



КВАНТОВЫЙ ДАЙДЖЕСТ

НКЛ

Национальная
Квантовая
Лаборатория



Январь 2023 г.

НАЦИОНАЛЬНЫЕ КВАНТОВЫЕ ПРОГРАММЫ

- 02 В РАН состоялось экспертное обсуждение концепции Дорожной карты «Квантовые вычисления» на 2025–2030 гг.
В рамках программы ЛИЦ в России создан прототип 5-кубитного ионного квантового процессора
Ученые из России и Индии обсудили запуск совместных научных центров
- В России утверждён первый профстандарт для специалистов в области квантовых технологий
- 03 Президент США подписал закон о подготовке к переходу к постквантовым стандартам безопасности
Нидерланды, Франция и Германия объединяют усилия для развития квантовых технологий
В Швейцарии откроется квантовый центр компетенций для промышленных компаний

КВАНТОВАЯ ИНДУСТРИЯ

- 04 Аналитики отмечают всплеск оптимизма на рынке квантовых вычислений
Hyundai и IonQ продолжают проекты по машинному зрению и моделированию новых материалов
Rabobank использует фотонный компьютер для обнаружения мошеннических операций
Квантовое машинное обучение использует меньше данных для тренировки нейросетей
- 05 В Китае разработано устройство для индивидуальной подстройки сверхпроводниковых кубитов
Arqit отказывается от планов по эксплуатации спутников квантового шифрования

ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ

- 06 Возможно, ключи RSA-2048 смогут быть взломаны уже в ближайшем будущем
Российские учёные доказали высокую эффективность квантовых алгоритмов на многоуровневых кудитах
Квантово-вдохновлённые алгоритмы превзошли классические в реальных задачах
Созданы логические вентили на основе сверхпроводниковых кутритов
- 07 Когерентное управление спиновыми кубитами при комнатной температуре
Резервуарные вычисления с использованием магнитных скирмионов
Многокубитные вентили на основе фотонных «кошачьих» кубитов
- 08 Изоляторы с электрическим управлением для фотонных интегральных схем
IonQ Harmony оказался лидером среди различных квантовых компьютеров и эмуляторов
Квантовая память для оптических волоконных линий
Достигнута квантовая интерференция между квантовыми точками на дистанции 300 км

БЛИЖАЙШИЕ МЕРОПРИЯТИЯ

- 09 D-Wave Qubits Conference
Quantum West
26th Conference on Quantum Information Processing
QUANTUM AUSTRALIA 2023
- 10 International Conference on Quantum Computing and Communications (QCC 2023)
Quantum Business Europe

В РАН состоялось экспертное обсуждение концепции Дорожной карты «Квантовые вычисления» на 2025–2030 гг.



Заседание прошло под председательством руководителя Совета по квантовым технологиям РАН, президента РАН Геннадия Красникова. Собравшиеся подчеркнули — это лишь первое обсуждение дорожной карты 2025–2030 гг. Процесс планирования продолжается, а многие следующие цели будут обусловлены результатами, достигнутыми в рамках реализации Дорожной карты квантовых вычислений до 2024 г. Важнейшей целью до 2030 г. учёные назвали достижение научного превосходства: к концу десятилетия Россия должна войти в список ведущих стран в области квантовых вычислений.

«Квантовые технологии по интеллектуальному потенциалу — это лидирующее направление в стране. Они вполне могут играть роль драйвера научно-технического развития. Каким будет 2030 г. сейчас можно только загадывать, но не исключено, что появятся какие-то совершенно неожиданные фантастические новые решения», — сказал заместитель председателя Совета академик Александр Горбачевич.

Источник: [Научная Россия](#)

В рамках программы ЛИЦ в России создан прототип 5-кубитного ионного квантового процессора



Результатом трехлетней работы в рамках программы лидирующих исследовательских центров (ЛИЦ) федерального проекта «Цифровые технологии» стало создание прототипа пятикубитного ионного компьютера. Разработки осуществлялись консорциумом учёных из Российского квантового центра, ФИАН им. П. Н. Лебедева, Сколковского института науки и технологий и ФТИАН им. К. А. Валиева. Ключевой особенностью, определяющей новизну разработки, стало использование многоуровневых квантовых систем — кудитов, которые помогают улучшить масштабируемость и/или сократить сложность реализации квантовых операций за счет применения дополнительных уровней для хранения информации.

Масштабирование ионного квантового компьютера продолжается в рамках Дорожной карты по развитию квантовых вычислений, одним из приоритетных направлений которой является развитие ионной платформы.

Источник: [Хайтек+](#)

Ученые из России и Индии обсудили запуск совместных научных центров



Индия активно инвестирует в новые технологии. Дискуссия о необходимости поиска инструментов для активной кооперации двух стран была организована Национальной квантовой лабораторией в рамках II Конгресса молодых ученых в г. Сочи. В обсуждении приняли участие учёные Индийского института науки, научно-образовательного центра Вейнберга, Рамановского научно-исследовательского института, а также Сколтеха, Федерального центра мозга и нейротехнологий и Газпромбанка.

По мнению участников, ключевыми инструментами для укрепления научных связей России и Индии должны стать собственные научные журналы и премии, совместные лаборатории и установки класса «мегасайенс». Для этого у наших стран есть все необходимые ресурсы, а главное — большое желание сотрудничать.

Источник: [Российский квантовый центр](#)

В России утверждён первый профстандарт для специалистов в области квантовых технологий



РЖД совместно с АНО «Центр обеспечения цифровой трансформации» разработали первый профстандарт «Специалист по монтажу и технической эксплуатации квантовых сетей». Он утверждён Минтруда России и вступит в силу с 1 марта 2023 г. В процессе разработки были учтены актуальные требования работодателей и их видение перспектив развития сферы квантовых коммуникаций.

Предполагается, что наличие профстандарта поможет молодежи эффективнее спланировать свое обучение и будущий карьерный рост, а действующим специалистам — выбрать дополнительные образовательные программы для повышения квалификации.

Источник: [Российская газета](#)

Президент США подписал закон о подготовке к переходу к постквантовым стандартам безопасности



Согласно закону, в течение 2023 года в США должна быть разработана государственная стратегия защиты информационных систем от угроз, связанных с появлением квантовых компьютеров, определен бюджет для реализации необходимых мероприятий, а также проведена координация плана мероприятий с национальными и международными организациями.

Затем, в течение года после окончания стандартизации постквантовых криптографических механизмов Национальным институтом стандартов и технологий (NIST), будет осуществлена практическая подготовка к миграции федеральных информационных систем к постквантовым инструментам безопасности.

Источник: [Конгресс США](#)

Нидерланды, Франция и Германия объединяют усилия для развития квантовых технологий

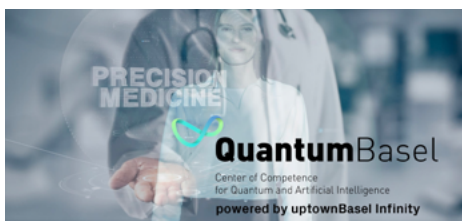


Альянс организован в рамках стратегии «открытой автономии» Европейского союза с целью укрепления наднациональных институтов ЕС и развития механизмов достижения технологического суверенитета. Германия, Франция и Нидерланды являются фактическими лидерами в ЕС в развитии квантовых технологий, однако достигнутый в Европе уровень по сей день значительно уступает странам-лидерам: Китаю и США.

Стороны планируют укреплять научно-технологическое сотрудничество, разрабатывать совместные образовательные программы и практики внедрения инновационных решений в бизнес.

Источник: [Quantum Delta NL](#)

В Швейцарии откроется квантовый центр компетенций для промышленных компаний



В новом центре QuantumBasel будет реализоваться модель «квантовые вычисления как сервис» (QaaS), в рамках которой компаниям-резидентам будет предоставлен облачный доступ к современным квантовым вычислительным системам, включающим 433-кубитный IBM Osprey и D-Wave Advantage, а также помощь профессиональной команды, состоящей из разработчиков в области квантовых алгоритмов и искусственного интеллекта, бизнес-тренеров и консультантов.

QuantumBasel строится на частные средства и, как предполагается объединит от 50 до 100 швейцарских и международных компаний.

Источник: [QuantumBasel](#)

Аналитики отмечают всплеск оптимизма на рынке квантовых вычислений

Market Estimate: \$614 Million USD in 2022
25.3% annual growth rate drives QC global market to \$1.2 billion USD in 2025

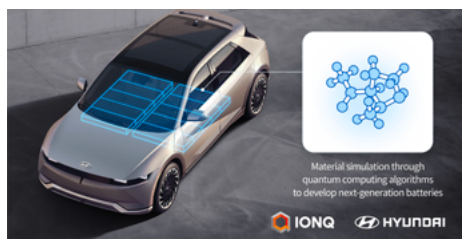


Результаты сразу четырёх исследований, представленные в декабре компаниями Hyperion, OpenOcean, D-Wave и Propeller Insights, подчёркивают рост интереса индустриальных компаний к новому направлению:

- Мировой рынок квантовых вычислений продолжит рост с 614 млн долл. в 2022 г. до примерно 1,2 млрд долл. в 2025 г. со среднегодовым темпом 25,3%. Основная доля выручки пока принадлежит лишь двум десяткам компаний, а 35% рынка занимают производители аппаратных квантовых платформ (Hyperion).
- Частные инвестиции в квантовые вычисления за 5 лет выросли в 5 раз: с 400 млн долл. в 2017 г. до 2,2 млрд долл. в 2021 г. 70% опрошенных руководителей заинтересованы в развитии этого направления в своих компаниях, однако большинство из них отмечают дефицит компетентных кадров для выполнения проектов (OpenOcean).
- 72% небольших и средних ИТ-компаний не сомневаются, что в будущем станут использовать квантовые вычисления. 86% из них уже начали поиск соответствующих специалистов (Propeller Insights).
- Пока наиболее успешны примеры внедрения квантовых методов в машинном обучении, финансовой оптимизации и логистике. 49% индустриальных игроков считают свои первые результаты в этом направлении «очень удачными», а другие 48% — «скорее удачными» (D-Wave).

Источник: [Hyperion](#) [OpenOcean](#) [D-Wave](#) [Propeller](#)

Hyundai и IonQ продолжают проекты по машинному зрению и моделированию новых материалов



После успеха пилотных экспериментов компании анонсировали продолжение сотрудничества в двух направлениях. Во-первых, это — разработка алгоритмов распознавания дорожных объектов по данным автомобильных камер и лидаров: тестовые эксперименты показали, что квантовые алгоритмы позволяют быстрее обучать машинные модели и имеют преимущество при работе с зашумленными и низкокачественными изображениями.

Второй задачей станет моделирование электрохимических процессов и разработка эффективных катализаторов для литиевых батарей. Исследования подобного рода уже проводятся Daimler, VW, Toyota и другими ведущими автопроизводителями.

Источник: [IonQ](#)

Rabobank использует фотонный компьютер для обнаружения мошеннических операций



Американская компания Quantum Computing Inc. и нидерландский Rabobank намерены использовать фотонный компьютер Dirac 1 для поиска подозрительных транзакций. Оценка риска мошенничества требует мгновенного анализа многих факторов: размера денежного перевода, местоположения отправителя и получателя, истории переводов, а также сравнения операции со множеством аналогичных транзакций. Целью проекта является разработка квантового алгоритма оценки рисков более быстрого и точного чем существующие решения.

Источник: [QCI](#)

Квантовое машинное обучение использует меньше данных для тренировки нейросетей



Разработчик квантового программного обеспечения Strangeworks и Rigetti Computing анонсировали запуск коммерческой платформы для квантового машинного обучения, оптимизированной, в частности, для задач классификации и регрессионного анализа. Новая платформа повышает производительность квантовых компьютеров за счёт уменьшения общей задержки выполнения программ и нативной поддержки языка программирования Quil. Сообщается, что разработанные методы работы с QNN требуют на 75% меньше параметров для обучения по сравнению с классическими нейронными сетями.

Источник: [Strangeworks](#)

В Китае разработано устройство для индивидуальной подстройки сверхпроводниковых кубитов



Установка MLLAS-100 использует лазерный отжиг для индивидуальной настройки частоты кубитов-трансмонов, чтобы добиться их полной идентичности. Подобная технология была впервые представлена в прошлом году компанией IBM и используется для оптимизации многокубитных систем.

MLLAS-100 предназначена для работы в связке с представленной ранее платформой NDPT-100, задачей которой является измерение индивидуальных характеристик каждого из кубитов. Обе системы разработаны стартапом Origin Quantum — спин-оффом Академии наук КНР.

Источник: [Global Times](#)

Arqit отказывается от планов по эксплуатации спутников квантового шифрования

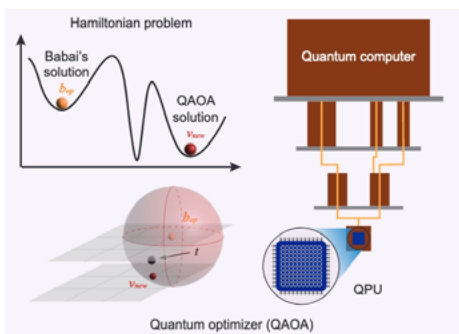


Британский квантовый «единорог» заявил, что ему больше не нужны спутники для доставки ключей шифрования, которые могут противостоять атакам квантовых компьютеров. Вместо этого разработан метод наземного распространения, который позволяет использовать криптографию с симметричным ключом «без риска и затрат на создание сети квантовой связи в космосе». В настоящее время Arqit ведёт переговоры о продаже своего «квантового спутника» и о лицензиях на использование интеллектуальной собственности.

Поворот стратегии Arqit связывают с расследованием подозрительных обстоятельств его слияния со специализированной компанией (SPAC), которое вывело стартап на фондовую биржу в 2021 году.

Источник: [Arqit](#)

Возможно, ключи RSA-2048 смогут быть взломаны уже в ближайшем будущем

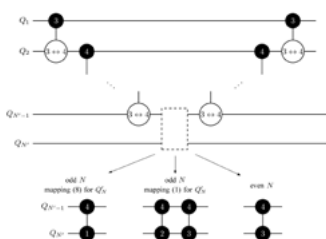


Выполненные в прошлом оценки доказывали, что взлом современных шифров потребует квантового компьютера с миллионами кубитов, однако последние работы утверждают, что задача может быть решена с использованием гораздо меньших ресурсов. Так учёные нескольких китайских лабораторий модифицировали классический метод факторизации Шнорра, используя квантовый алгоритм QAOA для оптимизации его наиболее трудоёмких операций. В результате факторизация 48-битного целого числа потребовала 10 «шумных» физических кубитов, а на взлом стандарта RSA-2048, согласно расчётам, будет достаточно 372 кубитов. Впрочем, вскоре после публикации препринта статьи некоторые эксперты высказали сомнения в правильности сделанных выводов. Предполагается, что новый подход имеет скрытые сложности в классической части и проблемы со сходимостью QAOA в квантовой части и, по всей видимости, не приведет к мгновенному взлому существующих криптоалгоритмов.

В другой работе компания-разработчик фотонных квантовых процессоров Psi-Quantum доложила о 50-кратном улучшении времени выполнения некоторых алгоритмов за счёт увеличения связности кубитов и более эффективного использования неактивного вычислительного объема. В подготовленной статье описано, что время взлома 2048-битного кода шифрования RSA с помощью квантового алгоритма Шора было снижено до девяти часов.

Источник: [Quantum Computing Report](#) [Arxiv China](#) [Arxiv PsiQuantum](#)

Российские учёные доказали высокую эффективность квантовых алгоритмов на многоуровневых кудитах

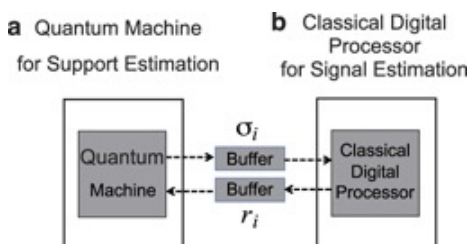


Учёные Российского квантового центра продемонстрировали сокращение числа ресурсов, необходимых для реализации алгоритма Гровера при использовании пятиуровневых кудитов. Доказано, что благодаря более эффективной декомпозиции с помощью кудитов количество двухкубитных операций растёт на порядок ниже, чем для стандартной кубитной реализации.

На сегодняшний день точности одно- и двухкубитных операций в экспериментальных системах приближаются к точности аналогичных операций с кубитами. Предполагается, что дальнейшее развитие квантовых процессоров с небинарной логикой может существенно расширить возможности квантовых вычислений.

Источник: [Arxiv](#)

Квантово-вдохновлённые алгоритмы превзошли классические в реальных задачах

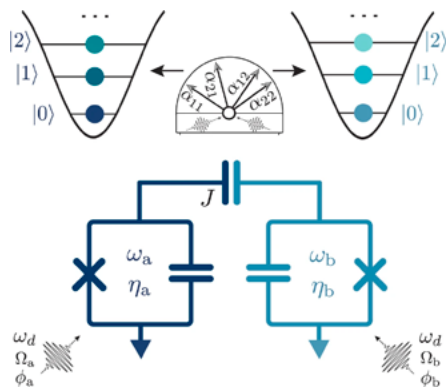


Метод разреженной выборки (compressive sensing) позволяет эффективно воссоздавать сигнал или изображение, используя ограниченную выборку экспериментальных данных. Он часто используется, например, при анализе медицинских или астрономических снимков. Японские учёные из компании NTT и Токийского университета опубликовали серию работ, в которых доказывается преимущество квантово-вдохновлённого алгоритма, основанного на симуляции поведения когерентной машины Изинга (cyber-CIM), над известными классическими методами. Алгоритм cyber-CIM разработан для классических вычислителей, а в будущем будет использоваться в гибридных квантово-классических системах.

В другой работе учёные Fujitsu совместно с Kutxabank с помощью цифрового анилера успешно решили задачу оптимизации инвестиционного портфеля. Во второй фазе проекта планируется внедрить разработанное решение в повседневную деятельность банка.

Источник: [The Quantum insider](#) [The Quantum insider](#)

Созданы логические вентили на основе сверхпроводниковых кутритов

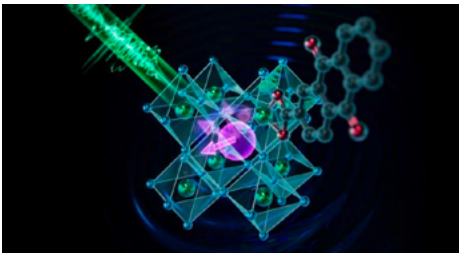


Из-за малой ангармоничности в сверхпроводниковых трансмонах достаточно легко реализовать многоуровневые системы. Большая команда физиков из Калифорнийского университета в Беркли, Национальной лаборатории им. Лоуренса в Беркли и канадской Keysight Technologies смогли запутать между собой два трёхуровневых трансмона (кутрита) и сформировать с их помощью квантовые вентили CZ и CZ†, обеспечивающие точность операций 97,3% и 95,2%, соответственно.

Следующей целью учёных является запутывание большего количества кутритов, что позволит создать масштабируемый прототип квантового процессора с небинарной логикой.

Источник: [Nature Communications](#)

Когерентное управление спиновыми кубитами при комнатной температуре

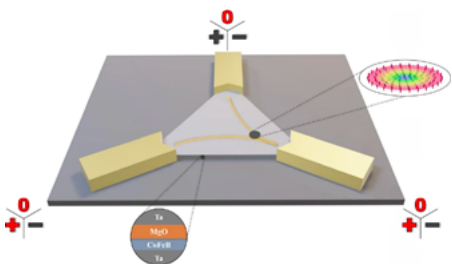


Команда исследователей из Дальнянского института химической физики АН Китая доложила о серьезном прогрессе в квантовых вычислениях. Они провели успешную инициализацию, когерентный контроль и вывод данных о спинах при комнатной температуре при помощи выращенных в растворе перовскитных квантовых точек. Прежде такой подход считался возможным только теоретически.

Результаты исследования показали, что новый метод обеспечивает полный контроль над квантовыми состояниями спинов при комнатной температуре и открывает широкие перспективы для квантовых вычислений на основе спинов.

Источник: [Nature Nanotechnology](#)

Резервуарные вычисления с использованием магнитных скирмионов

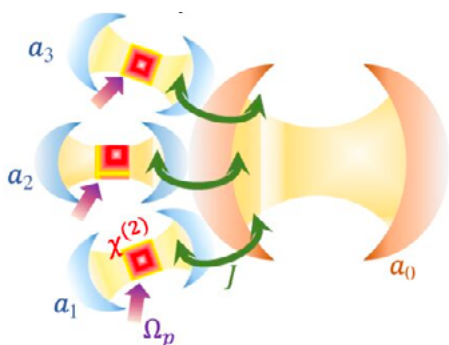


Резервуарные вычисления используют особую структуру рекуррентных нейронных сетей с использованием так называемого резервуара — набора различных нелинейных функций, из которого можно «собрать» любую функцию через тренировку выходных нейронов.

Группа учёных из университетов Майнца и Неймегена предложили использовать в качестве резервуара твердотельное устройство с минимальным потреблением энергии, которое сочетает броуновское тепловое движение магнитных квазичастиц — скирмионов и их управляемое движение под действием тока. Устройство обладает нанометровыми размерами и может быть изготовлено с помощью литографической техники.

Источник: [Nature Communications](#)

Многокубитные вентили на основе фотонных «кошачьих» кубитов

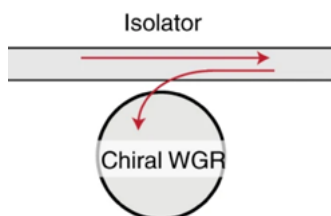


Так называемые «кошачьи» кубиты находятся в суперпозиции когерентных состояний с противоположными фазами. В отличие от других типов кубитов, ошибки с переворотом фазы в них чрезвычайно редки, поэтому их удобнее использовать для защищенных от ошибок вычислений.

Группа учёных из RIKEN предложила способ реализации многокубитных вентилей (например, вентилей Мельмера-Соренсена, используемого в квантовом алгоритме Гровера) с использованием фотонных «кошачьих» кубитов. Согласно теоретическим оценкам, точность двух-, трёх- и четырёх-кубитных вентилей будет составлять 97,5%, 94% и 86% соответственно.

Источник: [Physical Review Applied](#)

Изоляторы с электрическим управлением для фотонных интегральных схем

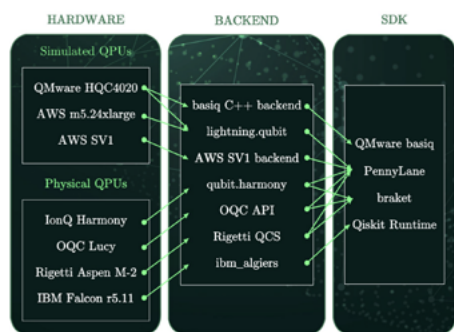


Оптические изоляторы используются во множестве фотонных систем. Они проводят свет в одном направлении, предотвращая нежелательные отражения. Традиционно на практике используются магнитооптические изоляторы, которые сложно миниатюризировать и включить в интегральные схемы.

Исследователи университета Иллинойса Урбана Шампейн разработали ахроматический оптический изолятор с полностью электрическим управлением на основе галереи шепчущих мод. Изолятор построен на основе кристалла ниобата лития и может использоваться в интегральных оптических чипах.

Источник: [Nature Photonics](#)

IonQ Harmony оказался лидером среди различных квантовых компьютеров и эмуляторов

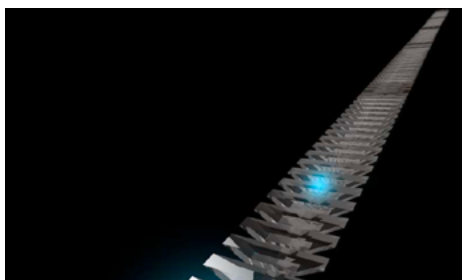


Метод сравнения квантовых вычислительных систем, разработанный швейцарскими компаниями Terra Quantum и QMWare, использует выполнение алгоритма обучения квантовых и гибридных нейросетей.

Было выполнено сравнение производительности нескольких программных эмуляторов квантовых компьютеров (QMWare, AWS) и физических систем (IBM, Rigetti, IonQ, OQC). Наибольшую эффективность при использовании малого количества кубитов (до 27) показали эмуляторы QMWare. Преимущество физических квантовых компьютеров проявилось при количестве кубитов выше 30, однако при этом было отмечено резкое снижение точности операций при числе кубитов выше 4. Исключением оказался лишь 11-кубитный процессор IonQ Harmony, который показал высокую точность операций, практически не зависящую от количества кубитов.

Источник: [Arxiv](#)

Квантовая память для оптических волоконных линий

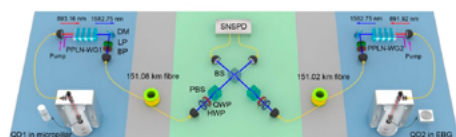


Для масштабирования квантовых сетей на основе существующих оптоволоконных линий необходима квантовая память, обеспечивающая хранение и считывание по запросу фотонов на телекоммуникационных длинах волн.

Исследовательская группа из Университета Науки и Технологий Китая использовала в качестве ячейки памяти волновод, записанный лазером в кристалле силиката иттрия, легированного эрбием, и находящийся в магнитном поле величиной 1 Тесла. Экспериментальная проверка показала пятикратное увеличение эффективности хранения фотонов по сравнению с ранее опубликованными результатами — достоверность (fidelity) квантового хранилища достигла 98,3%.

Источник: [Phys.Rev.Lett.](#)

Достигнута квантовая интерференция между квантовыми точками на дистанции 300 км



Полупроводниковые квантовые точки являются перспективными источниками одиночных фотонов для интегральных оптических схем. Тем не менее, пока видность квантовой интерференции между различными квантовыми точками редко превосходила классический предел 50%, а расстояние, на котором наблюдалась интерференция, не превышало сотен метров.

Учёные из Китая и Германии впервые получили интерференцию с видностью до 93% для квантовых точек расположенных на расстоянии 300 км друг от друга и соединённых оптоволоком. Квантовые точки были помещены в микрорезонаторы и находились при криогенных температурах. Для исключения неоднородности и для сдвига длины волны в телекоммуникационную полосу применялись конверторы квантовой частоты.

Источник: [Advanced Photonics](#)

БЛИЖАЙШИЕ МЕРОПРИЯТИЯ

D-Wave Qubits Conference



Ежегодная конференция компании D-Wave, посвященная вопросам использования квантовых решений в бизнесе, инструментам программирования для адиабатического вычислителя D-Wave и примерам их практического использования. Отдельная виртуальная сессия будет посвящена докладом ведущих японских экспертов. Онлайн участие бесплатное.

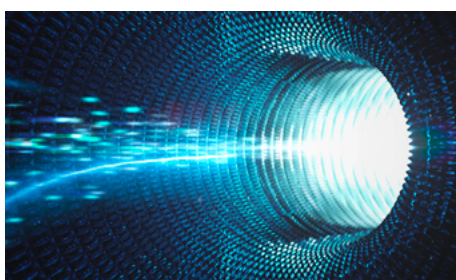
Даты: **17–19 января**

Страна: **США**

Формат: **очный и онлайн**

Web: [ссылка](#)

Quantum West



В рамках ежегодной конференции Photonics West сообщество SPIE организует конференцию, посвященную концепции квантовых технологий Quantum 2.0. Темы конференции: будущее прикладных квантовых технологий, новые вызовы и уникальные возможности масштабных квантовых решений. Участники конференции представители ведущих университетов, компаний квантовой индустрии и государственные исследовательские организации.

Даты: **29 января – 2 февраля**

Страна: **США**

Формат: **очный**

Web: [ссылка](#)

26th Conference on Quantum Information Processing



Крупная международная конференция, посвященная теоретическим аспектам квантовой обработки информации, разработке квантовых алгоритмов и программ.

Даты: **4–10 февраля 2023**

Страна: **Бельгия**

Формат: **очный**

Web: <https://qipconference.org/>

QUANTUM AUSTRALIA 2023



Главное событие квантовой индустрии Австралии, посвященное теме квантовой экономики. Более 60 докладчиков представят доклады по квантовому оборудованию и программному обеспечению, квантовой безопасности и коммерциализации технологий. Ключевые докладчики конференции основатели квантовых компаний PsiQuantum и Diraq.

Даты: **21–23 февраля 2023**

Страна: **Австралия**

Формат: **очный и онлайн**

Web: <https://quantum-australia.com>

International Conference on Quantum Computing and Communications (QCC 2023)



Целью конференции является «устранение барьеров» между наукой и промышленностью. С этой целью будут организованы дискуссии между разработчиками квантовых технологий и представителями индийских и международных компаний. Отдельная тема конференции – содействие развитию стартапов в квантовой сфере.

Даты: **9–11 февраля 2023**

Страна: **Индия**

Формат: **очный**

Web: <https://www.qcc2023.com/>

Quantum World Congress



Крупнейший виртуальный саммит, посвященный взаимодействию квантовой науки и бизнеса. Программа саммита включает около 40 секций, 30 демонстрационных мероприятий с описанием готовых квантовых решений для бизнеса и виртуальную выставку, в которой примут участие 30 европейских компаний.

Даты: **22–23 марта 2023**

Формат: **онлайн**

Web: <https://www.quantumworldcongress.com/>