



# КВАНТОВЫЙ ДАЙДЖЕСТ

НКЛ

Национальная  
Квантовая  
Лаборатория



Март 2023 г.



## НАЦИОНАЛЬНЫЕ КВАНТОВЫЕ ПРОГРАММЫ

- 02 В России создана первая система видеоконференцсвязи с постквантовым шифрованием  
Сформирован международный совет квантовых промышленных консорциумов  
ЕС разрабатывает программу переобучения сотрудников промышленных компаний  
Deutsche Telekom возглавит проект по построению европейской квантовой сети
- 03 США будут сотрудничать с Индией в области квантовых вычислений  
В Индии построят первый квантовый центр обработки данных



## КВАНТОВАЯ ИНДУСТРИЯ

- 04 [Обзор] Венчурные инвестиции в квантовые технологии  
Спин-офф компании Alphabet (Google) получил 500 млн долл. на квантовые разработки  
Инвесторы опасаются, что D-Wave движется к финансовому краху  
Процессор Quantinuum достиг квантового объема 32768
- 05 Вместо увеличения количества кубитов Rigetti сосредоточится на их качестве  
QuantWare приступает к продажам 64-кубитного квантового процессора на сверхпроводниках  
Компания Origin Quantum продала свой первый квантовый компьютер  
SEEQC и BASF начинают применять квантовые вычисления для расчёта химических реакций

06



## ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ

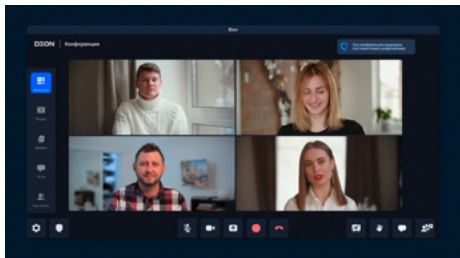
- Google тестирует первые прототипы логических кубитов  
Физики научились переносить ионные кубиты между различными чипами
- 07 Создано устройство для запутывания микроволновых и оптических фотонов  
Российские учёные предложили способ непрерывного мониторинга характеристик квантового процессора  
Беспроводной передатчик для квантового процессора
- 08 Универсальные квантовые компьютеры превосходят адиабатические при решении задач оптимизации  
Новый алгоритм обеспечит экспоненциальное преимущество при решении любых дифференциальных уравнений
- 09 Квантовый магнетометр на основе NV-центров в алмазе с высоким пространственным и временным разрешением  
Квантовые эффекты помогли визуализировать сложные объекты с помощью однопиксельной камеры



## БЛИЖАЙШИЕ МЕРОПРИЯТИЯ

- 10 Quantum Business Europe  
2<sup>nd</sup> International Workshop on Quantum Software Analysis, Evolution and Reengineering (Q-SANER 2023)  
SPIE Optics + Optoelectronics 2023  
2<sup>nd</sup> annual Commercialising Quantum Global

### В России создана первая система видеоконференцсвязи с постквантовым шифрованием

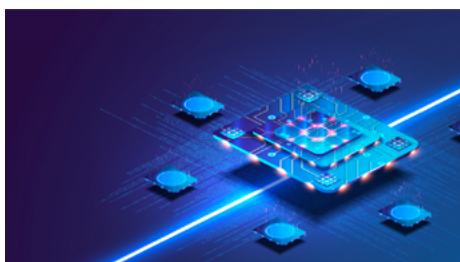


Сервис Dion от группы «Т1» стал первой отечественной ВКС-системой, способной на программном уровне противостоять кибератакам с применением квантовых компьютеров. Добиться этого удалось благодаря интеграции квантово-устойчивого VPN компании QApp, основанного на криптографической библиотеке PQLR, которая содержит семь созданных в России алгоритмов постквантового шифрования.

В круг потенциальных пользователей Dion входят представители крупного бизнеса, госорганы и госучреждения, любые субъекты критической информационной инфраструктуры. Важным преимуществом продукта является его применимость для организации сеансов связи, участники которых географически удалены друг от друга на значительное расстояние, притом без приобретения дополнительного дорогостоящего оборудования. Коммерческая версия продукта появится на рынке не ранее 2024–2025 гг.

Источник: [CNews](#)

### Сформирован международный совет квантовых промышленных консорциумов



Соглашение подписано между промышленными консорциумами США (QED-C), Канады (QIC), ЕС (QuIC) и Японии (Q-STAR). Задачами нового объединения является координация усилий по формированию международной квантовой экосистемы, ускорение стандартизации квантовых технологий, защита интеллектуальной собственности, подготовка и переподготовка специалистов, а также организация международных цепочек производства и поставки необходимых для отрасли материалов, оборудования и компонентов.

Источник: [Пресс релиз](#)

### ЕС разрабатывает программу переобучения сотрудников промышленных компаний



3-х летний проект QTIndu (Quantum Technology Courses for Industry) с бюджетом 5,6 млн евро призван решить проблему дефицита квалифицированных кадров в области квантовых технологий для промышленности. Планируется разработка краткосрочных программ профессиональной переподготовки сотрудников предприятий из различных секторов экономики, а также дорожной карты для продвижения дополнительного квантового образования на всей территории Евросоюза.

Проект QTIndu дополнит другие европейские квантовые образовательные инициативы: QUCATS (координация научных и образовательных программ) и DigiQ (разработка программ магистратуры в области квантовых технологий).

Источник: [EU Quantum Flagship](#)

## Deutsche Telekom возглавит проект по построению европейской квантовой сети



Проект European Quantum Communication Infrastructure (EuroQCI) нацелен на развертывание квантово-защищенной сети, объединяющей все 27 государств — членов Европейского союза. При этом предполагается строительство как наземного, так и спутникового сегмента, который будет интегрирован с проектируемой сейчас европейской сетью телекоммуникационных спутников IRIS.

Участниками проекта EuroQCI помимо Deutsche Telekom стали компании Airbus Defense and Space (Airbus DS), Thales SIX, AIT, а также многочисленные академические партнёры.

Источник: [Deutsche Telekom](#)

## США будут сотрудничать с Индией в области квантовых вычислений

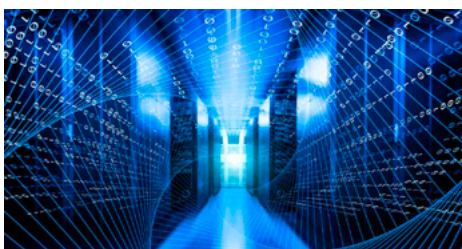


На первой официальной встрече в рамках инициативы по совместной разработке критических и возникающих технологий (iCET) представители США и Индии договорились о сотрудничестве в ряде важных направлений, в числе которых названы искусственный интеллект, квантовые и космические технологии, а также мобильные сети следующего поколения.

Для ускорения развития квантового направления стороны решили учредить отдельный координирующий орган с участием представителей индустрии, академических кругов и членов правительств двух стран.

Источник: [Белый дом](#)

## В Индии построят первый квантовый центр обработки данных



Indraprastha Quantum Data Center (IQDC) расположится в пригороде Дели. Соглашение о его строительстве было подписано правительством страны с компанией Innogress. В проекте также примет участие британская консалтинговая фирма GAN Technologies.

Параллельно компания Innogress работает над созданием технологического парка Greater Karnavati в штате Гуджарат на севере Индии. Как предполагается, в нём будет создана вся необходимая производственная и исследовательская инфраструктура, а также расположатся 10–15 компаний, работающих в сфере квантовых технологий.

Источник: [India Education Diary](#)

## [Обзор] Венчурные инвестиции в квантовые технологии



Аналитики The Quantum Insider выпустили ежегодный отчёт о состоянии квантового венчурного рынка и основных событиях в отрасли в 2022 г.

- Уровень венчурного финансирования практически не изменился за год и составил 2,2 млрд долл. Это пока существенно меньше всех государственных инвестиций в квантовые технологии (оценочно: 25–30 млрд долл./год) и менее одного процента от всех венчурных инвестиций в высокие технологии;
- Наибольший прирост в 2022 г. оказался в сегменте квантового программного обеспечения, а инвестиции в стартапы, разрабатывающие квантовые процессоры, напротив, снизились.
- Более половины всех стартапов находятся в США. Среди привлёкших финансирование стартапов 70 уже присутствовали на рынке, а 40 получили финансирование впервые.
- В целом квантовая отрасль показывает инкрементальный рост. Наиболее важными технологическими событиями 2022 г. названы появление 433-кубитного процессора IBM Osprey, достижение «квантового превосходства» с помощью 216-кубитного фотонного процессора Xanadu Borealis и демонстрация логических кубитов компанией Quantinuum.

Источник: [The Quantum Insider](#)

## Спин-офф компании Alphabet (Google) получил 500 млн долл. на квантовые разработки



Компания SandboxAQ выделилась из Alphabet год назад. В то время её штат состоял из 55 сотрудников. Компания сосредоточилась на трёх направлениях: кибербезопасность (поиск уязвимостей в существующих системах и переход к постквантовой криптографии), разработка новых лекарств с использованием классических и квантово-вдохновлённых алгоритмов, а также разработка квантовых сенсоров, в частности, магнитных датчиков для навигации.

Привлечённые венчурные инвестиции в размере 500 млн долл. являются одними из крупнейших в квантовой отрасли. Особенно примечательно, что их удалось привлечь компании — разработчику программного обеспечения.

Источник: [Reuters](#)

## Инвесторы опасаются, что D-Wave движется к финансовому краху

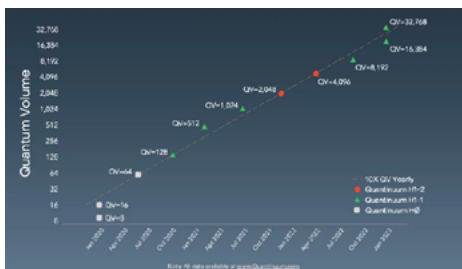


За 6 месяцев, прошедших с момента размещения акций компании на Нью-Йоркской фондовой бирже, их котировки обвалились более чем в 10 раз. Инвесторы считают, что компания уже сейчас столкнулась с серьёзным кризисом ликвидности, а для того, чтобы её технологии достигли приемлемого уровня развития, понадобится ещё долгое время и крупные инвестиции.

Канадская компания D-Wave — один из пионеров на рынке квантовых вычислений. В настоящее время полученные ей инвестиции оцениваются в 350 млн долларов. Клиентами D-Wave являются Mastercard, Deloitte и другие крупные компании.

Источник: [The Globe and Mail](#)

## Процессор Quantinuum достиг квантового объема 32768

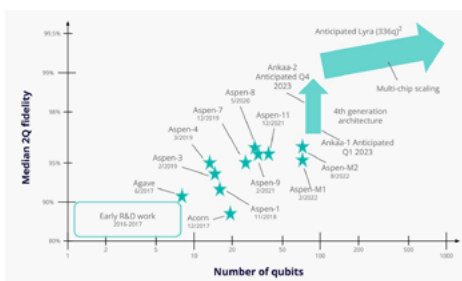


Квантовый объем позволяет сравнить реальную производительность квантовых компьютеров вне зависимости от их физической реализации. Квантовый объем процессора считается равным  $2^n$ , если на нем удалось успешно запустить  $n$ -кубитную программу с  $2^n$  операциями.

В полном соответствии с ранее заявленными планами, Quantinuum заявил о последовательном достижении с помощью 20-кубитного ионного процессора H1-1 квантовых объемов 16384 ( $2^{14}$ ) и 32768 ( $2^{15}$ ). Эти величины значительно превышают максимальный квантовый объем, достигнутый в мае 2022 г. сверхпроводниковым квантовым процессором IBM: 512 ( $2^9$ ).

Источник: [The Quantum Insider](#)

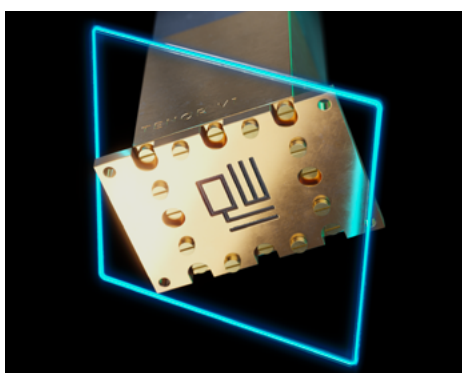
## Вместо увеличения количества кубитов Rigetti сосредоточится на их качестве



В обновленной дорожной карте в 2023 г. запланировано появление 84-кубитных процессоров Анкаа (1-ый квартал 2023 г.) и Анкаа 2. Основным отличием второго процессора должно стать повышение точности двухкубитных операций как минимум, до 99% (в представленном в 2022 г. 80-кубитном процессоре Aspen-M она составляет лишь 97%). По заявлению компании, простое увеличение количества кубитов больше не является её долгосрочной целью. Поэтому планировавшийся на конец 2023 г. выпуск 336-кубитного процессора Луга, состоящего из 4 модулей Анкаа, теперь откладывается до тех пор, пока качество кубитов не достигнет приемлемого уровня.

Источник: [Rigetti](#)

## QuantWare приступает к продажам 64-кубитного квантового процессора на сверхпроводниках

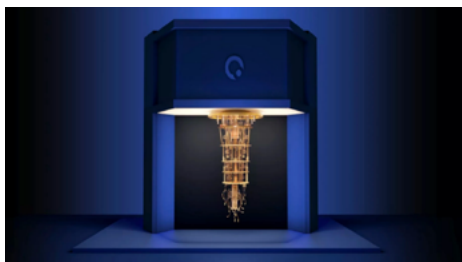


Нидерландский стартап предлагает к продаже новый 64-кубитный чип Tenor, пришедший на замену 25-кубитному Contralto. Процессор имеет настраиваемую конфигурацию, а для построения полноценного квантового компьютера заказчику понадобится также криогенная система, электронные модули управления и другие компоненты, которые могут быть приобретены у различных производителей.

Особенностью нового чипа стала 3D архитектура с вертикальными межсоединениями кубитов, которая облегчает дальнейшее масштабирование системы.

Источник: [QuantWare](#)

## Компания Origin Quantum продала свой первый квантовый компьютер

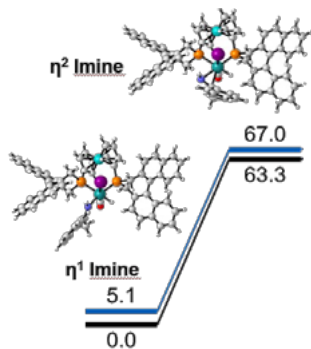


В заявлении китайской компании сообщается о продаже первого 24-кубитного квантового компьютера (имя покупателя не раскрывается). Эта сделка является важным этапом для отрасли, она свидетельствует о прогрессе в развитии и коммерциализации квантовых технологий в Китае.

Стартап Origin Quantum был создан в 2017 г. учёными Академии наук КНР. К настоящему времени он объединяет более 200 исследователей, получил более 140 млн инвестиций от частных и государственных фондов и имеет 162 патента по квантовым вычислениям.

Источник: [The Quantum Insider](#)

## SEEQC и BASF начинают применять квантовые вычисления для расчёта химических реакций

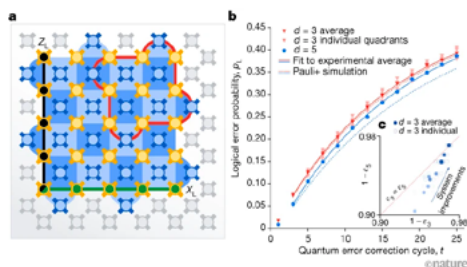


SEEQC, американская компания, занимающаяся цифровыми квантовыми вычислениями, и BASF, крупнейший в мире химический концерн, объявили о партнерстве для изучения применения квантовых вычислений в химических реакциях. SEEQC будет использовать свой квантово-вдохновлённый компьютер на базе цифровых микросхем для поддержки коммерческого моделирования реакций с участием промышленных гомогенных катализаторов. Такие реакции особенно сложно моделировать с помощью классических компьютеров. Тем не менее, именно они составляют основу отрасли, производя почти 10 миллионов тонн химических соединений и полупродуктов каждый год.

Источник: [The Quantum Insider](#)

## ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ

### Google тестирует первые прототипы логических кубитов

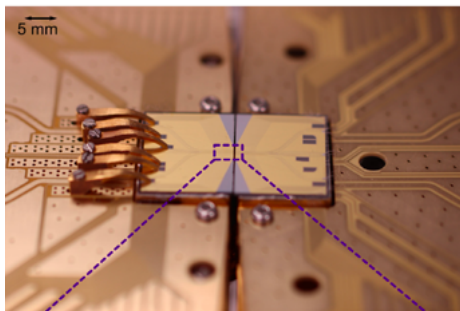


Поверхностные коды, исправляющие ошибки, были реализованы в 72-кубитном процессоре Sycamore. В процессе эксперимента часть физических кубитов процессора участвовала в вычислениях, а другая часть помогала выявлять и устранять ошибки. В проведённых тестах прототипы логических кубитов, составленные из 17 и 49 физических кубитов показали ошибки выполнения операций 3,03% и 2,91%, соответственно. Это пока много хуже заявленной цели 0,0001%, но все же демонстрирует некоторое увеличение точности операций при объединении кубитов.

Учёные опубликовали также препринт своей новой статьи, описывающей реализацию более эффективных поверхностных кодов с меньшими требованиями к качеству кубитов.

Источник: [Nature](#) [Arxiv](#)

## Физики научились переносить ионные кубиты между различными чипами

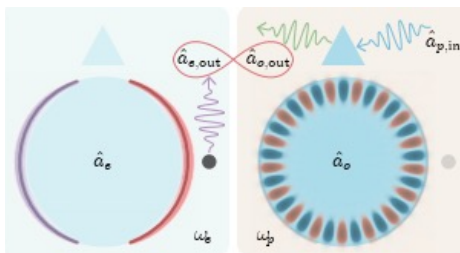


Проблема масштабирования стоит в ионных процессорах наиболее остро. Для ее решения сейчас предполагается использовать модульную архитектуру, в которой процессор разделён на отдельные чипы с зарядовой связью между ними (quantum charge-coupled device, QCCD).

Как правило, в качестве агентов для переноса квантовой информации между различными чипами используются фотоны, однако исследователи компании Universal Quantum Ltd. и Университета Сассекса впервые продемонстрировали перенос между соседними модулями непосредственно самих кубитов — ионов иттербия. Транспорт ионов был осуществлён со рекордной скоростью  $2424 \text{ с}^{-1}$ , а вероятность потери иона при этом не превышала  $7 \times 10^{-8}$ .

Источник: [N+1](#) [Nature Communications](#)

## Создано устройство для запутывания микроволновых и оптических фотонов

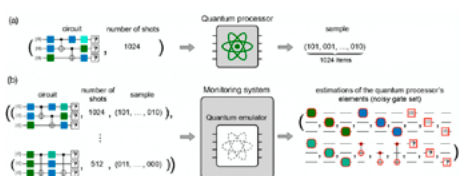


Перенос квантовой запутанности между микроволновыми цепями и фотонами осложнён из-за существенной разницы в энергии микроволновых и оптических фотонов.

Команда физиков из Института науки и технологий Австрии с помощью сверхпроводящего резонаторного электрооптического модулятора с оптической накачкой продемонстрировала чрезвычайно эффективное запутывание оптических и микроволновых фотонов в милликельвиновом диапазоне температур. Этот результат существенно упрощает масштабирование сверхпроводниковых вычислительных систем и создание сетей распределённых квантовых вычислений.

Источник: [Arxiv](#)

## Российские учёные предложили способ непрерывного мониторинга характеристик квантового процессора

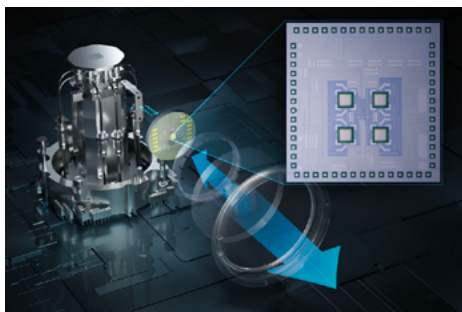


Из-за взаимодействия с окружающей средой параметры квантового компьютера ухудшаются со временем. Чтобы предотвратить это, проводится калибровка квантовых процессоров, но она увеличивает время вычислений или совсем останавливает рабочий процесс. Разработанный учёными Российского квантового центра и МИСиС алгоритм позволяет непрерывно оценивать поведение базовых элементов квантового процессора на основе анализа информации, полученной после запуска пользовательских цепочек.

Преимущество подхода заключается в том, что он значительно экономит вычислительное время и сокращает ресурсы, необходимые для калибровки. Система мониторинга использует данные из реализованных алгоритмов и не требует запуска дополнительных процедур.

Источник: [Phys.Rev.Applied](#)

## Беспроводной передатчик для квантового процессора

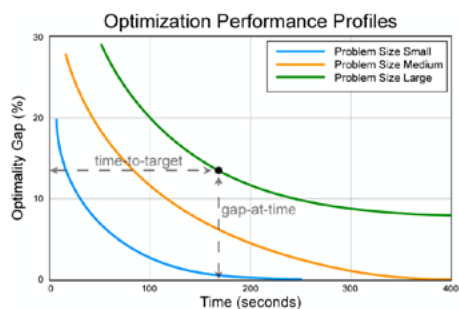


Наличие многочисленных электрических кабелей, соединяющих сверхпроводниковый квантовый чип с внешними модулями, не только усложняет его конструкцию, но и приводит к существенной диссипации энергии в системе.

Учёные MIT разработали миниатюрный беспроводной передатчик, работающий в терагерцовом диапазоне, который позволяет принимать и передавать информационные и управляющие сигналы между кубитами и внешними электронными модулями. Передатчик имеет размер около 2 мм и представляет собой массив микрзеркал, способных отражать терагерцовое излучение. Потребление энергии в новом устройстве снижено в 10 раз по сравнению с передачей с помощью электрических кабелей.

Источник: [MIT](#)

## Универсальные квантовые компьютеры превосходят адиабатические при решении задач оптимизации

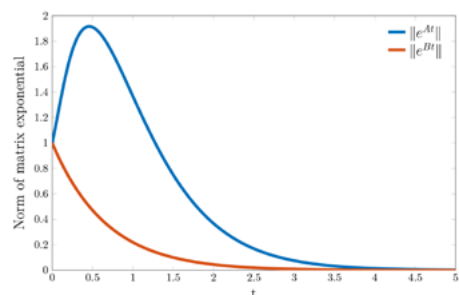


Большая группа учёных из Национальной лаборатории в Лос-Аламосе, НАСА, компаний QCI и D-Wave, а также ряда американских университетов представила универсальный тест, основанный на решении задачи максимального разреза (max-cut problem), который позволяет выбрать наилучшую систему для решения конкретной оптимизационной задачи с точки зрения баланса между скоростью и точностью вычислений.

Анализ показал, что универсальные (гейтовые) квантовые компьютеры, использующие оптимизационный алгоритм QAQA, превосходят квантовые аннилеры в большинстве задач. При этом сверхпроводниковые процессоры оказались лидерами по скорости вычислений, а ионные показали наилучшие по точности результаты.

Источник: [Arxiv](#)

## Новый алгоритм обеспечит экспоненциальное преимущество при решении любых дифференциальных уравнений



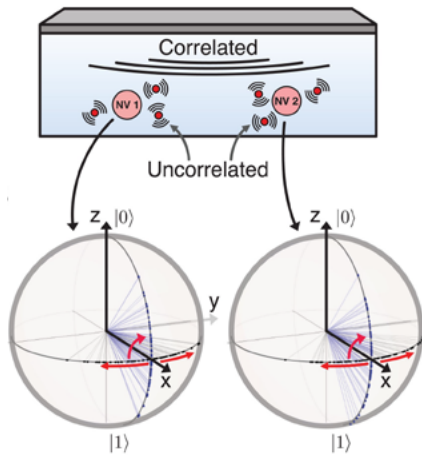
В отличие от других квантовых алгоритмов, которые решают системы дифференциальных уравнений лишь для определённых классов задач, ограниченных условием диагонализруемости матрицы операторов, новый алгоритм британской компании Riverline подходит для решения абсолютно любых систем линейных и нелинейных уравнений. Другим его преимуществом является экспоненциально более низкая чувствительность к шумам.

Решение систем дифференциальных уравнений — неотъемлемая часть вычислительных задач гидро- и аэродинамики, физики плазмы и физики высоких энергий.

Источник: [Quantum](#)



## Квантовый магнетометр на основе NV-центров в алмазе с высоким пространственным и временным разрешением

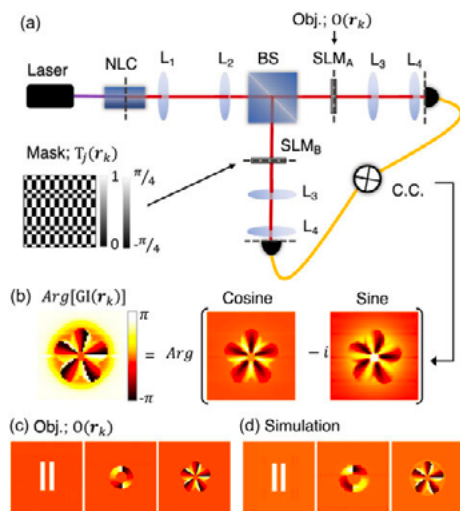


В оптических магнетометрах с использованием азотных вакансий в алмазе (NV-центров) магнитное поле обычно определяется путем усреднения последовательных измерений флуоресценции одиночных центров или же через пространственное усреднение по ансамблям многих центров, что не даёт возможности определить локальные значения полей.

Группа физиков из Принстонского университета предложила и реализовала новый подход, при котором анализируются временные и пространственные корреляции оптических сигналов двух или нескольких NV-центров. Математическая обработка этих данных позволяет получить точную информацию и о средних значениях магнитного поля, и о его локальных значениях в ближайшей окрестности вакансий.

Источник: [Science](#)

## Квантовые эффекты помогли визуализировать сложные объекты с помощью однопиксельной камеры



Концепция «призрачной визуализации» (ghost imaging) утверждает, что изображение можно построить не только из фотонов, которые отразились от объекта, но и из тех, что были в состоянии квантовой запутанности с первыми. До сих пор считалось, что таким образом можно восстановить изображения только самых простых объектов.

Учёные Витватерстрандского университета в ЮАР разработали корреляционную систему регистрации «призрачных изображений» с использованием пространственного модулятора света и однопиксельного детектора, которая позволила полностью восстановить и амплитудные и фазовые характеристики отражённого света. При этом метод позволяет визуализировать даже прозрачные объекты, такие как живые клетки.

Источник: [Optica](#)

### Quantum Business Europe



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**

Формат: **онлайн**

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

### 2<sup>nd</sup> International Workshop on Quantum Software Analysis, Evolution and Reengineering (Q-SANER 2023)



Международный симпозиум по квантовому программированию. Включает секции по архитектуре и эволюции квантовых программ и эмуляторов квантовых компьютеров, а также по реинжинирингу квантовых программных систем.

Даты: **21–24 марта**

Страна: **Китай**

Формат: **очный**

Web: <https://q-se.github.io/qsaner2023/>

### SPIE Optics + Optoelectronics 2023



Центральный международный форум в области оптики и оптоэлектроники. Отдельная секция будет посвящена квантовой оптике и квантовым оптическим технологиям.

Даты: **24–27 апреля**

Страна: **Чехия**

Формат: **очный**

Web: <https://spie.org/conferences-and-exhibitions/optics-and-optoelectronics?S-SO=1>

### 2<sup>nd</sup> annual Commercialising Quantum Global



Наиболее представительный международный форум, входящий в список Economist Impact и посвященный коммерциализации квантовых технологий. Участники руководители крупнейших компаний индустрии: IBM, Ernst & Young, Roche, JPMorgan Chase, HSBC и многих других.

Виртуальное участие бесплатно.

Даты: **17–18 марта**

Страна: **Великобритания**

Формат: **очный/онлайн**

Web: <https://events.economist.com/commercialising-quantum/>