



# КВАНТОВЫЙ ДАЙДЖЕСТ

НКЛ

Национальная  
Квантовая  
Лаборатория



Июнь 2023 г.



## НАЦИОНАЛЬНЫЕ КВАНТОВЫЕ ПРОГРАММЫ

- 02 McKinsey опубликовала очередной выпуск Quantum Technology Monitor  
В Китае запущена национальная квантовая облачная платформа  
Белый дом разработал нацстратегию стандартов для критических и возникающих технологий  
Германия представила дорожную карту по разработке универсального квантового компьютера
- 03 Французская компания ATOS участвует в создании первого квантового центра в Бразилии  
Австралийское правительство одобрило национальную квантовую стратегию



## КВАНТОВАЯ ИНДУСТРИЯ

- 04 IBM создаст к 2033 г. 100,000-кубитный «квантово-центричный» суперкомпьютер  
Прогресс в создании гибридных центров обработки данных  
Новый процессор от Quantinuum демонстрирует рекордную производительность  
Moody's использует квантовые методы для поиска признаков экономической рецессии
- 05 NVIDIA, Rolls-Royce и Classiq используют квантово-вдохновлённые алгоритмы для разработки авиадвигателей  
Военные ведомства США и Великобритании проводят полевые испытания квантовых сенсоров  
IBM предлагает план перехода к постквантовой криптографии



## ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ

- 06 Учёные продолжают дискуссии вокруг практического квантового превосходства  
Две группы физиков смоделировали неабелевы энионы на квантовых компьютерах  
Неравенства Белла проверили на сверхпроводящих кубитах
- 07 Учёные решают проблему масштабируемости кремниевых квантовых процессоров  
Трёхмерная оптическая решётка позволяет удерживать десятки тысяч атомов  
Российские учёные с помощью двух кудитов построили универсальный набор вентиляей
- 08 Российская математическая модель оптимизировала спутниковую квантовую связь  
Запутанные фотоны удвоили разрешение оптического микроскопа



## БЛИЖАЙШИЕ МЕРОПРИЯТИЯ

- 09 International Conference on Computer Technology and Information Science (CTIS 2023)  
Optica Quantum 2.0 Conference and Exhibition  
Форум будущих технологий. Вычисления и связь. Квантовый мир  
Quantum Business Europe
- 10 IEEE Quantum Week  
Quantum Latino 2023

### McKinsey опубликовала очередной выпуск Quantum Technology Monitor

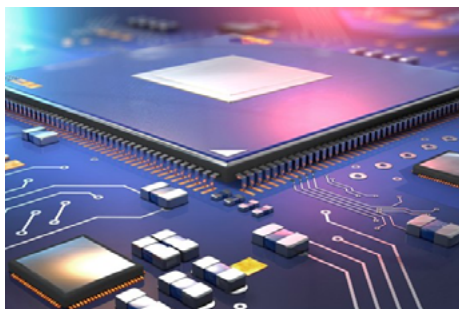


В традиционном обзоре McKinsey & Co отмечен ряд важных фактов об отрасли:

- Государственные инвестиции продолжают свой рост: в 2022 г. бюджеты национальных программ выросли в США на 1,8 млрд долл., в ЕС — на 1,2 млрд долл., в Канаде — на 100 млн долл.;
- Объём венчурных инвестиций не изменился по сравнению с прошлым годом и составил 2,35 млрд долл. Инвестиции в основном осуществлялись в расширение существующих компаний. Среди лидеров — SandboxAQ и Rigetti (США), D-wave (Канада) и Origin Quantum (Китай);
- Количество научных публикаций и патентов по квантовым технологиям за год снизилось на 5% и 61%, соответственно. Это может свидетельствовать об окончании стадии накопления знаний и переходу к коммерциализации;
- Сейчас квантовые вычисления наиболее востребованы в химической и автомобильной промышленности, финансовом секторе и в науках о жизни. К 2035 г. объём соответствующих смежных рынков составит около 1,3 трлн долл.
- Количество квантовых магистерских программ за год удвоилось, однако дефицит специалистов сохраняется. Сейчас университеты обеспечивают 1/2 от текущей потребности в специалистах, против 1/3 годом ранее.

Источник: [McKinsey](#)

### В Китае запущена национальная квантовая облачная платформа



В настоящее время она обеспечивает доступ к трём квантовым компьютерам на основе 10, 18 и 136 сверхпроводниковых кубитов. В создании платформы приняли участие учёные Пекинской академии квантовых информационных наук, Академии наук КНР и университета Цинхуа, а в тестировании приняли участие более 2000 китайских и зарубежных учёных.

Платформа совместима с разработанным IBM языком квантового ассемблера OpenQASM и обладает удобным графическим интерфейсом, облегчающим работу начинающим пользователям. Ожидается, что в ближайшее время платформа обеспечит доступ и к обновлённому 176-кубитному процессору Zuchongzhi-2, разработанному Университетом науки и технологий Китая.

Источник: [China Daily](#) [Xinhua](#)

### Белый дом разработал нацстратегию стандартов для критических и возникающих технологий



Целью документа является укрепление лидерства США в выработке международных стандартов в новых отраслях. Стратегия предусматривает увеличение инвестиций в исследования, «предшествующие стандартизации» для продвижения инноваций. Также власти намерены работать с иностранными партнерами для расширения участия США в выработке международных стандартов.

Особая роль в документе отводится стандартизации квантовых технологий, развитие которых, по мнению авторов, должны «существенно усилить инновационную экосистему и конкурентоспособность США».

Источник: [Белый дом](#)

## Германия представила дорожную карту по разработке универсального квантового компьютера



Бюджет проекта составляет 3 млрд евро, из которых 1,37 млрд евро выделяются федеральным правительством, 800 млн — различными государственными исследовательскими институтами. Остальное финансирование будет привлечено из средств частного капитала. В рамках программы до 2026 г. в ФРГ должен быть создан как минимум 100-кубитный квантовый компьютер, готовый к дальнейшему масштабированию до 500 кубитов.

Как подчёркивается, развитие технологий квантовых вычислений позволит стране укрепить технологический суверенитет и в будущем составить конкуренцию странам-лидерам: США и КНР.

Источник: [BMBF](#)

## Французская компания ATOS участвует в создании первого квантового центра в Бразилии



Решение о выделении 11 млн долларов на строительство специализированного центра компетенций в области квантовых технологий было принято правительством Бразилии в декабре 2022 г. В недавнем пресс-релизе со-организаторами Latin America Quantum Computing Center (LAQCC) объявлены ведущий бразильский образовательный и исследовательский институт SENAI CIMATEC, а также французская компания ATOS, которая предоставит для нужд LAQCC программный эмулятор квантового компьютера ATOS QLM.

На начальном этапе задачами центра станут поиск перспективных приложений квантовых вычислений, а также интеграция квантовых и суперкомпьютерных вычислений.

Источник: [Пресс-релиз](#)

## Австралийское правительство одобрило национальную квантовую стратегию

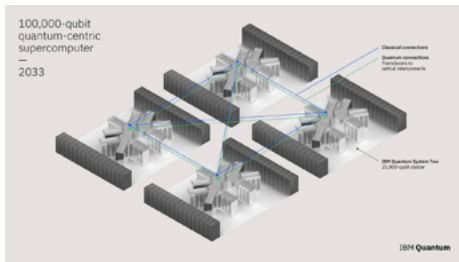


По мнению авторов документа, квантовая индустрия Австралии к 2030 г. сможет создать 8700 новых рабочих мест и обеспечить объем рынка порядка 1,5 млрд долларов США. План мероприятий включает исследовательские и образовательные инициативы, мероприятия по стандартизации и построению национальной квантовой экосистемы.

Финансирование мероприятий будет осуществляться из средств 15-миллиардного National Reconstruction Fund. В бюджете фонда 675 млн долл. США предусмотрено на развитие критических технологий: искусственного интеллекта, квантовых технологий, робототехнику и разработку ПО.

Источник: [Правительство Австралии](#)

## IBM создаст к 2033 г. 100,000-кубитный «квантово-центричный» суперкомпьютер



Гибридный суперкомпьютер будет включать в себя четыре 25,000-кубитных квантовых компьютера Quantum System Two связанные между собой и с классическими серверами волоконно-оптическими линиями. Промежуточными целями дорожной карты являются:

- Изготовление до конца 2023 г. 133-кубитного чипа Heron нового поколения, на основе которого будут созданы модульные процессоры с десятками тысяч кубитов;
- Демонстрация архитектуры Quantum System Two, имеющую модульную структуру и широкие возможности для масштабирования;
- Разработка системного ПО, обеспечивающего оптимальное взаимодействие классической и квантовой подсистем.

Партнерами по проекту выступают университеты Чикаго и Токио.

Источник: [IBM](#)

## Прогресс в создании гибридных центров обработки данных

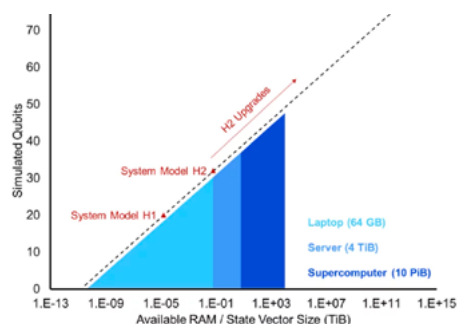


В Нидерландах компании Quix и QMware создают гибридный ЦОД, архитектура которого основана на глубокой интеграции фотонного квантового процессора и классического суперкомпьютера. За счёт минимальной латентности и оптимальной организации вычислений предполагается получить выигрыш в производительности для некоторых задач в 10 раз и более. ЦОД сосредоточится на решении задач оптимизации и машинного обучения.

Аналогичную задачу решает комбинированный ЦОД, создаваемый немецким разработчиком модульных суперкомпьютеров ParTec и израильской компанией Quantum Machines. Компании планируют впервые реализовать возможность параллельного выполнения гибридных вычислений, запускаемых различными пользователями.

Источник: [Quix](#) [Quantum Machines](#)

## Новый процессор от Quantinuum демонстрирует рекордную производительность



Quantinuum (бывшая Honeywell Quantum) опубликовала результаты тестирования ионного процессора следующего поколения H2-1. 32-кубитный процессор построен на основе архитектуры QCCD, открывающей возможность дальнейшего масштабирования. Средняя величина ошибок одно- и двухкубитных операций не превышает, соответственно,  $2,5 \times 10^{-5}$  и  $1,84 \times 10^{-3}$ , а подтверждённый экспериментом квантовый объём составил рекордные  $2^{16}$ .

Учёные впервые получили запутанное состояние всех 32 кубитов с достоверностью 82%, что существенно превышает предыдущий мировой рекорд, а также провели многочисленные сравнительные тесты, доказывающие рекордную производительность устройства.

Источник: [The Quantum Insider](#) [Arxiv](#)

## Moody's использует квантовые методы для поиска признаков экономической рецессии



Для оценки текущих макроэкономических показателей и прогнозирования развития экономики Moody's традиционно использует набор собственных вычислительных инструментов. В совместной работе Moody's Analytics с учёными Rigetti Computing и Imperial College London впервые описан новый подход к прогнозированию экономической рецессии с использованием комбинации классического сигнатурного анализа и квантового машинного обучения.

Апробация модели на основе исторических макроэкономических данных 1978-2023 гг. доказало существенное преимущество комбинированного подхода. Аналитикам удалось добиться точности прогнозирования рецессии 86% против 79%, достигаемых с помощью классических схем.

Источник: [Medium.com](https://www.medium.com)

## NVIDIA, Rolls-Royce и Classiq используют квантово-вдохновлённые алгоритмы для разработки авиадвигателей

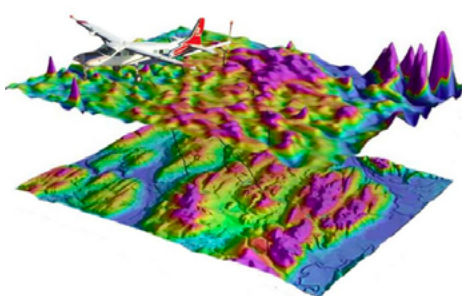


Самая большая в мире квантовая модель для расчёта аэро- и гидродинамических процессов была создана с помощью программного эмулятора квантового компьютера на базе графических ускорителей NVIDIA A100 с тензорными ядрами. Учёным удалось таким образом представить квантовую цепь глубиной в 10 млн слоёв, что пока недостижимо для существующих квантовых компьютеров.

В дальнейшем квантово-вдохновлённые и квантовые модели Rolls-Royce планирует использовать при конструировании новых авиадвигателей.

Источник: [The Quantum Insider](https://www.thequantuminsider.com)

## Военные ведомства США и Великобритании проводят полевые испытания квантовых сенсоров



Использование геомагнитного поля для аэронавигации привлекательно тем, что оно, очевидно, доступно в любой точке мира, и, в отличие от GPS, его практически невозможно намеренно заблокировать или исказить, особенно на расстоянии. В рамках полётных испытаний с BBC США спин-офф компании Google SandboxAQ впервые успешно протестировал прототип навигационной системы на основе сверхчувствительных квантовых магнитометров.

В Великобритании исследовательское судно Королевского ВМФ приступило к испытаниям разработанного в Имперском колледже инерционного навигационного устройства на базе квантовых гироскопа и акселерометра. В будущем такие устройства будут использоваться, в частности, в системах навигации подводных лодок.

Источник: [SandboxAQ](https://www.sandboxaq.com) [Imperial College London](https://www.imperial.ac.uk)



## IBM предлагает план перехода к постквантовой криптографии



На первом этапе клиенты компании могут использовать специальную утилиту для сканирования своих информационных систем, формирования перечня узлов, использующих криптографические схемы, и оценивания их устойчивости к квантовым угрозам. Затем проводится аудит данных для определения степени их критической важности для компании на протяжении всего жизненного цикла. Наконец, на заключительном этапе используется автоматизированная система для квантового-устойчивого шифрования данных. Система имеет модульный характер и позволяет в дальнейшем менять алгоритмы шифрования на более эффективные, по мере их появления.

Кроме программного комплекса IBM дополнительно предлагает клиентам воспользоваться набором аппаратных модулей для хранения данных с постквантовой защитой.

Источник: [IBM](#)

## ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ

### Учёные продолжают дискуссии вокруг практического квантового превосходства

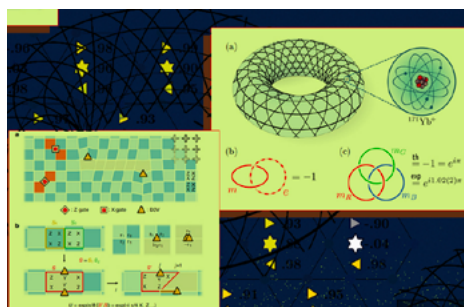


Учёные из ETH Zurich и Microsoft проанализировали производительность гипотетического квантового компьютера с 10 тыс. связанных между собой логических кубитов, появление которого возможно в ближайшее десятилетие. По мнению авторов, низкая рабочая частота квантовых систем станет проблемой при работе с большими данными и в решении задач линейной алгебры. Маловероятно также, что широкое применение на практике найдут алгоритмы, обеспечивающие лишь квадратичное или полиномиальное ускорение (алгоритмы машинного обучения, квантового Монте-Карло и другие). Круг перспективных направлений сужается таким образом до задач с небольшим количеством входных данных и возможностью суперполиномиального ускорения — в первую очередь это задачи криптоанализа и квантово-химического моделирования.

Дискуссии вокруг «полезного» квантового превосходства идут давно. Учёные сходятся на том, что реалистичные оценки пока провести очень сложно из-за огромного количества факторов, которые необходимо принимать во внимание.

Источник: [Communications of the ACM](#)

### Две группы физиков смоделировали неабелевы энионы на квантовых компьютерах



Энионами называют гипотетические квазичастицы, которые являются обобщением бозонов и фермионов и не могут быть четко отнесены к одной из этих групп. Интерес к ним вызван потенциальной возможностью их использования для защищённых от ошибок квантовых вычислений.

Физикам уже удалось экспериментально найти следы частиц со свойствами энионов в двумерных материалах. Другой подход основан на симуляции волновой функции неабелевых энионов с помощью ресурсов квантового процессора. Именно это впервые удалось сделать независимо двум группам: команде Google Quantum AI, работающей на сверхпроводящем квантовом компьютере, и команде Quantinuum, в распоряжении которой есть квантовый компьютер на ионах.

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

## Неравенства Белла проверили на сверхпроводящих кубитах

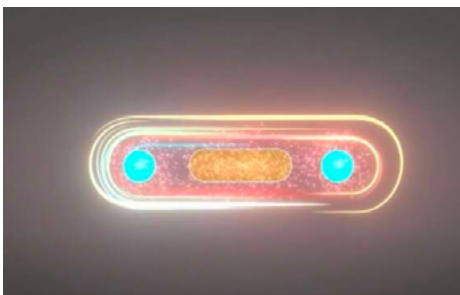


Факт того, что квантовая физика не следует принципу локальной причинности (что два удаленных объекта не могут влиять друг на друга), может быть экспериментально доказан в Белловских тестах, проводимых на парах пространственно-разделенных, связанных квантовых систем.

Физики из Швейцарской высшей технической школы Цюриха с коллегами из нескольких стран проверили неравенства Белла на сверхпроводящих кубитах, разнесённых друг от друга на максимальное расстояние 30 метров, и добились очень короткого (не более 50 наносекунд) времени считывания. В отличие от множества проведённых ранее экспериментов это впервые позволило гарантировать, что никакой гипотетический скрытый сигнал не смог бы повлиять на результаты проверки.

Источник: [N+1](#) [Nature](#)

## Учёные решают проблему масштабируемости кремниевых квантовых процессоров

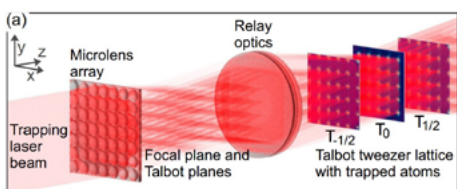


Естественная запутанность, вызванная близостью спиновых кубитов, ограничена расстоянием в несколько десятков нанометров, что затрудняет изготовление больших чипов с огромным количеством межсоединений.

Инженеры из Университета Нового Южного Уэльса добились прорыва в решении этой проблемы с помощью «желеобразных» (JellyBean) квантовых точек. Квантовые точки являются узлами соединения между спиновыми кубитами в кремниевом чипе и позволяют размещать их на большем расстоянии друг от друга. Это создаёт больше пространства для организации межсоединений при сохранении взаимодействия пар кубитов друг с другом.

Источник: [Advanced Materials](#)

## Трёхмерная оптическая решётка позволяет удерживать десятки тысяч атомов

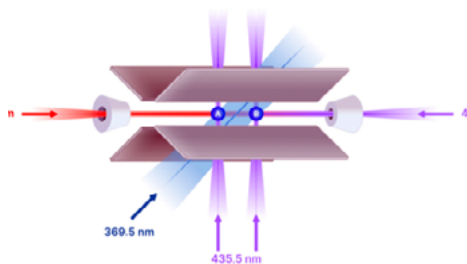


Учёные из Дармштадтского технического университета предложили оригинальный метод создания трёхмерных оптических решеток. Он основан на явлении, которое носит название эффект Тальбота — эффект дифракции плоской волны, в результате которого формируются повторяющиеся в пространстве области повышенной и пониженной интенсивности. Учёным удалось сформировать таким образом трёхмерную решётку из 17 слоёв, по 777 ячеек в каждом и полностью загрузить её атомами рубидия-85. Они выяснили, что общее число атомов, которое можно будет пленить таким способом, может быть доведено до ста тысяч, если увеличить мощность лазера в пять раз. Помимо этого, авторы продемонстрировали возможности индивидуальной адресации атомов.

Вероятно, предложенный подход поможет решить основную проблему нейтрально-атомной платформы — сложность её масштабирования.

Источник: [N+1](#) [Phys. Rev. Lett.](#)

## Российские учёные с помощью двух кудитов построили универсальный набор вентиляей



Если в квантовом компьютере существует универсальный набор вентиляей, то с его помощью можно выполнить любую квантовую программу или имитировать любое физическое явление.

Учёные ФИАН и Российского квантового центра в рамках выполнения проекта Дорожной карты квантовых вычислений и проекта ЛИЦ впервые продемонстрировали полный набор одно- и двухкубитных операций, связав два 4-уровневых кудита на основе ионов иттербия и создав таким образом аналог 4-кубитного процессора. Точность выполнения операций пока ограничивается внешними условиями, но будет увеличена в процессе дальнейшей оптимизации установки. В перспективе кудиты позволяют реализовать квантовые цепи значительно большей глубины, чем традиционные кубиты.

Источник: [Physical Review A](#)

## Российская математическая модель оптимизировала спутниковую квантовую связь

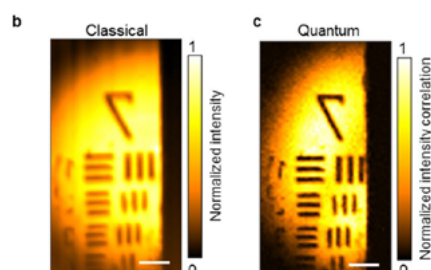


Коллектив ученых МФТИ, МИСИС и Российского квантового центра предложил полуэмпирическую модель квантового распределения ключей между спутником и наземной станцией. Она послужит для разработки и анализа группировки спутников для квантового распределения ключей.

Разработанный подход использует экспериментально полученные коэффициенты атмосферного затухания для ясных и для туманных погодных условий. Проверка модели и феноменологических параметров была проведена с использованием данных с китайского спутника «Мо-Цзы». Выполненные расчеты позволяют значительно ускорить практическое моделирование квантового канала связи.

Источник: [МИСИС](#) [Entropy](#)

## Запутанные фотоны удвоили разрешение оптического микроскопа



Исследователи Калифорнийского технологического университета продемонстрировали эффект сверхразрешения с использованием запутанных фотонов. Запутанная пара разделяется на сигнальный фотон, проходящий через исследуемый объект, и вспомогательный фотон, проходящий через параллельный оптический путь. В запутанном состоянии бифотоны, даже во время движения по двум отдельным путям, ведут себя как единый объект с длиной волны вдвое меньше, чем у исходного фотона. Технология позволяет таким образом в два раза повысить разрешение полученных снимков не уменьшая длину волны излучения.

Обнаруженный эффект предлагается использовать для неинвазивной визуализации живых объектов, таких как клетки.

Источник: [Nature Communications](#)



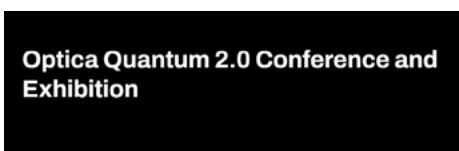
### International Conference on Computer Technology and Information Science (CTIS 2023)



На международной конференции по компьютерным и информационным наукам в этом году отдельный блок будет посвящён квантовым вычислениям. Также в рамках конференции состоится отдельный симпозиум, темами которого станут: квантовые вычисления, квантовая связь, квантовый радар и квантовые игры.

Даты: **17–19 июня**  
Страна: **Китай (Ухань)**  
Формат: **очный**  
Web: <http://www.icctis.org/Default.aspx>

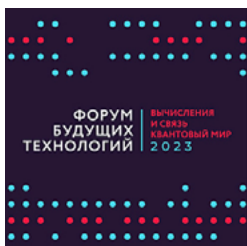
### Optica Quantum 2.0 Conference and Exhibition



Quantum 2.0 предоставит платформу для обсуждения новых достижений в квантовой отрасли области. Приглашённые участники — лауреаты Нобелевской премии по физике 2022 года Ален Аспект, Джон Ф. Клаузер и Антон Цайлингер, а также Райнер Блатт, Герхард Ремпе и другие ключевые фигуры в мире квантовой оптики.

Даты: **18–22 июня**  
Страна: **США (Денвер, Колорадо)**  
Формат: **очный/онлайн**  
Web: [https://www.optica.org/en-us/events/topical\\_meetings/quantum/about](https://www.optica.org/en-us/events/topical_meetings/quantum/about)

### Форум будущих технологий. Вычисления и связь. Квантовый мир



Мероприятие собирает учёных из ведущих университетов и исследовательских центров мира, экспертов и представителей бизнеса, работающих над созданием и внедрением решений на основе квантовых технологий. Форум проводится в рамках мероприятий Десятилетия науки и технологий в России. Организаторами мероприятия выступают Российский квантовый центр, проектный офис по квантовым технологиям Госкорпорации «Росатом» и Фонд Росконгресс.

Даты: **10–14 июля**  
Страна: **Россия, Москва**  
Формат: **очный**  
Web: <https://roscongress.org/events/forum-tehnologiy-budushchego-kvantovyy-mir/about/>

### Quantum Business Europe



3-й европейский саммит, посвященный коммерциализации квантовых технологий. Среди более чем 1500 участников — госслужащие, представители крупного бизнеса, предприниматели и учёные.

В рамках саммита также пройдёт выставка.  
Даты: **25–26 сентября**  
Страна: **Франция (Париж)**  
Формат: **очный**  
Web: <https://www.quantumbusinesseurope.com/>

## IEEE Quantum Week



Крупная ежегодная конференция по квантовым вычислениям, организуемая некоммерческой инженерной ассоциацией США, объединит учёных инженеров и предпринимателей из различных стран мира.

Возможно дистанционное участие.

Даты: **17–22 сентября**

Страна: **США (Вашингтон)**

Формат: **очный/онлайн**

Web: <https://qce.quantum.ieee.org/2023/>

## Quantum Latino 2023



Первая в Латинской Америке конференция по квантовым технологиям объединит учёных, работающих в регионе, и приглашённых спикеров.

Возможно дистанционное участие.

Даты: **10–12 октября**

Страна: **Перу (Лима)**

Формат: **очный/онлайн**

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