



КВАНТОВЫЙ ДАЙДЖЕСТ

НКЛ

Национальная
Квантовая
Лаборатория



Июнь 2022 г.

НАЦИОНАЛЬНЫЕ КВАНТОВЫЕ ПРОГРАММЫ

- 02 В России получен патент на квантовый процессор на базе многоуровневых кудитов
Президент США подписал два важных указа о квантовых технологиях
В США разрабатывается дорожная карта производственных технологий для квантовой отрасли
Минэнерго США профинансирует разработку повторителей для квантовых сетей
- 03 Два европейских суперкомпьютерных центра приобретают квантовые вычислители Pasqal
Нидерланды инвестируют 1,1 млрд евро в разработку и производство фотонных чипов
На Давосском форуме заявлено о важности квантовых технологий в борьбе с изменением климата

04 КВАНТОВАЯ ИНДУСТРИЯ

- IBM, Rigetti и IonQ поделились будущими планами
«Квантовые единороги» увеличили свои убытки в первом квартале 2022 г.
- 05 CaixaBank на 90% ускорил расчеты при составлении оптимального инвестиционного портфеля
Выпущено коммерческое приложение для оптимизации загрузки воздушного судна
Новые проекты и партнерства в автомобильной индустрии: BMW/Pasqal, VW/Terra Quantum
- 06 Google и SandboxAQ предлагают план перехода к постквантовой криптографии
QSecure реализует концепцию «квантовая безопасность-как сервис» (QSaaS)

ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ

- 07 Первая демонстрация защищенных от ошибок универсальных квантовых вентиляей
Физики смогли телепортировать кубиты между разделёнными узлами квантовой сети
В IBM научились настраивать индивидуальные свойства сверхпроводниковых кубитов
Атомы иттербия впервые использованы для нейтрально-атомных вычислений
- 08 [Обзор] Практическое использование нейтрально-атомных квантовых компьютеров в индустрии
Улучшена эффективность оптических квантовых вентиляей
Блочные коды коррекции ошибок для систем с небольшим количеством кубитов
- 09 Квантовый компьютер использовали для расчета свойств квантовых материалов
Оценена роль квантового туннелирования при мутациях ДНК

БЛИЖАЙШИЕ МЕРОПРИЯТИЯ

- 10 Летняя школа РКЦ и ГК Росатом «Начала физики ультрахолодных атомов и ионов»
Qiskit Global Summer School 2022: Quantum Simulations
17th Conference on the Theory of Quantum Computation, Communication and Cryptography
Many-Body Quantum Systems: From Quantum Computing and Simulation to Metrology and Coherent Light-Matter Hybrids

В России получен патент на квантовый процессор на базе многоуровневых кудитов



Ученые из Российского квантового центра запатентовали архитектуру квантового процессора на основе кудитов. Новая архитектура делает квантовые процессоры существенно экономичнее, так как позволяет уменьшить число частиц, необходимых для хранения и обработки данных. Технически архитектура реализована в прототипе квантового компьютера на ионах, который был разработан в России в конце 2021 г. За рубежом в этом же направлении работают три научных группы — американская Rigetti Computing, австрийский стартап AQT и физики Пекинского университета.

Получение патента на физическую реализацию нового подхода позволит в перспективе подтвердить значимость отечественных разработок на мировом уровне и закрепить исключительное право на архитектуру кудитного процессора.

Источник: [ТАСС](#)

Президент США подписал два важных указа о квантовых технологиях



Согласно первому указу, консультационный совет национальной квантовой программы из ведения Министерства энергетики переводится в прямое подчинение Белому дому. Таким образом Президент, Конгресс и федеральные органы власти смогут напрямую получать актуальную информацию о развитии нового технологического направления.

Второй документ — «Меморандум о национальной безопасности» — обосновывает необходимость адаптации критических информационных систем к новым стандартам безопасности. Процесс отбора постквантовых алгоритмов шифрования практически завершен, но переход на них потребует еще значительного времени и ресурсов. Начинать внедрение постквантового шифрования, по мнению Белого Дома, следует немедленно.

Источник: [Белый дом](#)

В США разрабатывается дорожная карта производственных технологий для квантовой отрасли



Национальный институт стандартов и технологий (NIST) выделил 2 млн долларов на разработку дорожных карт технологий производства критических компонентов и устройств в 7 важнейших для страны направлениях: строительство крупных инфраструктурных объектов, низкоуглеродная энергетика, производственный сектор, новые материалы, космические, телекоммуникационные и квантовые технологии. Основной задачей новой инициативы является локализация стратегически важных производств на территории США.

Дорожную карту производственных технологий для квантовой отрасли разработает научно-исследовательский институт SRI International. Размер выделенного гранта составил 299,1 тыс. долларов.

Источник: [NIST](#)

Минэнерго США профинансирует разработку повторителей для квантовых сетей



В сентябре 2021 г. компания Qconnect выпустила на рынок первые доступные коммерческие элементы квантовой памяти — необходимого элемента для построения распределенных сетей с квантовой защитой данных. Новый грант Министерства энергетики в размере 1.85 млн долларов позволит Qconnect создать новое поколение квантовой памяти, а также компактный источник запутанных фотонов.

Министерство энергетики США в 2020 г. провозгласило создание квантового интернета одной из ключевых задач Национальной квантовой инициативы. В том же году была представлена стратегия и проект дорожной карты развития этого направления.

Источник: [The Quantum Insider](#)

Два европейских суперкомпьютерных центра приобретают квантовые вычислители Pasqal



В рамках проекта HPCQS по включению квантовых компьютеров в экосистему высокопроизводительных вычислений квантовые симуляторы Pasqal со 100 кубитами будут установлены в суперкомпьютерных центрах Юлиха (Германия) и СЕА/TGCC (Франция). Процессоры Pasqal будут интегрированы с классическими суперкомпьютерами для ускорения решения задач оптимизации и машинного обучения и для квантово-химических расчетов. Интеграцию систем планируется полностью завершить во второй половине 2023 г.

Бюджет проекта HPCQS составляет 12 млн евро. Его участниками являются 15 организаций из 6 европейских стран.

Источник: [Pasqal](#)

Нидерланды инвестируют 1,1 млрд евро в разработку и производство фотонных чипов



Средства выделены на строительство фабрики по производству интегрально-оптических компонентов и устройств и создание не менее 200 стартапов. Программа рассчитана на 6 лет и финансируется Национальным фондом развития (470 млн евро) и партнерскими организациями. Координирует программу консорциум Photon Delta, включающий в себя 26 компаний, 11 промышленных и 12 академических партнерских организаций.

К 2030 г. консорциум планирует создать экосистему, обслуживающую не менее 100 международных компаний и наладить производство на уровне 100,000 пластин в год. Основными потребителями элементов интегральной фотоники являются производители фотонных квантовых процессоров, телекоммуникационных систем и биомедицинских датчиков.

Источник: [Photon Delta](#)

На Давосском форуме заявлено о важности квантовых технологий в борьбе с изменением климата



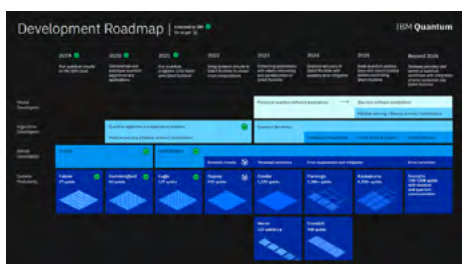
Американская компания — разработчик фотонных квантовых компьютеров PsiQuantum объявила в Давосе о старте инициативы Qclimate. Задачей Qclimate является решение вычислительных проблем, важных для обеспечения низкоуглеродного развития мировой экономики. Для реализации своей миссии участники инициативы планируют сотрудничать с правительственными организациями и бизнес-партнерами в разработке решений, которые помогут снизить углеродный след в атмосфере.

Сооснователями Qclimate являются также Fortescue Future Industries — производитель «зеленого» водорода из Австралии и национальная квантовая программа Нидерландов Quantum Delta.

Источник: [BusinessWire](#)

КВАНТОВАЯ ИНДУСТРИЯ

IBM, Rigetti и IonQ поделились будущими планами



IBM дополнила свою дорожную карту, включив туда несколько новых моделей процессоров, выпуск которых ожидается в 2023-2025 годах:

- 2023 г.: дополнительно к ранее заявленному 1121-кубитному Condor будет выпущен 133-кубитный Heron – чип, лежащий в основе будущей модульной архитектуры;
- 2024 г.: будут представлены 408-кубитный Crossbill, состоящий из трех чипов в едином корпусе, а также 1386-кубитный Flamingo, состоящий из трех 462-кубитных чипов;
- 2025 г.: 3 процессора Flamingo будут связаны между собой, составив мощный 4158 кубитный процессор с кодовым названием Kookaburra.

Rigetti в прошлом году продемонстрировала первый в мире модульный процессор Aspen-M, состоящий из двух 40-кубитных чипов. Сейчас компания разрабатывает улучшенный 84-кубитный модуль, который будет готов к 2023 г. Также в 2023 г. будет представлен 336-кубитный процессор, состоящий из 4 таких модулей. Позднее в 2025 и 2027 гг. будут выпущены процессоры, включающие 1000 и 4000 кубитов.

IonQ сейчас работает над 32-кубитным Forte. Как и предыдущие модели он будет основан на ионах иттербия (а не бария, как сообщалось ранее). Основным конструктивным отличием от 32-кубитного Aria станет использование единственного сканирующего лазерного пучка для управления всеми кубитами. Компания также обещает обеспечить улучшенные характеристики кубитов: более низкий шум и повышенную точность операций.

Источник: [IBM Blog](#) [Rigetti](#) [IonQ](#)

«Квантовые единороги» увеличили свои убытки в первом квартале 2022 г.



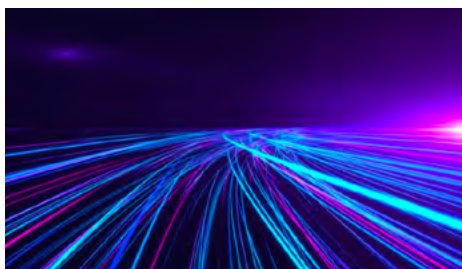
Выручка IonQ составила 2 млн долларов, кроме того, были заключены контракты бронирования на сумму 4,2 млн долларов. При этом убыток по показателю EBITDA (финансовый баланс до вычета налогов и амортизации) составил 10,3 млн долларов. Прогноз общей выручки в 2022 г. — 10,2-10,7 млн долларов.

Rigetti в первом квартале заработал 2,1 млн долларов, убыток по EBITDA составил 13,9 млн долларов. Ожидаемая годовая выручка и убыток в 2022 г. оцениваются, соответственно, в 12–13 и 52–53 млн долларов.

Выручка компании Arqit составила 12,3 млн долларов (данные за полугодие). Она складывается из дохода коммуникационной платформы QuantumCloud (5,3 млн долларов) и гранта Европейского космического агентства (7 млн долларов). Убыток по EBITDA — 14,4 млн долларов.

Источник: [IonQ](#) [Rigetti](#) [Arqit](#)

CaixaBank на 90% ускорил расчеты при составлении оптимального инвестиционного портфеля



Хеджирование портфеля — это стратегия управления рисками, которая компенсирует потенциальные убытки от инвестиций в один актив, занимая противоположную позицию в другом. Испанская финансовая группа CaixaBank сообщила об ускорении на 90% решения задачи хеджирования и оптимизации инвестиционного портфеля при использовании квантового облака D-Wave. Общее время расчета оптимального портфеля составило всего несколько минут.

Помимо ускорения вычислений, решение оптимизировало внутреннюю норму доходности портфеля облигаций (portfolio internal rate of return) на 10% в выбранном портфеле облигаций.

Источник: [IoT World Today](#)

Выпущено коммерческое приложение для оптимизации загрузки воздушного судна

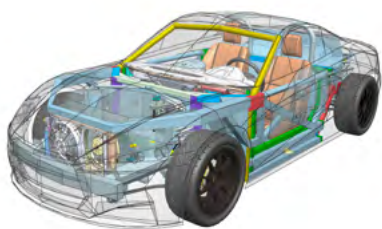


Один из победителей Airbus Quantum Computing Challenge 2019 г. уругвайский стартап Quantum-South выпустил коммерческий релиз оптимизационного пакета для вычислителя D-Wave. Текущая версия позволяет в течении нескольких минут рассчитать распределение груза в наиболее популярных грузовых лайнерах Airbus A330-200F и Boeing 747-400. Аналогичный программный пакет для универсальных квантовых компьютеров пока позволяет оптимизировать загрузку небольших самолетов, но по мере увеличения количества кубитов сможет применяться и в более крупных воздушных судах.

Сейчас компания работает над решением для оптимизации загрузки морских судов.

Источник: [Quantum-South](#)

Новые проекты и партнерства в автомобильной индустрии: BMW/Pasqal, VW/Terra Quantum

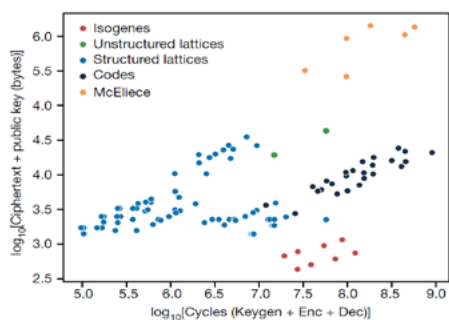


Конструирование кузова новых автомобилей BMW будет проводиться с использованием процессора на нейтральных атомах, разработанного Pasqal. Сообщается, что этот процессор позволяет решать системы дифференциальных уравнений в задачах математического моделирования в 30 раз быстрее, чем квантовые компьютеры, построенные на других платформах.

В свою очередь Volkswagen и Terra Quantum опубликовали две статьи, описывающие приложения квантовой оптимизации и машинного обучения в автомобильном производстве. Первая статья посвящена разработке системы контроля качества на производственной линии, вторая — повышению качества распознавания изображений при поиске производственного брака.

Источник: [Pasqal](#) [Terra Quantum](#)

Google и SandboxAQ предлагают план перехода к постквантовой криптографии



Скорейший переход к новым методам защиты информации позволит снизить риски отложенного взлома и заложить постквантовую криптографию в устройства и системы, проектируемые сегодня. Например, в автомобили и их системы обмена данными, которые будут эксплуатироваться еще 20–30 лет.

Исследователи Google и дочерней SandboxAQ рассмотрели различные стратегии защиты от квантовых атак, способы одновременного использования традиционной и постквантовой криптографии и предложили пути плавного и своевременного перехода организации к квантово-устойчивым схемам.

Источник: [Nature](#)

QSecure реализует концепцию «квантовая безопасность-как сервис» (QSaaS)

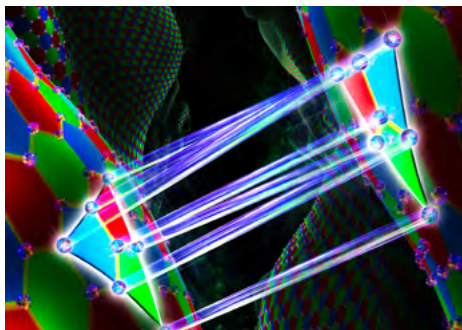


Для защиты данных от кибератак и риска взлома с помощью квантовых компьютеров компания QSecure разработала платформу QuProtect — гармонизированный кросс-платформенный инструмент для сквозной защиты критических данных в компании на протяжении всего их жизненного цикла. Программный продукт интегрируется в существующую инфраструктуру через облачный сервис и предполагает простоту установки, использования и обновления. Используемые квантово-стойкие алгоритмы сертифицированы Национальным институтом стандартов и технологий.

QSecure основана в 2019 году. Инвестиции в компанию оцениваются в 5 млн долларов США.

Источник: [QSecure](#)

Первая демонстрация защищенных от ошибок универсальных квантовых вентиляей

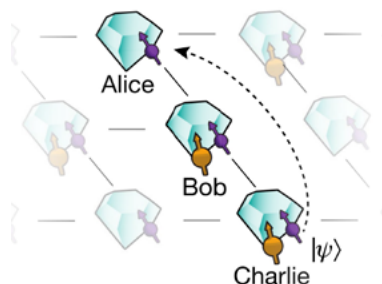


Два необходимых элемента защищенного от ошибок квантового компьютера это логические кубиты, способные хранить квантовую информацию, не подвергаясь внешнему воздействию, и квантовые вентили, способные выполнять логические операции не накапливая ошибки.

Группа физиков Инсбрукского университета под руководством Райнера Блатта (Reiner Blatt) впервые продемонстрировала работу вентиляей, собранных из двух логических кубитов. Каждый из логических кубитов в свою очередь был построен из 7 физических кубитов ионного квантового процессора с использованием специальной схемы, исправляющей ошибки. Разработанный подход универсален и может использоваться для создания защищенных от ошибок процессоров на любых квантовых платформах.

Источник: [Nature](#)

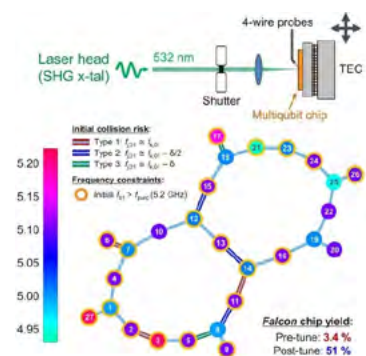
Физики смогли телепортировать кубиты между разделёнными узлами квантовой сети



До сих пор телепортация квантовых состояний была доступна лишь для узлов, непосредственно соединённых между собой оптически или по воздуху. Исследователи нидерландской QuTech и Дельфтского технологического университета впервые создали запутанность между различными узлами квантовой сети, используя промежуточный узел, состоящий из «передающего кубита» на основе NV-центра в алмазе, и кубита памяти на основе ядерного спина углерода. Телепортация квантового состояния проведена с использованием протокола, аналогичного используемому в квантовых повторителях и с эффективностью передачи близкой к единице. Разработанная архитектура предложена для будущих систем распределенного квантового интернета.

Источник: [Nature](#)

В IBM научились настраивать индивидуальные свойства сверхпроводниковых кубитов

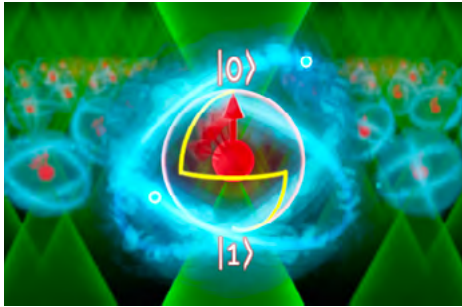


В отличие от полностью идентичных между собой кубитов на основе атомов или ионов, сверхпроводниковые кубиты могут отличаться друг от друга — это вызывает сложности программирования квантовой системы и затрудняет ее масштабирование.

Физики IBM Research впервые использовали лазерный отжиг для индивидуальной подстройки частоты кубитов-трансмонов. Им удалось добиться высокой точности настройки кубитов на примере двух процессоров: 27-кубитного Falcon и 65-кубитного Hummingbird. Новый технологический процесс, названный LASIQ (laser annealing of stochastically impaired qubits) будет отныне использоваться при изготовлении многокубитных процессоров IBM.

Источник: [Science Advances](#)

Атомы иттербия впервые использованы для нейтрально-атомных вычислений

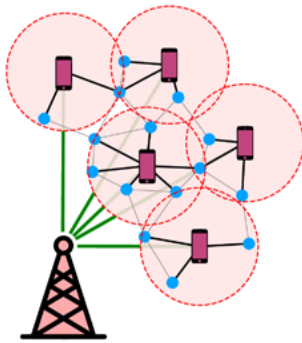


Кубиты на основе атомов щелочных металлов (литий, цезий, рубидий), имеют низкую стабильность электронных спиновых состояний, используемых для хранения квантовой информации. Предложенные в качестве альтернативы ядерные спины щелочноземельных металлов (стронций) решают проблему стабильности, но существенно затрудняют реализацию кубитов.

В поисках идеального элемента для атомного кубита две группы ученых из Принстонского университета и института JILA независимо друг от друга исследовали иттербий (^{171}Yb) — редкоземельный элемент, который традиционно используется в ионных кубитах. Оказалось, что атомные кубиты на основе иттербия обладают одновременно и высокой стабильностью и позволяют легко манипулировать ими с помощью света или радиоволн, что упрощает создание программируемых нейтрально-атомных процессоров.

Источник: [Physical Review X](#) [Physical Review X](#)

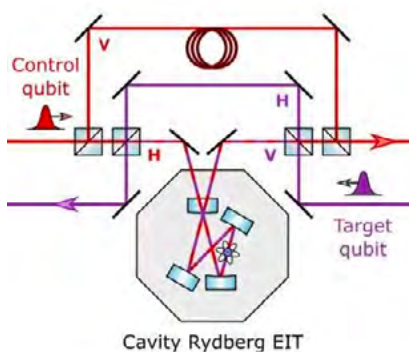
[Обзор] Практическое использование нейтрально-атомных квантовых компьютеров в индустрии



Ученые из квантового стартапа QuEra (основатель — Михаил Лукин) популярно объясняют особенности программирования квантовых систем на основе нейтральных атомов и рассматривают ряд областей, где атомные квантовые симуляторы способны обеспечить наибольшее вычислительное преимущество. К таким задачам относятся построение и оптимизация различного типа телекоммуникационных сетей, оптимизация портфеля финансовых активов, оптимизация транспорта и логистики, построение распределённой сети складских помещений и предотвращение эпидемий.

Источник: [Arxiv](#)

Улучшена эффективность оптических квантовых вентиляей

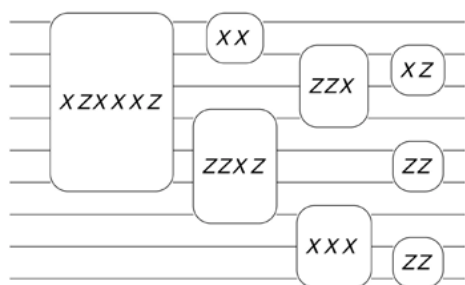


Фотоны мало взаимодействуют между собой и с окружением — это обстоятельство делает фотонный квантовый компьютер устойчивым к внешнему воздействию, но, с другой стороны, значительно усложняет реализацию логических операций. До сих пор эффективность оптических квантовых вентиляей не превышала 11%, что приводило к значительной потере данных.

Исследователи Института квантовой оптики им. Макса Планка испытали новую схему оптического квантового вентиля на основе ультрахолодных атомов рубидия в оптическом резонаторе. Экспериментально показана эффективность 41.7% при выполнении операции CNOT, а также возможность работы с пятью запутанными кубитами.

Источник: [Physical Review X](#)

Блочные коды коррекции ошибок для систем с небольшим количеством кубитов

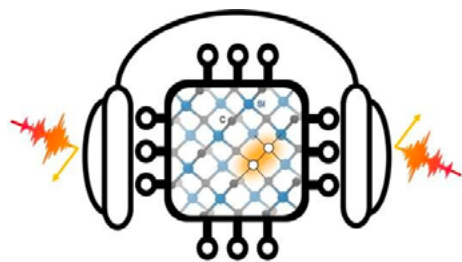


Австралийские ученые из Сиднейского университета предложили схему, позволяющую уменьшить количество кубитов для реализации отказоустойчивых операций. Для этого используется эффект взаимодействия удаленных кубитов и так называемые коды малой плотности проверок на чётность (LDPC-коды).

В новой корректирующей схеме для создания отказоустойчивого логического кубита потребуется на порядок меньше физических кубитов, чем при использовании поверхностных кодов. Это позволит создать защищенный от ошибок квантовый компьютер со 100 логическими кубитами уже через несколько лет.

Источник: [Science Advances](#)

Квантовые компьютеры использовали для расчета свойств квантовых материалов

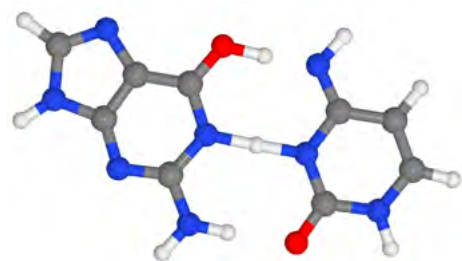


Ученые Аргоннской национальной лаборатории и университета Чикаго разработали методику расчета электронных свойств спиновых дефектов в кристаллических структурах. Примерами таких систем являются азотные вакансии (NV-центры) в алмазе или двойные вакансии в карбиде кремния — перспективные системы для построения квантовых сенсоров или спиновых квантовых процессоров.

Расчет основного и возбужденного состояний спиновых дефектов осуществляется с использованием квантово-классических алгоритмов и оригинальной методики подавления шума на существующих квантовых компьютерах.

Источник: [PRX Quantum](#)

Оценена роль квантового туннелирования при мутациях ДНК



Двойная спираль ДНК построена таким образом, чтобы случайно заменить один нуклеотид на другой было практически невозможно. Тем не менее, мутации в ДНК регулярно происходят, и механизмы этого процесса до сих пор не были вполне понятны.

Междисциплинарная команда из Университета Суррея изучила влияние эффектов квантового туннелирования на появление мутаций молекулы ДНК. Они усовершенствовали теоретический подход к описанию таутомеризации пары, приняв во внимание квантовый характер не только самой реакции, но и взаимодействия системы с окружением, в частности, диссипации и декогеренции. В результате авторы выяснили, что старые классические модели на четыре порядка недооценивали вероятность возникновения мутации в ДНК. Исследование в очередной раз подчеркивает важность квантовых процессов, протекающих в живых системах.

Источник: [NPlus1](#) [Communication Physics](#)

Летняя школа РКЦ и ГК Росатом «Начала физики ультрахолодных атомов и ионов»



Участники школы будут выполнять индивидуальные исследовательские проекты под руководством наставников — аспирантов и студентов РКЦ, МФТИ и Сколтеха. Руководители школы: член-корреспондент РАН Андрей Турлапов и руководитель научной группы РКЦ Кирилл Лахманский.

Даты: **11 июля–19 августа, 2022**

Страна: **очный на территории Сколково**

Формат: **очный/виртуальный**

Регистрация: **до 30 мая**

Web: <https://vk.cc/cdJtvJ>

Qiskit Global Summer School 2022: Quantum Simulations



Ежегодная школа по квантовым вычислениям, проводимая IBM. В программе: основы линейной алгебры, основы квантовой физики и квантовых вычислений и введение в Qiskit — универсальную среду квантового программирования IBM.

Даты: **18–29 июля, 2022**

Формат: **виртуальный**

Web: <https://qiskit.org/events/summer-school>

17th Conference on the Theory of Quantum Computation, Communication and Cryptography



Основная международная конференция для исследователей, занимающихся теоретическими аспектами квантовой информатики, включая квантовые алгоритмы, моделирование квантовых систем, квантовую криптографию, квантовую связь, отказоустойчивые квантовые вычисления и квантовое машинное обучение.

Даты: **11–14 июля, 2022**

Страна: **США**

Формат: **очный/виртуальный**

Web: <https://tqc2022-conference.iquist.illinois.edu>

Many-Body Quantum Systems: From Quantum Computing and Simulation to Metrology and Coherent Light- Matter Hybrids



На мероприятии Gordon Research Conference будут рассмотрены новые разработки в широком диапазоне областей от квантового моделирования и квантовой информатики до сверхбыстрых экспериментов в твердых телах и физики высоких энергий. Среди спикеров мероприятия заявлены Михаил Лукин (Гарвард), Маттиас Тройер (Microsoft Quantum), Райнер Блатт (Университет Иннсбрука), Владан Вулетич (MIT) и другие.

Даты: **24–29 июля, 2022**

Страна: **США**

Формат: **очный/виртуальный**

Подача тезисов **до 26 июня 2022 г.**

Web: <https://www.grc.org/quantum-science-conference/2022>