнему классическому интернету.

Использование квантовых технологий на большинстве объектов критической инфраструктуры для обеспечения высочайших стандартов безопасности.

Квантовая криптография будет применяться повсеместно, полностью заменяя многие традиционные методы шифрования.

Расширение возможностей научных исследований, включая моделирование сложных квантовых систем и проведение сложных расчётов на квантовых компьютерах.

Появление новых технологических решений и инноваций, которые станут возможными благодаря масштабным квантовым сетям.

Построение глобальной квантовой сети, связывающей континенты и страны, обеспечивающей мгновенную и безопасную передачу данных по всему миру.

Включение квантовых коммуникаций в космические программы, что позволит улучшить связь с космическими аппаратами и спутниками.

Развитие новых бизнес-моделей, основанных на квантовых технологиях, включая новые продукты и услуги, оптимизированные для работы в квантовой среде.

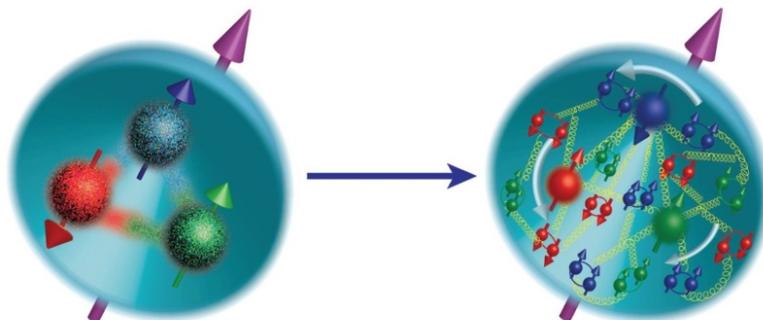
Внедрение квантовых технологий в повседневную жизнь, что существенно изменит многие аспекты социальной и экономической жизни.

#### *Заключение*

Перспективы развития квантового интернета обещают значительные изменения в области технологий связи и вычислений. С одной стороны, квантовый интернет может преобразовать текущие модели кибербезопасности и вычислений, а с другой – предоставить платформу для новых инноваций и решений, которые будут иметь далеко идущие последствия для всего общества.

## **В квантовой физике открыто явление возможности независимого изменения квантового момента частицы**

Новое открытие делает квантовую физику ещё более загадочной. Учёные обнаружили, что спин частицы, то есть её собственный момент импульса, может перемещаться сам по себе, независимо от частицы (рис. 1). Это может изменить наши представления о фундаментальных законах физики.



*Рис. 1. Спин частицы, то есть её собственный момент импульса, может перемещаться сам по себе, независимо от частицы*

Исследователи сравнивают это явление с Чеширским котом из «Алисы в стране чудес», который мог исчезнуть, оставив одну лишь улыбку. Аналогично, спин может «покинуть» частицу. Эффект, известный как квантовый Чеширский кот, был подтверждён 10 лет назад, когда учёные показали, что спин нейтрона может отделяться от частицы. Теперь физики провели более глубокое исследование момента импульса в квантовом масштабе.

Момент импульса зависит от массы, скорости и размера объекта и должен подчиняться закону сохранения, согласно которому он не может быть создан или уничтожен, а только перераспределён. Однако новое открытие показывает, что в квантовом мире это правило может не всегда работать.

В эксперименте учёные наблюдали частицу, расположенную в левой части установки с отражающей стенкой посередине. Иногда частица могла проходить сквозь стенку благодаря квантовому туннелированию. Исследователи обнаружили, что её момент импульса мог изменяться даже когда сама частица оставалась на месте. Более того, они выявили, что момент импульса оказывался на правой стороне установки, хотя частица никогда не контактировала с этой областью.

Это открытие ставит под вопрос наше понимание законов сохранения в квантовой физике. Учёные считают, что оно может иметь серьёзные последствия для всей физики, поскольку демонстрирует, что свойства частицы могут перемещаться независимо от материального объекта. Исследование также подчёркивает сложность изучения квантового мира, где традиционные представления о частицах не всегда работают.

Эксперименты с квантовым светом и ультрахолодными атомами могут помочь подтвердить эти выводы и пролить свет на законы сохранения в квантовой механике.

Результаты исследования уже приняты к публикации в журнале *Physical Review A*.

*Источник: atomic-energy.ru, 23.08.2024*

### **Новый метод сочетает обычный интернет с квантовым**

Квантовый интернет обещает сделать передачу информации в сети намного быстрее и безопасней, а использование существующей инфраструктуры существенно ускорит практическую реализацию этой технологии. Команда ученых из Германии представила концептуальный трансивер для передачи запутанных фотонов по оптическому волокну. Новое устройство может стать прорывом в области телекоммуникаций, обеспечив работу квантового интернета по стандартному оптоволокну.

«Для того чтобы сделать квантовый интернет реальностью, мы должны передавать запутанные фотоны через волоконно-оптические сети, – сказал профессор Михаэль Кюс из Университета им. Лейбница. – Мы также хотим продолжить использовать оптоволокну для традиционной передачи данных. Наше исследование – важный шаг к объединению обычного интернета с квантовым».

В своем эксперименте ученые продемонстрировали, что запутанность фотонов поддерживается даже в том случае, когда они движутся по световоду вместе с лазерным импульсом. Они смогли изменить цвет лазерного импульса электрическим сигналом таким образом, чтобы он сочетался с цветом запутанных фотонов. Этот эффект позволяет комбинировать лазерные импульсы с запутанными фотонами того же цвета в оптическом волокне, а затем снова их разделять.

Впервые прошедшая экспериментальную проверку концепция доказала возможность передачи фотонов по тому же каналу цветового сигнала, что и лазерный свет. Это значит, что для традиционной передачи данных по-прежнему доступны все цветовые каналы.

Прежде такое никому не удавалось, пишет *Phys.org*. «Запутанные фотоны блокируют канал данных в оптическом волокне, поэтому использовать их для традиционной передачи данных не получалось», – пояснил Ян Хайне, один из исследователей.

Весной этого года физики из Гарварда воспользовались уже существующей телекоммуникационной волоконно-оптической сетью Бостона, чтобы протянуть интернет между двумя квантовыми узлами, разделенными рекордно большим расстоянием 35 км.

*Источник: hightech.plus, 06.08.2024*

### **Задачу коммивояжера решили одним кубитом**

Ученые оптимизировали маршрут между городами с помощью одного кубита. Для этого они отобразили условные города на сферу Блоха и воспользовались принципом суперпозиции. Предложенный способ обладает большей точностью по сравнению с классическими и квантовыми алгоритмами, но пока только для шести городов. Препринт исследования доступен на arXiv.org.

Задача коммивояжера – известная NP-трудная проблема. Ее суть состоит в том, чтобы построить кратчайший маршрут, который проходит через каждый город один раз. Классические компьютеры для этого либо требуют огромных затрат по времени вычислений, либо позволяют найти решение, но оно не всегда оказывается оптимальным (так называемые эвристические алгоритмы). То есть маршрут будет одним из самых коротких, но только с некоторой вероятностью оптимальным. Часто оптимальность решения исследователям трудно проверить именно из-за NP-сложности задачи.

Для решения задачи коммивояжера также используют квантовые вычислители. В этом случае на помощь приходит квантовая запутанность. Тем не менее нынешние квантовые алгоритмы позволяют ученым найти ответ для четырех городов лишь с 90-процентной вероятностью успеха, при этом для вычислений требуются сотни и тысячи физических кубитов.

Группа физиков под руководством Питера Шмельхера (Peter Schmelcher) из Гамбургского университета предложила новый подход в решении задачи коммивояжера. Вместо квантовой запутанности ученые использовали принцип суперпозиции.

Каждый город исследователи закодировали в виде отдельного состояния на экваторе сферы Блоха. Для задания расстояний между городами ученые разместили вспомогательные состояния на меридианах, которые соединяют город на экваторе с одним из полюсов сферы (рис. 2). Затем они переформулировали проблему в терминах дискретной задачи о брахистохроне на плоскости с ограничениями. Ее решение совпадает с решением задачи коммивояжера для данного множества городов. Оптимальный маршрут физики

построили переводом кубита из одного состояния в другое с помощью операторов вращения, а затем провели томографию квантового состояния, чтобы получить конечный ответ. Принцип суперпозиции сыграл важную роль за счет возможности вычислить все маршруты одновременно.

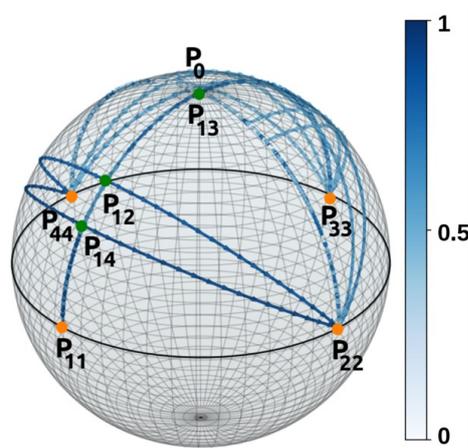


Рис. 2. Иллюстрация работы алгоритма на примере задачи коммивояжера для четырех городов (оранжевые точки). Зеленые точки – вспомогательные состояния для задания расстояний между городами. Цвет линии показывает вероятность перехода между состояниями

Главная сложность, с которой столкнулись исследователи, это постобработка результатов. Некоторые маршруты не удовлетворяли условиям задачи коммивояжера. Например, проходили через один и тот же город дважды, или были запрещенными (то есть использовали пути, не предусмотренные в задаче). Отсечь неправильные решения ученым помогла настройка операторов вращения с помощью алгоритма SPSA. Точность описанного подхода оказалась ограничена количеством городов и их взаимным расположением (симметрично или асимметрично на экваторе блоховской сферы). Для шести симметрично расположенных городов в 97 процентах случаев ученые получили точность решения более 0,99. Уже для семи городов эта доля упала до 62 процентов (рис. 3).

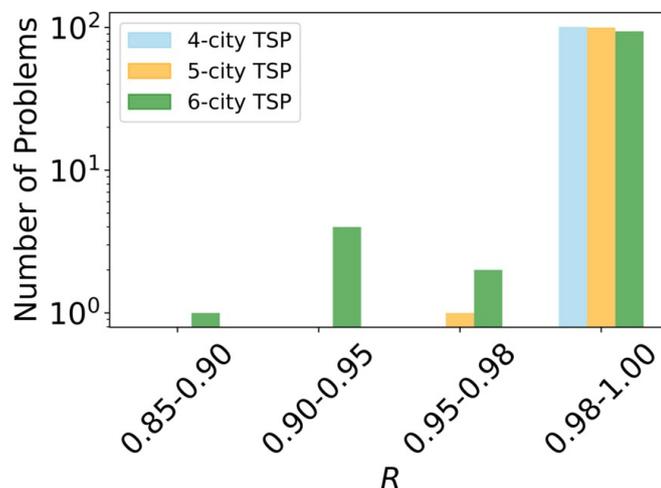


Рис. 3. Гистограмма зависимости между количеством решенных задач из ста и точностью решения для четырех, пяти и шести городов

Авторы работы предположили, что использование принципа суперпозиции вместо запутанности позволит добиться квантового преимущества в решении других оптимизационных задач на устройствах эры NISQ. В том числе, задач квантовой химии и машинного обучения. Предложенный способ визуализации поможет в будущем развитии алгоритмов.

С каждым днем квантовые вычисления позволяют решать все больше проблем. В том числе и в области элементарных частиц – например, при поиске распадов бозона Хиггса в экспериментальных данных.

*Источник: nplus1.ru, 07.08.2024*

### **Новый чип обещает изменить квантовые вычисления**

В мире компьютерных технологий происходит революция. Она обещает преобразовать целые отрасли и открыть новые технологические возможности. Ее движущей силой стали квантовые вычисления, которые только что совершили качественный скачок вперед благодаря команде британских ученых из Oxford Ionics, объявивших о создании самого мощного в мире квантового чипа. Этот чип может быть интегрирован в квантовый компьютер, который можно будет использовать уже в 2027 году, что станет решающим поворотным моментом в развитии квантовых технологий. Что такое квантовые вычисления? Квантовые вычисления представляют собой новый технологический рубеж, который использует законы квантовой механики для решения сложных задач, далеко выходящих за рамки возможностей обычных компьютеров. В отличие от традиционных компьютеров, которые используют биты для хранения информации в виде 0 и 1, квантовые компьютеры используют кубиты (или квантовые биты). Они могут существовать в нескольких состояниях одновременно благодаря явлению, называемому суперпозицией. Эта способность позволяет им обрабатывать огромное количество информации одновременно. Более того, благодаря квантовой запутанности отдельные кубиты могут быть скоррелированы таким образом, что изменение состояния одного кубита мгновенно отражается на состоянии другого, независимо от расстояния, разделяющего их. Благодаря этим свойствам квантовые компьютеры теоретически способны решать определенные задачи в геометрической прогрессии быстрее, чем лучшие современные суперкомпьютеры.

Квантовые компьютеры могут произвести революцию в таких областях, как криптография, моделирование материалов, искусственный интеллект и многих других. Например, в криптографии квантовые компьютеры смогут

взламывать существующие коды за рекордно короткое время. Поэтому потребуются новые методы защиты данных. В фармацевтических исследованиях они смогут моделировать сложные молекулы, чтобы ускорить разработку лекарств. Технологический прорыв Oxford Ionics В основе этой технологии лежат квантовые чипы – «мозги» квантовых компьютеров. Представьте себе небольшую пластину полупроводникового материала, на которой вытравлены электронные схемы. Эти схемы отвечают за обработку информации и вычисления. Основная проблема при производстве квантовых чипов – стабильное и надежное управление кубитами. Кубиты чрезвычайно чувствительны к внешним возмущениям, что делает их сложными для манипулирования. Одной из наиболее перспективных технологий управления кубитами является технология захвата ионов в ловушку. Технология захвата ионов в ловушку предполагает использование электромагнитных полей для удержания ионов (заряженных атомов) в небольшой области пространства. Затем этими ионами манипулируют с помощью лазеров для выполнения квантовых операций. Хотя этот метод обеспечивает высокую стабильность и точность квантования, он ограничен своей сложностью и высокой стоимостью, не в последнюю очередь из-за необходимого лазерного оборудования. Недавно компания Oxford Ionics объявила о крупном прорыве в этой области, который вызвал большой интерес в мире науки и техники. Компания разработала квантовый чип, используя инновационный, меняющийся ход событий подход. Вместо того чтобы использовать лазеры для управления ионами в ловушках, она интегрировала электронную систему управления непосредственно в сам чип. Такая интеграция позволяет регулировать состояние кубитов более просто и эффективно. Устраняя необходимость во внешних лазерах, эта технология значительно снижает сложность и стоимость производства квантовых чипов. Кроме того, она использует стандартные процессы производства полупроводников, что делает массовое производство более доступным и жизнеспособным.

Испытания показали, что чип Oxford Ionics достигает беспрецедентного уровня производительности. В квантовых вычислениях квантовые вентили – это эквивалент логических вентилях, используемых в классических вычислениях (например, вентили AND, OR, NOT). Они являются основными строительными блоками квантовых схем и используются для выполнения операций над кубитами. Точность затвора – это мера точности, с которой квантовый затвор выполняет задуманную операцию. Она показывает, насколько реальная операция близка к идеальной теоретической операции. Высокая точность означает, что квантовые ворота работают почти идеально, с очень малым количеством ошибок. В данном случае чип обеспечил бы точность работы одноквантовых ворот на уровне 99,9992%. Это означает, что

при выполнении операции над одним кубитом вероятность того, что операция будет выполнена правильно, составляет 99,9992%. Это чрезвычайно высокая точность, вероятность ошибки составляет всего 0,0008%. Чип также обеспечил бы точность двухкубитных ворот на уровне 99,97% (в операции участвуют два кубита). Хотя этот показатель несколько ниже, чем у однокубитных, он все равно является поразительно точным, с вероятностью ошибки всего 0,03%. Цель Oxford Ionics – сделать квантовую технологию пригодной для использования в практическом компьютере к 2027 году. Это амбициозная задача, но текущие достижения показывают ощутимый потенциал для ее решения.

*Источник: New-Science.ru, 02.08.2024*

### **Разработано оптоволокно для надежного квантового интернета**

Британские физики из Университета Бата разработали волокна с микроструктурированной сердцевинкой, состоящей из сложного рисунка воздушных карманов. В отличие от оптоволокна со сплошным сердечником в современных каналах связи они подходят для передачи света на длинах волн квантового интернета будущего.

Оптические волокна в современных телекоммуникационных сетях передают свет на длинах волн, которые обеспечивают минимальные потери при распространении света в кварцевом стекле, объясняют ученые. Но эти длины волн несовместимы с рабочими диапазонами источников одиночных фотонов, кубитов и активных оптических компонентов квантовой связи.

В специальных волокнах, которые разработали физики из Университета Бата, по всей длине создана микроструктурированная сердцевина, состоящая из сложного рисунка воздушных карманов. Такая структура позволяет исследователям манипулировать свойствами света внутри волокна, создавать запутанные пары фотонов, изменять цвет фотонов или даже захватывать отдельные атомы внутри волокон (рис. 4).

Низкие потери, низкая задержка и низкая дисперсия волокон с поллой сердцевинкой делают их привлекательными для передачи данных в квантовых сетях как на короткой, так и на длинной дистанции, добавляют ученые. В исследовании, опубликованном в журнале *Applied Physics Letters Quantum*, физики обсуждают проблемы, связанные с квантовым интернетом, а также представляют решения для масштабируемой и надежной широкомасштабной квантовой сети.

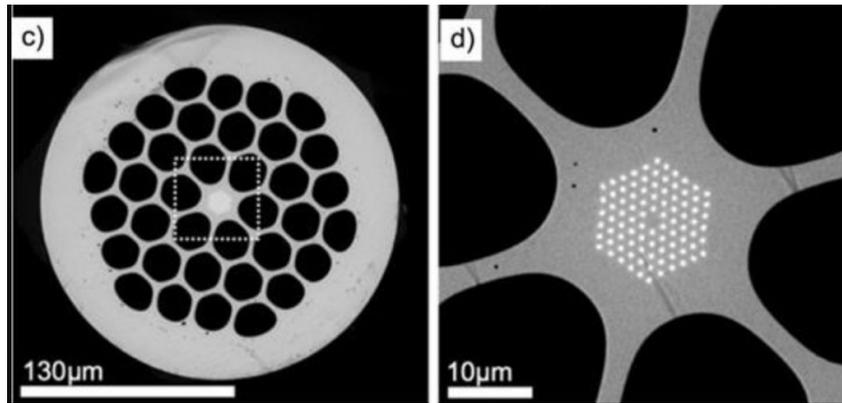


Рис. 4. Сложная структура оптоволокна, оптимизированная для передачи света в разных диапазонах длин волн

«Как и существующий интернет, квантовый интернет будет полагаться на оптические волокна для передачи информации от узла к узлу. Эти оптические волокна, вероятно, будут сильно отличаться от тех, что используются в настоящее время, и потребуют другой поддерживающей технологии, чтобы быть полезными», – сказал Кэмерон МакГарри, соавтор исследования

Источник: *hightech.fm*, 29.07.2024

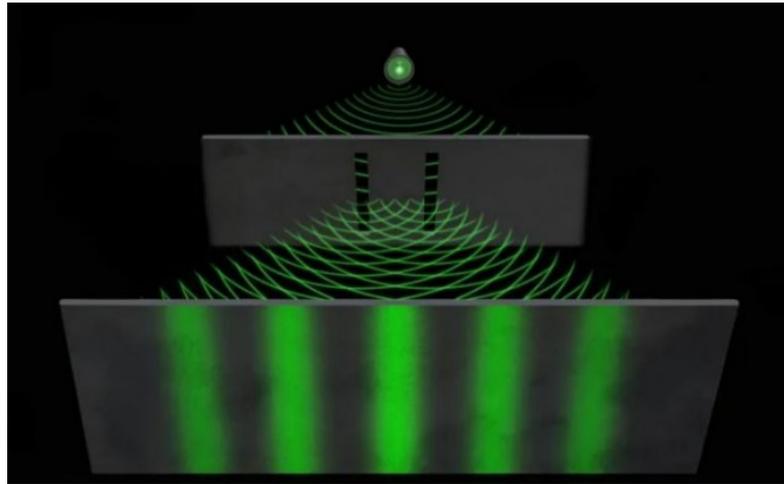
### Ученые собираются проверить, живем ли мы в симуляции

Классическая цитата (приписываемая физика Ричарду Фейнману) говорит: «Если вы думаете, что понимаете квантовую механику, вы ее не понимаете».

Группа физиков заявляет, что собирается провести серию квантовых тестов, чтобы попытаться определить, живем ли мы в симуляции или нет.

Насколько можно судить, мы живем в реальной вселенной, хотя она и довольно странная. В квантовом мире дела обстоят действительно необычно. Одна особая странность проявляется в эксперименте с двумя щелями, который озадачивает физиков уже почти столетие и который ученые планируют использовать в своей проверке того, действительно ли мир реален.

Когда вы пропускаете свет через две щели на экране, образуется интерференционная картина, в которой волны интерферируют друг с другом по ту сторону щели. Когда это было впервые обнаружено, это было доказательством того, что свет ведет себя как волна. Но если пускать на экран фотоны (или электроны, или даже некоторые молекулы) по отдельности, что и делали ученые, то в итоге все равно получится интерференционная картина (рис. 5). Как будто один фотон прошел через обе щели в виде волны, которая затем распалась сама собой.



*Рис. 5. Эксперимент с двумя щелями (двухщелевой опыт) в физике является демонстрацией того, что свет и материя в целом могут проявлять характеристики как классических волн, так и частиц; кроме того, он отображает фундаментально вероятностный характер квантово-механических явлений. Впервые опыт был проведён Томасом Юнгом со светом в 1801 году. Эксперимент относится к общему классу экспериментов с «двойным путём», в которых первоначальная волна разделяется на две отдельные, которые впоследствии снова объединяются в одну. Изменения длины пути обеих волн приводят к сдвигу фаз, создавая интерференционную картину*

Все становится еще более странным. Если построить эксперимент с детекторами так, чтобы знать, в какую сторону прошел фотон, интерференционная картина не возникнет. Физики долго ломали над этим голову, и у них есть несколько объяснений, каждое из которых имеет свою степень странности.

В интерпретации многих миров, например, каждый раз, когда мы измеряем систему, находящуюся в суперпозиции множества различных возможных состояний, мы видим только одну версию при измерении, а остальные разыгрываются в другой вселенной. В других интерпретациях, таких как теория пилотной волны, частица, которую мы измеряем, движется на волне.

Квантовая механика сложна, но является лучшей интерпретацией квантового мира, и физики продолжают работать над этой проблемой. Одни считают, что наблюдение играет важную роль в коллапсе волновой функции, другие полагают, что существует физическое решение, которое ученые пока не могут понять. Они постоянно видят странные результаты, и многие из них неправильно интерпретируются.

Но одна из очень спорных идей заключается в том, что реальность – это симуляция, и мы видим ее только тогда, когда она нам представляется.

В 2017 году группа физиков в своей работе «О проверке теории симуляции» предложила несколько способов выяснить это с разной степенью сложности. Их идея основывается на предположении, что симуляция имеет ограниченные ресурсы и поэтому не симулирует все во Вселенной одновременно. Таким образом, симуляция будет действовать подобно компьютерной игре, отображая только те части симуляции, за которыми в

данный момент наблюдает «игрок». Это похоже на то, как в некоторых видеоиграх вся наблюдаемая вселенная за экраном не отображается, чтобы сэкономить мощность компьютера.

По мнению ученых, ключ к выяснению того, находимся ли мы в симулированной вселенной или в реальной, заключается в том, чтобы выяснить, когда информация становится доступной нам, наблюдателям.

«Чтобы сэкономить себе вычислительную работу, система рассчитывает реальность только тогда, когда информация становится доступной для наблюдения игроком, а чтобы избежать обнаружения игроками, она поддерживает непротиворечивый мир, но время от времени неразрешимые конфликты приводят к появлению индикаторов VR и разрывов (например, дуализм волна/частица)», – пишут авторы в работе, размещенной на сервере препринтов arXiv.

Если это происходит только в момент наблюдения реальности наблюдателем (а не аппаратом), то, по мнению команды, это будет свидетельствовать о том, что «визуализация» происходит только в момент наблюдения, а значит, мы живем в симуляции».

#### *Живем ли мы в симуляции*

Используя ряд абстракций, они предполагают, что можно обнаружить (если мы живем в симуляции), что информация дается нам только в момент наблюдения. Для этого они попытались создать версии эксперимента с двойной целью, которые показали бы нам, когда информация становится доступной для нас.

«Для проверки теории симуляции можно использовать две стратегии», – объясняет в своей работе команда ученых под руководством Томаса Кэмпбелла, бывшего ученого в области прикладной физики из НАСА. «1: Протестировать момент рендеринга. 2: Использовать противоречивые требования сохранения логической последовательности и избегания обнаружения, чтобы заставить движок VR-рендеринга создать разрывы в рендеринге или произвести измеряемое сигнатурное событие в нашей реальности, которое указывает на то, что наша реальность должна быть симулирована».

В одном из простейших экспериментов, предложенных ими, данные о направлении и экранные данные собираются на двух отдельных USB-накопителях и не видны экспериментатору. Продолжайте делать это, и у вас будет много флэш-накопителей, содержащих данные о путях и данные экрана. Затем вы уничтожаете USB-накопители с данными о направлении, основываясь на подбрасывании монеты.

«Уничтожение должно быть таким, чтобы данные не подлежали восстановлению и чтобы на компьютере, который хранил и передавал данные,

не осталось никаких следов данных. Для  $n$  можно заменить случайное подбрасывание монеты случайным выбором подмножества, состоящего из половины пар USB-накопителей, содержащих данные, которые необходимо уничтожить (с одинаковой вероятностью для таких подмножеств)», – говорится в статье.

«Проверка успешна, если USB-накопители, хранящие паттерны столкновений, показывают паттерн помех только тогда, когда соответствующий USB-накопитель с данными «в какую сторону» был уничтожен».

Таким образом, если вы откроете экран с данными и увидите волновые картины, когда соответствующая флешка с данными будет уничтожена, это будет означать, что симуляция отобразила реальность в момент наблюдения (вы открываете файл), а не в момент наблюдения детектором.

Несмотря на то, что эта идея является более подходящей для научной фантастики, на самом деле команда ученых собрала деньги на Kickstarter, чтобы провести эксперимент. Пока неясно, какой именно эксперимент они выбрали, но ученые пояснили, что испытания будут проводиться в Калифорнийском государственном политехническом университете (CalPoly). Канадский университет, также участвующий в исследовании, предпочел остаться неизвестным, говорится в пресс-релизе.

«Идея заключается в том, что сознание не является продуктом симуляции – оно фундаментально для реальности», – говорят ученые в пресс-релизе. «Если все пять экспериментов сработают так, как ожидалось, это поставит под сомнение общепринятое понимание реальности и откроет глубокие связи между сознанием и космосом».

*Источник: ab-news.ru, 02.08.2024*

## **Ученые совершили прорыв в области квантовых компьютеров**

Квантовые компьютеры представляют собой следующую технологическую революцию и обещают решать сложные задачи, далеко выходящие за рамки возможностей обычных компьютеров. Они используют принципы квантовой механики для выполнения вычислений с беспрецедентной скоростью и эффективностью.

В отличие от традиционных компьютеров, использующих биты, квантовые компьютеры используют кубиты. Традиционные биты, используемые в обычных компьютерах, представляют информацию в двоичной форме – либо 0, либо 1. Кубиты же могут одновременно представлять 0, 1 или

их суперпозицию, благодаря таким принципам квантовой механики, как суперпозиция и запутанность. Суперпозиция позволяет кубиту находиться в нескольких состояниях одновременно, что экспоненциально увеличивает вычислительные возможности. Например, если один бит может представлять только два состояния (0 или 1), то два кубита могут одновременно представлять четыре состояния (00, 01, 10, 11). Способность обрабатывать несколько состояний одновременно означает, что квантовые компьютеры могут выполнять вычисления параллельно, обеспечивая гораздо большую вычислительную мощность, чем обычные компьютеры, для решения определенных типов задач. Кроме того, квантовая запутанность, еще одно явление квантовой механики, позволяет соединять кубиты так, что состояние одного из них может мгновенно повлиять на состояние другого, даже находясь на большом расстоянии. Это позволяет осуществлять связь и координацию между кубитами, что еще больше увеличивает вычислительную мощность квантовых компьютеров. Важнейшая роль лазеров для квантовых компьютеров. Для работы этих передовых машин требуются чрезвычайно точные и надежные компоненты. Одним из таких важных компонентов является титан-сапфировый (Ti) лазер, используемый для манипулирования кубитами и осуществления точных переходов между состояниями. Эти лазеры славятся своей производительностью, но у них есть существенные недостатки. Их большие размеры и высокая стоимость ограничивают их использование хорошо финансируемыми исследовательскими лабораториями. Это особенно актуально в таких областях, как нейронауки и микрохирургия. Например, в оптогенетике, где ученые используют свет для управления нейронами, громоздкие лазеры делают процедуры более сложными и менее точными. Аналогично, для микрохирургии требуются компактные и доступные лазеры, позволяющие проводить более точные и менее инвазивные вмешательства.

Более того, сложность их изготовления не позволяет наладить крупномасштабное производство, что препятствует прогрессу в различных технологических и научных областях. Но скоро ситуация может измениться. Ученые из Стэнфорда совершили большой прорыв, уменьшив размеры титановых лазеров в 10 тыс. раз.

#### *Миниатюризация титановых лазеров*

Чтобы добиться такой миниатюризации, они использовали инновационную технику, которая заключается в шлифовке кристаллов сапфира для получения чрезвычайно тонкого слоя толщиной в несколько сотен нанометров (нанометр – это одна миллиардная часть метра). Затем они создали в кристалле вихреподобный узор из крошечных гребней. Когда на этот вихрь направляют зеленую лазерную указку, интенсивность лазерного излучения увеличивается с каждым оборотом. Благодаря этой инновации стоимость

производства каждого лазера может снизиться примерно до 100 долларов, в то время как в настоящее время она составляет более 100 тыс. долларов. Более того, по расчетам ученых, тысячи таких лазеров могут быть изготовлены на пластине диаметром десять сантиметров, что еще больше снизит стоимость единицы продукции. Это достижение не только делает лазеры более доступными, но и открывает возможность их масштабного применения в различных областях науки и техники. Миниатюрные титан-сапфировые лазеры могут произвести революцию во многих областях. Например, в области квантовых компьютеров эти лазеры могут сделать машины более компактными и эффективными. В нейробиологии эти лазеры могут обеспечить более точный и менее инвазивный мониторинг нейронов, тем самым облегчая исследования и медицинское лечение. В микрохирургии они также могут предложить сверхточные хирургические вмешательства, снижая риски и улучшая результаты для пациентов. Стэнфордские ученые очень надеются, что эти лазеры будут доступны для университетских исследований в течение ближайших двух лет. Эта возможность может стать катализатором научных инноваций и открытий, которые мы пока даже не можем себе представить.

*Источник: New-Science.ru, 28.07.2024*

### **Физикам удалось создать множественную атомно-фотонную запутанность**

Немецкие физики смогли создать мультиплексную атомно-фотонную запутанность с эффективностью генерации-обнаружения около 90 процентов. Для этого ученые использовали оптический пинцет, чтобы разместить атомы в двумерном массиве в оптической решетке, и облучали их один за другим при помощи лазера в резонаторе Фабри – Перо. Результаты опубликованы в журнале Science.

Квантовые вычисления и квантовые компьютеры имеют огромный потенциал для решения задач, недоступных обычным компьютерам. Однако масштабирование таких систем до многих кубитов остается сложной задачей из-за потерь в оптических системах связи и неустраняемых ошибок. Одним из решений может быть разработка квантовой сети, состоящей из небольших квантовых регистров, содержащих вычислительные кубиты, которые обратимо связаны с коммуникационными кубитами. Это позволит преодолеть потери и ошибки благодаря мультиплексному квантовому протоколу, включающему повторители и механизмы исправления квантовых ошибок.

Группе ученых под руководством Герхарда Ремпе (Gerhard Rempe) из Института квантовой оптики Общества Макса Планка удалось создать

подобный регистр. Для этого ученые охлаждали лазером атомы рубидия-87 ( $^{87}\text{Rb}$ ) и размещали их при помощи оптического пинцета в узлах решетки оптической ловушки. Физикам удалось размещать и контролировать таким образом до шести атомов рубидия, что существенно больше, чем в предыдущих экспериментах. Оптическая решетка была организована внутри резонатора Фабри – Перо. При помощи лазера физики создавали начальное состояние и когерентное возбуждение атомов. Рожденные фотоны, покидающие резонатор, проходили через оптическую систему и регистрировались при помощи сверхпроводящих нанопроволочных однофотонных детекторов.

В результате ученым удалось создавать и регистрировать фотоны, квантово-запутанные с атомами. При этом за счет увеличения количества атомов вероятность зарегистрировать хотя бы один запутанный фотон выше, чем у одиночных кубитов. Физикам удалось достичь стабильной эффективности генерации-обнаружения на уровне 90 процентов.

Ученые отмечают, что их подход может быть масштабирован до систем из многих атомов. Это увеличит вероятность генерации-обнаружения и повысит надежность работы квантового регистра.

*Источник: atomic-energy.ru, 25.07.2024*

### **Физики создают квантовые датчики, «путешествующие во времени»**

В статье, опубликованной в *Physical Review Letters*, ученые из университета в Сент-Луисе демонстрируют новый тип квантового датчика, который использует квантовую запутанность для создания детекторов, путешествующих во времени.

Идея путешествия во времени уже много лет интересует любителей научной фантастики. Наука говорит нам, что путешествие в будущее технически осуществимо, по крайней мере, если двигаться со скоростью, близкой к скорости света, но возвращение назад во времени невозможно.

Но что, если ученые смогут использовать преимущества квантовой физики для раскрытия данных о сложных системах, существовавших в прошлом? Новое исследование показывает, что эта предпосылка может быть не такой уж надуманной. В своей статье, Катер Марч, профессор физики и директор Центра квантовой физики и его коллеги демонстрирует новый тип сенсора, который использует квантовую запутанность для создания детекторов, путешествующих во времени.

Катер Марч описывает эту концепцию как аналогию возможности послать телескоп назад во времени, чтобы запечатлеть падающую звезду,

которую вы увидели краем глаза. В повседневном мире эта идея обречена на провал. Но в таинственной и загадочной стране квантовой физики может быть способ обойти правила. Это происходит благодаря свойству запутанных квантовых датчиков, которое Марч называет «взглядом в прошлое».

Процесс начинается с запутывания двух квантовых частиц в квантовом синглетном состоянии – другими словами, двух кубитов с противоположным спином – так что независимо от того, какое направление вы рассматриваете, спины направлены в противоположные стороны. Отсюда один из кубитов – «зонд», как его называет Марч, – подвергается воздействию магнитного поля, которое заставляет его вращаться.

На следующем этапе происходит пресловутое волшебство. Когда измеряется вспомогательный кубит (тот, который не используется в качестве зонда в эксперименте), свойства запутанности эффективно отправляют его квантовое состояние (то есть спин) «назад во времени» к другому кубиту в паре. Это возвращает нас ко второму этапу процесса, где магнитное поле вращало «пробный кубит», и именно здесь проявляется настоящее преимущество ретроспективного подхода.

При обычных обстоятельствах для такого рода экспериментов, когда вращение спина используется для измерения величины магнитного поля, существует один шанс из трех, что измерение окажется неудачным. Это связано с тем, что при взаимодействии магнитного поля с кубитом вдоль оси  $x$ ,  $y$  или  $z$ , если оно параллельно или антипараллельно направлению спина, результаты будут сведены к нулю – вращение измерять будет нечем.

В обычных условиях, когда магнитное поле неизвестно, ученым пришлось бы гадать, в каком направлении подготовить вращение, что привело бы к одной трети вероятности неудачи. Прелесть ретроспективного подхода в том, что он позволяет экспериментаторам установить наилучшее направление вращения – задним числом – посредством путешествий во времени.

Эйнштейн однажды назвал квантовую запутанность «жутким действием на расстоянии». Возможно, самое жуткое в запутанности то, что мы можем рассматривать пары запутанных частиц как одну и ту же частицу, движущуюся как вперед, так и назад во времени.

Это дает ученым новые творческие способы создания более совершенных датчиков, в частности таких, которые можно эффективно отправлять назад во времени. Существует ряд потенциальных применений датчиков такого типа, от обнаружения астрономических явлений до вышеупомянутых преимуществ, получаемых при изучении магнитных полей, и по мере дальнейшего развития концепции в центре внимания наверняка окажется еще больше.

## **Квантовые точки превратили в сверхкачественные квантовые ячейки памяти**

Европейские и американские физики впервые использовали квантовые точки для создания нового типа кубитов, квантовых ячеек памяти и элементарных вычислительных блоков квантового компьютера, способных совершать простые операции с точностью 99,97%, чего достаточно для создания масштабируемых вычислительных систем. Об этом сообщила пресс-служба Технологического университета Дельфта (TUD).

«Использование германия для производства квантовых точек позволяет управлять положением спина в соседних квантовых точках и задавать им разное направление. Мы обнаружили, что эта особенность германия позволяет создавать высококачественные кубиты, которые совершают меньше одной ошибки на 1 тыс. однокубитных операций и меньше одной ошибки на каждую сотую двухкубитную операцию», – заявил научный сотрудник TUD Ван Цзяньань, чьи слова приводит пресс-служба вуза.

Подобный уровень точности работы кубитов в принципе позволяет использовать созданные ими ячейки квантовой памяти для разработки квантовых компьютеров, способных автоматически корректировать случайные ошибки, возникающие в процессе их работы. Разработка подобных систем коррекции ошибки является критически важным шагом для создания масштабируемых квантовых компьютеров.

Другой важной особенностью кубитов, созданных физиками из Европы и США, является то, что для управления их работой не нужно использовать мощные магнитные ловушки, микроволновые излучатели и резонаторы, которые обычно применяются при разработке квантовых компьютеров. Работой кубитов на германиевых квантовых точках можно управлять при помощи слабых магнитных полей и обычных генераторов сигналов произвольной формы, что значительно упрощает разработку управляющих систем.

Первые опыты, проведенные исследователями на наборе из 10 кубитов на германиевых квантовых точках, показали, что они совершают рекордно малое число ошибок при проведении однокубитных и двухкубитных операций, а также при этом они позволяют обмениваться информацией не только между соседними ячейками памяти, но и любыми произвольными кубитами в наборе квантовых точек.

Эта особенность германиевых кубитов, как отмечают ученые, в перспективе позволит проводить вычисления, в которых будет задействовано большое число связанных друг с другом квантовых ячеек памяти. Это

значительно расширит спектр полезных на практике задач, которые можно будет решать при помощи подобной вычислительной машины.

*Источник: nauka.tass.ru, 25.07.2024*

### **Исследователи предлагают новое решение проблемы передачи квантового интернета**

Получение неповрежденных кубитов отсюда-туда является основной проблемой для любой схемы квантового интернета. Теперь ученые из Чикагского университета, Стэнфордского университета и Калифорнийского технологического института представили совершенно новую идею о том, как передавать квантовые данные – с помощью вакуумных лучепроводов (VVG), соединенных в цепи.

«Решая проблему квантовых каналов с потерями, наш высокопроизводительный VVG имеет потенциал для революционного преобразования квантовых сетей, позволяя реализовать широкий спектр захватывающих новых приложений квантовых сетей, таких как глобальная безопасная квантовая связь, сверхдальнобойные оптические телескопы, квантовая сеть часов, квантовые центры обработки данных и делегированные квантовые вычисления», – пишут исследователи в своей статье, недавно опубликованной в APS Physical Review Letters. Как описано в статье о работе, опубликованной Чикагским университетом, «вакуумные лучепроводы диаметром около 20 сантиметров будут иметь радиус действия в тысячи километров и пропускную способность 10 триллионов кубитов в секунду, что лучше, чем любой существующий подход к квантовой коммуникации. Фотоны света, кодирующие квантовые данные, будут перемещаться по вакуумным трубкам и оставаться сфокусированными благодаря линзам. «Мы считаем, что такой тип сети осуществим и имеет большой потенциал», – сказал Лян Цзян, профессор молекулярной инженерии и старший автор новой работы.

*Источник: odtc.ru, 23.07.2024*

### **ТУСУР делает упор на квантовых технологиях в обучении инженеров оптической связи**

Образовательная программа «Квантовые и оптические системы связи» запускается в 2024 году на кафедре сверхвысокочастотной и квантовой

радиотехники Томского госуниверситета систем управления и радиоэлектроники.

Новая программа основана на базе существовавшего ранее направления «Оптические системы и сети связи» и подготавливает высококвалифицированных специалистов, способных проектировать и разрабатывать системы, использующие оптоволокно для передачи данных, а квантовые технологии для их защиты.

Системы оптической связи внедрены по всему миру, обеспечивая соединение как магистральных маршрутов, так и являясь «последней милей» для абонента – когда волокно заводится непосредственно в квартиру/дом/офис.

«Сегодня высокоскоростная передача данных стала обыденностью: мы можем скачивать видео в высоком качестве за считанные секунды, смотреть прямые трансляции и общаться по видеосвязи, – отметил доцент кафедры СВЧиКР Антон Перин. – Хотя еще лет 15-20 назад это казалось чем-то невообразимым. А современные тенденции технологического развития показывают, что тот, кто владеет информацией, управляет миром. Сегодня в сфере военно-промышленного комплекса, государственной связи, банковского дела акцент делается на защиту передаваемой информации».

Системы оптической связи с применением решений на основе квантового распределения ключа теоретически позволяют сделать передачу данных не поддающейся взлому. Новое направление – «Квантовые и оптические системы связи» – призвано готовить специалистов, способных разрабатывать и проектировать оптические системы связи, защищенные с помощью систем квантового шифрования.

«Наиболее распространенной технологией шифрования данных сегодня является использование квантового распределения ключей, – пояснил Антон Перин. – Принцип квантового распределения ключа (КРК) основан на использовании квантовых свойств частиц, в частности фотонов, для безопасной передачи шифровальных ключей между двумя сторонами (обычно называемыми Алиса и Боб). Основная идея заключается в том, что любые попытки перехвата или измерения квантовых состояний фотонов нарушают их состояние, что позволяет сторонам обнаружить вмешательство. Таким образом, квантовое распределение ключа предлагает высокий уровень безопасности, поскольку любое вмешательство в процесс передачи ключа будет немедленно обнаружено. Это делает КРК особенно привлекательным для использования в областях, требующих высокой степени защиты данных».

В рамках новой образовательной программы были пересмотрены учебные планы. Студенты по-прежнему будут изучать такие специализированные дисциплины, как «Основы физической и квантовой оптики», «Основы волоконной оптики», «Проектирование, строительство, эксплуатация

волоконно-оптических линий связи», но к этому перечню добавлены курсы по «Основам квантовых коммуникаций» и «Основам квантовых вычислений». Содержание других дисциплин было актуализировано с учетом современных достижений науки и техники.

«Основными работодателями наших выпускников являются компании, осуществляющие проектирование и разработку волоконно-оптических систем связи – добавил Антон Перин. – В их число входят, например, такие как «Ростелеком» и «Газпром Трансгаз Томск». Их отделы проектирования и разработки систем связи почти полностью укомплектованы нашими выпускниками».

ТУСУР является одним из ведущих вузов в России в области квантовых технологий. В сотрудничестве с московской компанией «ИнфоТеКС» университет планирует создать квантовую сеть Большого университета Томска для обеспечения безопасного документооборота и подготовки кадров в области информационной и кибербезопасности. В дальнейшем этот опыт будет распространяться по городам Сибири и Дальнего Востока.

В 2023 году ТУСУР совместно с ОАО «РЖД» и АНО «Центр обеспечения цифровой трансформации» участвовал в пилотном проекте по созданию национальной сети подготовки и независимой оценки кадров в области квантовых коммуникаций. В рамках проекта университет разработал фонд оценочных средств квалификации «Специалист по квантовым коммуникациям» на базе первого в стране учебно-исследовательского стенда по квантовой криптографии.

*Источник: [tusur.ru/ru](https://tusur.ru/ru), 24.07.2024*

### **Студентка ЮФУ получила грант на квантовый стартап**

Студентка четвертого курса Института компьютерных технологий и информационной безопасности Южного федерального университета (ЮФУ) Валерия Юшицына получила грант в размере 1 млн рублей от Фонда содействия инновациям на создание программно-аппаратного комплекса удаленного управления системой квантового распределения ключей.

Свой проект Валерия подготовила в рамках ежегодного конкурса «Студенческий стартап» и намерена на средства гранта создать готовое решение, тем более что на рынке таких продуктов сейчас нет. Его суть сводится к предоставлению с помощью технологии Plug&Play удаленного доступа к системам квантового распределения ключей, которые имеются в лаборатории «Квантовые коммуникации» ЮФУ. В результате другие учебные заведения и

коммерческие организации смогут получить возможность проводить практические занятия и исследования на уникальном оборудовании.

По словам девушки, за последние годы она посетила несколько масштабных форумов и конференций, посвященных информационной безопасности, и обратила внимание, что в повестке дня редко поднимаются вопросы технического оснащения образовательных учреждений. Между тем сложностей в этой сфере достаточно: систем квантового распределения ключей не так много, стоит данное оборудование дорого. Так что позволить собственную лабораторию могут далеко не все профильные учебные заведения, что, в свою очередь, затрудняет проведение исследовательской работы. Именно это обстоятельство и сподвигло студентку начать разрабатывать продукт, который позволит учебным заведениям, конструкторским бюро и коммерческим организациям, где систем квантового распределения ключей нет, получить удаленный доступ к лабораториям, оснащенным данным оборудованием.

*Валерия Юшицына, студентка ЮФУ:*

– Используя наш комплекс, каждый желающий может проводить исследования на реальном оборудовании в режиме онлайн-подключения. На мой взгляд, это возможность вовлечь в «квантовый мир» большее количество людей. Также создаваемый проект откроет новые перспективы для ученых и студентов нашей страны.

Вместе с Валерией над созданием комплекса работает целая команда, включая ее дипломного руководителя Антона Плёткина. Заявку на грант студентка подавала впервые и рассчитывает, что в ближайшей перспективе комплекс будет разработан. Если техническое решение, предложенное Валерией, докажет свою эффективность, то проект, по оценкам разработчицы, имеет перспективы на развитие.

– Главное – не останавливаться в конце пути, а смотреть на перспективу, ведь наш стартап на рынке является уникальным, а значит, обладает возможностью масштабирования, – говорит Валерия Юшицына.

*Источник: proquant.ru, 29.07.2024*

## **Найден способ повысить эффективность систем КРК за счет квантовых повторителей**

ОАО «РЖД» получило патент на способ приготовления перепутанных состояний однофотонного поля и квантовой памяти для квантовых повторителей. Это изобретение должно существенно повысить эффективность

работы квантовых повторителей. Как следствие, внедрение технологии увеличит дальность, на которую может направляться сигнал в системах квантовой связи, и повысит эффективность систем квантового распределения ключей.

Квантовые повторители широко известны с конца 1990-х годов. Именно их появление способствовало росту разработок в сфере квантовых коммуникаций. В конструкции квантовых повторителей используется квантовая память, она позволяет хранить фотоны и извлекать их по мере необходимости.

От того, насколько эффективно воспроизводятся квантовые состояния, зависит и дальность сигнала, направляемого по линиям квантовой связи. За последние два десятилетия учеными предложено несколько технологий по сохранению квантовых состояний, их эффективность варьируется от 15 до 70%. Причем в значительном количестве известных изобретений устройство квантовых повторителей не фигурирует.

В патенте, который оформлен ОАО «РЖД», описана оригинальная конструкция повторителя, его принцип действия основан на спонтанном параметрическом рассеивании перепутанных пар фотонов. Для их генерации авторы изобретения предлагают использовать оптический резонатор, который в конструкции является также активным фильтром. Для того чтобы повысить эффективность работы системы, авторы изобретения считают возможным помещать в резонатор атомные ансамбли, которые, к слову, прекрасно сохраняют квантовую память. И именно атомные ансамбли в изобретении предлагается использовать в качестве носителей квантовой информации.

Таким образом, по оценкам исследователей, создав повторитель по предложенной ими конструкции, можно достичь увеличения эффективности протоколов квантового распределения ключей.

*Источник: proquant.ru, 01.08.2024*

### **В МФТИ зафиксировали процессы поглощения и излучения одиночных фотонов сверхпроводниковым кубитом**

Сотрудники лаборатории искусственных квантовых систем МФТИ под руководством профессора Олега Астафьева напрямую продемонстрировали фундаментальный процесс обмена энергией между одиночной квантовой системой и электромагнитным импульсом (рис. 6). Ученым удалось увидеть временные осцилляции амплитуды управляющего импульса, распространяющегося в волноводе, соответствующие поглощению и

излучению фотона одиночной двухуровневой квантовой системой, сильно связанной с волноводом. В частности, удалось впервые записать нестационарные спектрограммы излучения двухуровневой квантовой системы под действием коротких сигналов накачки.



*Рис. 6. Излучённые фотоны в когерентном луче лазера*

Исследование опубликовано в журнале *Physical Review Letters* и поддержано грантом РНФ. Изученные эффекты проливают свет на фундаментальные процессы взаимодействия излучения с веществом и могут быть положены в основу считывания кубитов в открытом пространстве.

Для реализации данного эксперимента ученые изготовили сверхпроводниковый кубит, сильно связанный с копланарным волноводом на чипе. Особенность данной архитектуры в том, что по воздействию кубита на управляющий импульс можно полностью восстановить его квантовую динамику, измеряя только поле прошедшей волны.

«Мы показали, что однократно прошедший мимо атома импульс содержит в себе всю информацию об эволюции двухуровневого искусственного атома. В частности, нестационарная спектральная характеристика этого импульса позволяет нам увидеть, как вынужденное излучение переходит в спонтанное.

Кроме того, мы продемонстрировали, что энергия импульса в точности уменьшается и увеличивается на один фотон благодаря сильному взаимодействию с атомом – точечным квантовым рассеивателем. Прямое наблюдение этих явлений затруднено из-за шумов, но в нашем опыте это стало возможным благодаря быстрой обработке большого массива экспериментальных данных», – говорит Андрей Васенин, научный сотрудник лаборатории искусственных квантовых систем МФТИ.

Исследование иллюстрирует возможность считывания одиночных сверхпроводниковых кубитов без дополнительных резонаторов, которые

обычно используются в сверхпроводниковых многокубитных системах. Такой подход в перспективе способствует уменьшению количества квантовых объектов на чипе, что в конечном счете может значительно упростить архитектуру квантовых интегральных схем.

*Источник: naked-science.ru, 23.08.2024*