



# МОНИТОРИНГ

ЦНТИБ – филиал ОАО «РЖД»

**КВАНТОВЫЕ СЕТИ**

**№ 3/МАРТ 2020**

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| На пороге квантового будущего .....                                                                               | 2  |
| Создана ключевая технология квантового интернета .....                                                            | 10 |
| Ученые создали квантовый датчик, покрывающий весь спектр радиочастот .....                                        | 11 |
| Осуществлена первая в мире квантовая телепортация .....                                                           | 12 |
| Самый мощный квантовый компьютер готовится к выпуску .....                                                        | 13 |
| Создана пятиметровая микроволновая квантовая линия связи .....                                                    | 14 |
| Изолировать кубит от внешних помех поможет ... другой кубит .....                                                 | 15 |
| Дело случая: учёные открыли явление ядерного электрического резонанса.....                                        | 16 |
| Физики провели неразрушающее измерение кубита в квантовой точке.....                                              | 18 |
| 2D-материалы помогли управлять фазой света.....                                                                   | 20 |
| Google позволит программистам создавать нейросети для квантовых компьютеров .....                                 | 21 |
| Ученые из США «запутали» пару фотонов в городских проводах.....                                                   | 22 |
| Физики: квантовые компьютеры могут сделать искусственный интеллект мощнее .....                                   | 23 |
| IBM усомнилась в возможности России создать квантовый компьютер.....                                              | 24 |
| Ученым удалось связать две ячейки квантовой памяти через 50-километровый<br>оптический кабель.....                | 26 |
| Китайский ученый Сюэ Цикунь стал лауреатом международной премии<br>Фрица Лондона-2020 за квантовое открытие ..... | 27 |
| Описан и смоделирован в эксперименте новый тип квантовых состояний.....                                           | 28 |
| Учёные из Сколтеха нашли ограничения в квантовом алгоритме Google .....                                           | 29 |
| Квантовые компьютеры смогут работать при комнатной температуре .....                                              | 30 |
| «Квантовые ямы» удешевили создание полупроводниковых кубитов .....                                                | 31 |

## На пороге квантового будущего

### *Что такое квантовые технологии*

Открытие квантовой механики в начале XX века в конечном итоге подарило человечеству большинство технологий, которыми запомнилось то столетие: ядерное оружие, лазеры, ускорители частиц, МРТ, да и вся полупроводниковая электроника в целом – от транзисторов и светодиодов до компьютеров, мобильной связи и интернета. В основу всех этих технологий и устройств легло управление коллективными квантовыми явлениями – то есть такими, которые подразумевают взаимодействия на уровне потоков частиц, полей и различных сред.

Тот период развития физики и технологий принято называть первой квантовой революцией. К самому же концу XX века ученые научились управлять сложными квантовыми системами на уровне их самых базовых компонентов – то есть манипулировать отдельными атомами и даже элементарными частицами, например фотонами. И это открыло путь к эпохе второй квантовой революции, в самом начале которой мы сегодня живем.

«Квантовая физика однажды навсегда изменила повседневную жизнь людей. Об этом мало кто задумывался, но эра цифровых технологий, в которой мы живем, основана на достижениях в этой науке, ставших неотъемлемой частью нашей повседневности. Дальнейшее развитие квантовых технологий уже через пять-десять лет сможет привести к созданию устройств, которые до недавнего времени описывались лишь на страницах научной фантастики», – уверен генеральный директор Российского квантового центра и руководитель проекта «Росатома» по созданию квантового компьютера Руслан Юнусов.

### *Квантовые мозги*

Одной из ключевых технологий, которую, как ожидается, принесет современная революция в физике, станут квантовые вычисления. Речь идет о возможности выполнять вероятностные расчеты такой сложности, которая недоступна современным суперкомпьютерам.

Это должно послужить множеству прорывов в самых разных областях – от диагностики заболеваний и разработки лекарств (благодаря точному моделированию сложнейших химических реакций и биологических процессов) до оборонной, автомобильной и космической промышленности (то же моделирование откроет путь к новым материалам, возможностям автоматического управления и многому другому), не говоря уже о фундаментальной науке.

Обеспечить такой прорыв должны квантовые компьютеры. Теоретический базис этой технологии начал закладываться в 1970-х, первые

лабораторные образцы стали появляться в конце 1990-х – начале 2000-х, а сегодня такие устройства начинают находить коммерческое применение.

Традиционный современный вычислитель, тот же процессор смартфона, содержит миллиарды регистров, каждый из которых в один и тот же момент времени может находиться лишь в одном из двух состояний – либо 0, либо 1. Регистры же квантового компьютера – так называемые кубиты – находятся, если говорить грубо, в обоих состояниях одновременно, что позволяет им выполнять вычисления в миллиарды раз быстрее. В качестве кубитов используются элементарные частицы или их искусственно созданные скопления – по сути, рукотворные атомы. Носимой ими информацией выступают их квантовые характеристики – в качестве условного примера можно привести спин электрона.

Создатели квантовых компьютеров встречаются две главные инженерные сложности. Первая заключается в том, чтобы заставить кубиты стабильно сохранять когерентное состояние – то есть существовать и хранить информацию. Вторая состоит в том, чтобы обеспечить слаженное функционирование как можно большего количества кубитов одновременно. Самые совершенные квантовые компьютеры сегодня содержат десятки кубитов, тогда как для революционного прорыва в производительности их потребуется на порядки больше – от тысяч до миллионов.

### *Квантовая безопасность*

Еще одна технология, которая готовится изменить мир – квантовая связь. Так называют передачу информации, закодированной в квантовых состояниях элементарных частиц. Осуществляется она путем квантовой телепортации – то есть передачи информации о квантовых состояниях запутанных пар частиц. Лабораторные эксперименты по этому направлению начали проводиться в 2000-х, а сегодня ведущие научные коллективы устанавливают квантовую связь между городами.

Преимущество такой связи – в ее абсолютной защищенности. Передаваемое сообщение попросту невозможно перехватить – этому препятствует сама природа явления квантовой запутанности, которое используется при передаче. Поэтому квантовые коммуникации смогут послужить решением серьезной проблемы, к которой приведет появление достаточно сильных квантовых компьютеров – дело в том, что они будут способны быстро взламывать любые «классические» алгоритмы шифрования. Это ставит под угрозу частную, корпоративную и национальную безопасность, поэтому квантовое будущее просто немыслимо без защищенной квантовой связи.

Наконец, еще одно важное направление, развивающееся параллельно с квантовыми вычислениями и связью – квантовая сенсорика. Высокочувствительные сенсоры и детекторы, работающие на принципах квантовых явлений, не только необходимы для развития квантовой коммуникации, но и значительно улучшают возможности многих «классических» типов связи – вплоть до дальней космической. Те же устройства значительно повысят доступные человечеству точность и разрешение измерений в самых разных областях – от медицины и биотехнологий до астрономических наблюдений.

### *Квантовая долина*

Один из самых совершенных на данный момент квантовых компьютеров создала компания Google – он называется Sycamore и включает 54 кубита (одновременно работают из них 53). В октябре 2019 года сотрудники компании опубликовали в Nature отчет о результатах эксперимента, в ходе которого Sycamore за 200 секунд справился с вычислениями, на которые у мощнейшего суперкомпьютера ушло бы 10 лет. Таким образом, Google первой в истории достигла «квантового превосходства» в лабораторных условиях.

«Мы собираемся сделать наши последние квантовые процессоры доступными для совместной работы научных исследователей всего мира, а также для компаний, которые заинтересованы в разработке алгоритмов и поиске практического применения квантовых вычислений. Кроме того, мы стремимся как можно скорее создать более совершенный квантовый компьютер, который сможет найти целый ряд ценных применений – от создания новых материалов для автомобилей и самолетов до разработки более эффективных лекарств», – поделился планами доктор Маркус Хоффманн, отвечающий в Google за партнерства в области квантовых вычислений.

### *Китайский связной*

Google и IBM конкурируют в развитии квантовых вычислений с Microsoft, Intel, Honeywell и другими крупными американскими IT-игроками. А вот в квантовых коммуникациях первенство пока что уверенно держат исследователи из Китая. В 2017 году Китайская академия наук запустила первый в мире спутник квантовой связи «Мо-Цзы», успешно обеспечивший межконтинентальный канал передачи между Пекином и Веней. В том же году китайские ученые запустили первую в мире квантовую оптоволоконную линию связи протяженностью свыше 2 тыс. км, соединившую Пекин и Шанхай.

Правда, оба канала используются исключительно для обмена ключами шифрования, поскольку способны передавать лишь очень малые объемы информации. Связано это с тем, что из-за инженерных сложностей на

значительные расстояния удается успешно пересылать лишь очень небольшое количество запутанных частиц.

Впрочем, в феврале 2020 года научно-исследовательская группа под руководством Пан Цзяньвэя из Научно-технического университета Китая (г. Хэфэй) добилась прорывных результатов в повышении пропускной способности квантовой связи. Им удалось повысить число фотонов, успешно добирающихся до «адресата» по оптоволоконной линии в 50 км, с 1 из 100 000 000 000 000 000 (100 квадриллионов) до 1 из 100.

«Китай на сегодняшний день без сомнения является лидером в квантовой связи, – отмечает Юнусов. – Их недавние результаты по запутыванию частиц – это большой шаг к созданию квантовых ретрансляторов, необходимых для организации полноценного квантового интернета, в котором возможна защита всей передаваемой информации от взлома. Станет ли квантовый интернет глобальным явлением? Думаю, что да, но говорить об этом еще очень рано. Его время придет с развитием квантовых вычислений, когда такая сеть сможет решать не только вопросы безопасности, но и позволит соединять квантовые компьютеры».

#### *Как в глобальное квантовое развитие включилась Россия*

Хоть и с некоторым отставанием Россия сегодня включена в мировой квантово-механический тренд. Инициатива оперативно включиться в него исходила от представителей научного сообщества, объединенных в последние годы усилиями финансируемого Газпромбанком Российского квантового центра (РКЦ). Обеспечив тесное взаимодействие передовых ученых, государства и первых лиц бизнес-сообщества, именно он буквально «пролоббировал» квантово-технологическую повестку.

Еще 10-15 лет назад было довольно непросто представить, что Россия сможет конкурировать со всем миром в развитии квантовых технологий. Да, отечественные ученые и ученые с русскими корнями всегда были сильны в этой области, однако к 2000-м большинство таких специалистов разъехались по всему свету. Представители нового поколения исследователей и инженеров, выпускаемых российскими вузами, тоже в основном уезжали – они просто не видели серьезных перспектив на родине.

В 2010 году два выпускника МФТИ – профессор физики Гарвардского университета Михаил Лукин и основатель компании Acronis Сергей Белоусов – придумали способ исправить сложившуюся ситуацию. У них появилась идея создать в России небольшую, но при этом эффективную научную организацию, которая бы проводила квантовые исследования на мировом уровне, объединив ведущих российских ученых, работающих за рубежом в самых перспективных направлениях.

Так появился РКЦ, и сегодня эту организацию можно назвать лидером развития квантовых технологий в стране. Здесь собраны сильнейшие отечественные специалисты в этой области, что подтверждается как количеством их публикаций в ведущих изданиях (Nature, Science, El Mundo и др.), так и показателями цитируемости этих работ. В 2018 году 20% всех российских статей по физике, опубликованных в группе самых высокорейтинговых журналов (Nature, Science, Reviews of Modern Physics), принадлежали сотрудникам РКЦ. Всего же с 2012 года они опубликовали более 800 статей.

Центр объединяет более 200 специалистов, работающих в 15 научных группах, которые максимально широко охватывают передовые направления квантовой физики. Квантовые симуляции, интегрированная фотоника, магнитоплазмоника, когерентная микрооптика, прецизионные квантовые измерения, квантовое машинное обучение – это лишь малая часть областей, в которых сотрудники РКЦ за последние годы получили прорывные результаты, имеющие мировое значение.

#### *Кто управляет квантовым развитием*

РКЦ как организация – во многом уникальное для России явление. В первую очередь своей моделью управления. Деятельность центра контролируют сразу два коллегиальных органа: международный консультативный и попечительский советы.

Первый из них отвечает за научную деятельность в целом. Состоит он из ведущих ученых с мировым именем – таких, как нобелевский лауреат Вольфганг Кеттерле и пионер практической реализации квантовых компьютеров Петер Цоллер. Этому совету напрямую подчиняются так называемые Principal Investigators, стоящие во главе каждой из 15 научных групп. Возглавляет его один из основателей РКЦ Михаил Лукин.

Попечительский же совет включает лидеров бизнеса и миллиардеров из списка Forbes – в том числе главу компании «Евраз» Александра Абрамова, председателя совета директоров «Северстали» Алексея Мордашова и председателя правления Газпромбанка Андрея Акимова. Этот орган обеспечивает привлечение средств, помогает с коммерциализацией разработок, отвечает за связь с индустрией и правительством. Его возглавляет второй основатель РКЦ – Сергей Белоусов.

Именно за счет такой структуры управления достигается тесная и продуктивная связь между фундаментальной наукой, передовыми инженерными разработками, реальными рынками и национальным развитием.

### *Кто оплачивает наше квантовое будущее*

РКЦ – полностью негосударственное учреждение, которое существует на грантовые средства и частные инвестиции. Первые вложения обеспечил инноцентр «Сколково» – в 2010 году РКЦ стал одним из его первых 15 резидентов и в 2011-м получил грант на 435 млн руб. В 2015 году крупнейшим частным партнером центра стал Газпромбанк, инвестировав в его проекты 230 млн руб.

«Газпромбанк – одна из первых организаций в России, кто инвестировал в квантовые технологии», – говорит заместитель председателя правления Газпромбанка Дмитрий Зауэрс. По его словам, для банка сотрудничество с РКЦ – это «возможность присоединиться к решению одной из самых амбициозных технологических задач, создающей недоступные ранее вычислительные и инвестиционные перспективы».

«А кроме того, реализация столь масштабных фундаментальных проектов приводит к получению множества «побочных эффектов» в виде новых продуктов и идей, которые могут быть коммерциализованы. Это создает дополнительный потенциал для роста стоимости активов группы Газпромбанка за счет будущей монетизации проектов РКЦ», – добавляет он.

За последние три года (2017-2019) объемы финансирования РКЦ составили почти 2 млрд руб. Около трети этой суммы – 682,8 млн руб. – пришлось на гранты, полученные на фундаментальные исследования от «Сколково», научных фондов, а также в рамках совместных проектов с МИСиС и Федеральной целевой программы Минобрнауки.

Остальные две трети – 1294 млн руб. – в прикладные разработки РКЦ и его коммерческих «спин-оффов» инвестировали частные партнеры. В частности, 870,7 млн руб. вложил Газпромбанк, в результате его суммарные инвестиции в квантовую повестку за все время превысили 1 млрд руб.

### *Рыночные технологии*

В РКЦ занимаются не только фундаментальными и прикладными исследованиями, но и коммерциализацией новых технологий. В настоящий момент под крылом у центра развивается целых семь коммерческих «спин-оффов» – стартапов, разрабатывающих высококонкурентные продукты, основанные на практическом применении квантовых эффектов. Несколько таких стартапов уже начали поставки серийных продуктов.

Один из них – компания QRate, производящая оборудование для организации абсолютно защищенной квантовой связи на базе оптоволоконных сетей общего пользования. Тестируя коммерческое решение QRate, в 2016 году Газпромбанк организовал первую в стране квантово-защищенную линию связи.



Она имела протяженность 30 км и связала московские офисы организации. В 2017-м аналогичной линией обзавелся еще один крупный клиент – Сбербанк.

«Квантовые коммуникации – фундамент квантового интернета, – напоминает Юнусов. – И в России уже есть положительные результаты. Установки для квантовой передачи данных QRate успешно прошли испытания в реальных условиях, с их помощью уже были реализованы сеансы видеосвязи между двумя и даже тремя точками».

Вторая такая компания – «Дефан», поставляющая высокочувствительные универсальные фотодетекторы. Эти устройства демонстрируются на крупнейших технологических выставках от Мюнхена до Лас-Вегаса и находят самое широкое применение – от лазерных сканеров и масс-спектрографов до лидаров и систем космической связи.

«Квантовые исследования уже становятся коммерческими проектами с понятной бизнес-логикой, – говорит Зауэрс. – Например, РКЦ в партнерстве с Nissan проводит исследование новых химических соединений, которые в перспективе могут стать ключом к созданию аккумуляторов нового типа для электромобилей. Такие проекты могут интересовать нас как инвесторов в технологичные компании и производства».

### *Приключения квантов в России*

В России комплексным развитием квантовых технологий озабочены на самом высоком уровне – соответствующая «дорожная карта», представленная весной 2019 года «Росатомом», входит в состав национальной программы «Цифровая экономика». Карта рассчитана на срок до 2024 года и включает три направления: вычисления, коммуникации и сенсоры.

Реализацию этих направлений, подписав соответствующие соглашения о намерениях с правительством РФ, разделили между собой крупнейшие компании с государственным участием. Квантовыми вычислениями, то есть разработкой отечественного квантового компьютера, занялись в «Росатоме», квантовыми коммуникациями – в «РЖД», а сенсоры взял на себя «Ростех».

Общий бюджет всех трех направлений на весь срок составляет более 43 млрд руб. Впрочем, по мировым меркам это не так уж и много. «Текущие вложения в квантовые технологии в целом в мире, по некоторым оценкам, превышают 10 млрд долларов, – отмечает Дмитрий Зауэрс. – При этом, как и со всеми революционными технологиями, монетизация будет запаздывать на три-пять лет, а общий объем рынка квантовых технологий может достигнуть 18 млрд долларов уже к 2024 году».

В настоящий момент «РЖД» и «Ростех» заняты подготовкой «дорожных карт» по своим направлениям, а «Росатом» такой документ представил уже к концу 2019-го. На сегодняшний день «дорожная карта» квантовых вычислений

прошла все согласования с профильными министерствами и направлена на подписание в правительство РФ.

Создание квантового компьютера обойдется в 23,7 млрд руб. Более половины этих средств (13,3 млрд) будут внебюджетными, инвестиции ожидаются со стороны десятков ведущих российских компаний, заинтересованных в скорейшем внедрении у себя квантовых новшеств. Среди тех, с кем «Росатом» уже ведет переговоры, – Сбербанк и «Сбербанк-Технологии», Газпромбанк, «Газпромнефть», СИБУР и многие другие.

Разработкой квантового компьютера в «Росатоме» занимаются ученые ВНИИА им. Н. Л. Духова, МГУ им. М. В. Ломоносова, МФТИ, НИТУ МИСиС, НОЦ ФМН, ФИАН, ряда академических институтов, а также РКЦ. Проект возглавляет генеральный директор РКЦ Руслан Юнусов. Он же руководил разработкой «дорожной карты» развития всех трех квантовых направлений, которую РКЦ осуществил совместно с НИТУ МИСиС, выиграв тендер «Росатома».

Существует целый ряд способов создания кубитов для квантовых компьютеров, и никто в мире не знает, какой из них окажется более эффективным. По этой причине работы в России ведутся сразу по четырем технологическим платформам, среди которых сверхпроводящие цепочки, ионы, нейтральные атомы и фотоны.

В конце прошлого года Дмитрий Зауэрс, выступая на форуме «Открытые инновации», высказал мнение, что российские квантовые технологии в части «железа» отстают от западных стран на пять-десять лет. Однако у России, по его оценкам, есть «все шансы наверстать отставание и даже перегнать конкурентов».

«Движение к квантовому компьютеру мы начинаем не с нуля: по всем основным четырем платформам в России существует определенный задел, – говорит Юнусов. – Есть прототипы одной-двух кубитных систем. В плане нашей «дорожной карты» – выйти на квантовое превосходство к 2024 году. Показать его мы хотим на реальной физической задаче – это будет шаг вперед по сравнению с тем, что есть сейчас в мире. Конечно, мы понимаем, что за следующие пять лет мир не будет стоять на месте, но наша задача – сильно сократить отставание в целом. В отдельных областях мы сможем выйти и на уровень мировых лидеров».

*Источник: kommersant.ru, 24.03.2020*

## Создана ключевая технология квантового интернета

Ученые из Школы инженерных и прикладных наук Гарвардского университета и Массачусетского технологического института нашли способ исправить потерю сигнала при передаче квантовой информации с помощью прототипа специального узла, который может улавливать, хранить и запутывать кубиты. Работа исследователей опубликована в журнале Nature.

Квантовый интернет может использоваться для отправки секретных сообщений, повышения точности GPS и увеличения мощности облачных вычислений. На протяжении более чем двадцати лет мечты о создании такой сети оставались недостижимыми по большей части из-за трудностей передачи квантовых сигналов на большие расстояния без потерь.

Это связано с потерей фотонов по пути от отправителя сообщения к получателю. И это – самое главное препятствие на пути к квантовому интернету. К сожалению, тот же принцип, что делает такую технологию передачи информации безопасной, не позволяет восстанавливать потерянный по пути сигнал, как это можно сделать в стандартной коммуникационной сети.

Как усилить и исправить частично потерявшийся сигнал, если вы не можете его прочитать? Решение этой, казалось бы, невыполнимой задачи предполагает использование так называемого квантового ретранслятора. В отличие от классических ретрансляторов, которые усиливают сигнал через существующую сеть, квантовые ретрансляторы создают сеть запутанных частиц, через которые может передаваться сообщение.

По сути, квантовый ретранслятор – это небольшой квантовый компьютер специального назначения. На каждом этапе своей работы квантовые ретрансляторы должны быть способны улавливать и обрабатывать кубиты для исправления ошибок и хранить их достаточно долго, чтобы ими могла воспользоваться остальная часть сети. До сих пор это было невозможно по двум причинам: во-первых, одиночные фотоны очень трудно поймать, а во-вторых, квантовая информация очень хрупкая, что делает очень сложной ее обработку и хранение в течение длительного времени.

Авторы новой работы смогли создать новый тип квантового резонатора. В его основе лежат центры окраски, созданные из кремниевых вакансий в алмазе. Эти центры представляют собой крошечные дефекты в атомной структуре алмаза, которые могут поглощать и излучать свет с определенными характеристиками. Исследователи поместили такие единичные центры в нанополость внутри алмаза, которая ограничивает движение фотонов и заставляет их взаимодействовать с этим центром.

Затем исследователи поместили резонатор в криогенную камеру, где создали температуру, близкую к абсолютному нулю, после чего

бомбардировали материал единичными фотонами, отправленными по оптоволоконным кабелям. Ученые выяснили, что устройство может хранить квантовую информацию в течение нескольких миллисекунд – достаточно долго, чтобы можно было перенести информацию на тысячи километров. Электроды, встроенные в алмаз вокруг полости, использовались для подачи управляющих сигналов, позволяющих обрабатывать и хранить квантовую информацию.

*Источник: indicator.ru, 24.03.2020*

### **Ученые создали квантовый датчик, покрывающий весь спектр радиочастот**

Военные исследователи сообщили о разработке небольшого квантового датчика, который позволяет обнаруживать сигналы связи по всему радиочастотному спектру от 0 до 1 ТГц. Для такого покрытия с помощью традиционных приемников потребовалось множество систем с отдельными антеннами, усилителями и другими компонентами.

В прошлом году сверхчувствительные ридберговские атомы были впервые использованы для обнаружения электрического поля и сигналов связи. Однако ранее никто не занимался количественным описанием их чувствительности для всего рабочего диапазона.

Команда исследователей из Научно-исследовательской лаборатории армии США заинтересовалась этим направлением, и, основываясь на фундаментальных принципах, рассчитала пропускную способность канала такого квантового приемника, а затем подтвердила это экспериментально.

В итоге они создали небольшой и практически не обнаруживаемый датчик, который чувствителен к колебаниям электрических полей в диапазоне от 0 до 1012 Гц. Квантовая механика позволяет не только определять сигналы по всему спектру, но и точно калибровать систему, а также настраивать ее конечную производительность.

По словам разработчиков, это устройство позволит оснастить военных датчиками следующего поколения, будет способствовать развитию новых концепций связи и обнаружения сигналов для определения местоположения объектов.

*Источник: bitcryptonews.ru, 20.03.2020*

## **Осуществлена первая в мире квантовая телепортация**

Ученым удалось успешно передать информацию с одного чипа на другой с помощью квантовой запутанности.

По мнению специалистов, технологии обработки информации с использованием законов квантовой физики окажут огромное влияние на современное общество. К примеру, квантовые компьютеры смогут решать задачи, с которыми не способны справиться даже самые мощные современные суперкомпьютеры, а квантовый интернет защитит передаваемые в нем данные от кибератак. Однако эти технологии базируются на так называемой «квантовой информации», зашифрованной в квантовых частицах, которые чрезвычайно сложно измерять и контролировать.

Ученые Бристольского университета (Великобритания) вместе с коллегами из Датского технического университета создали чип, способный генерировать и манипулировать отдельными частицами света в программируемых наносхемах. Чип может зашифровывать информацию в световых частицах, генерируемых в наносхемах, и обрабатывать «квантовую информацию» с высокой производительностью и очень низким шумом.

Настоящим прорывом стал эксперимент, в ходе которого специалисты Лаборатории квантовой инженерии Бристольского университета впервые в мире успешно осуществили квантовую телепортацию информации с одного чипа на другой. Именно квантовая телепортация является краеугольным камнем квантовых коммуникаций и вычислений, отмечают ученые.

Квантовая телепортация предусматривает передачу квантового состояния частицы из одного места в другое с помощью квантовой запутанности (явления, при котором квантовые состояния нескольких объектов оказываются взаимозависимыми). Телепортация нужна не только для квантовых коммуникаций, но также является основой для оптических квантовых вычислений.

Установка связи между двумя чипами путем создания квантовой запутанности оказалась для ученых непростой задачей. Тем не менее, им удалось добиться того, чтобы фотоны на обоих чипах приходили в одинаковое квантовое состояние. Главным стал эксперимент по телепортации, в ходе которого индивидуальное квантовое состояние частицы после квантового измерения передавалось с одного чипа на другой.

*Источник: bb.lv, 20.03.2020*

## Самый мощный квантовый компьютер готовится к выпуску

Honeywell – одна из старейших американских корпораций, которая занимается производством электронных систем управления и автоматизации. Сейчас компания планирует представить «самый мощный в мире квантовый компьютер» экспериментального типа.

Заявление появилось на официальном сайте компании, в котором они поделились планами о выпуске такого компьютера уже в течение трех месяцев. Таким образом, компания будет конкурировать с такими IT-гигантами, как Google и IBM, которые работают над аналогичной технологией и уже представили ранние версии своих разработок.

Honeywell основывают свою потенциальную заявку на самый мощный в мире квантовый компьютер «квантовым объемом». Это понятие учитывает множество факторов, включая количество «квантовых битов» или кубитов, доступных в данной машине. Квантовый объем также влияет на качество связи кубитов (насколько хорошо они будут взаимодействовать друг с другом), и точность, то есть коэффициент ошибок.

Квантовый компьютер с более высоким квантовым объемом теоретически может решать более сложные проблемы, то есть он обладает большей мощностью. В то время как ранние квантовые компьютеры имели тенденцию конкурировать исключительно по количеству кубитов, квантовый объем – это более целостный критерий измерения машин, поскольку он предоставляет больше информации об их потенциальных возможностях.

По заявлению компании, новый компьютер будет иметь квантовый объем, равный примерно 64 единицам, в то время как у конкурентов этот показатель находится на уровне 32. Самые сложные симуляции, которые сегодня занимают месяцы работы, возможно будет осуществлять за минуты.

Honeywell удалось достичь такого результата благодаря технологии, которая использует лазеры для управления заряженными атомами в вакууме. Этот метод продемонстрировал высокую перспективность благодаря его относительной стабильности и низкой частоте появления ошибок. Эту прорывную технологию они открыли еще в 2015 году.

Ученые полагают, что квантовые компьютеры однажды будут выполнять вычисления, которые невозможны для современных компьютеров, что значительно продвинет фармацевтические исследования, энергоэффективность батарей, моделирование финансовых рисков и многое другое. Но пока никто не знает точно, как скоро наступит этот день.

*Источник: computerra.ru, 05.03.2020*

## **Создана пятиметровая микроволновая квантовая линия связи**

Рекордно длинную микроволновую когерентную связь между двумя сверхпроводящими квантовыми системами смогли реализовать физики из Швейцарской высшей технической школы Цюриха (ETH Zurich). Статья с описанием проекта опубликована на интернет-портале ETH Zurich.

Длина волновода между двумя квантовыми чипами, помещенными в криогенный холодильник, составила пять метров. Охлаждение необходимо для того, чтобы тепловые флуктуации не разрушили квантовое состояние кубитов (физическая ячейка квантового компьютера, находящаяся в квантовой когерентности с другими его ячейками). Информация в созданной таким образом квантовой сети передавалась с помощью микроволновых фотонов от сверхпроводящего генератора к аналогичного рода приёмнику. Волновод, чтобы не нарушить квантовые состояния фотонов, также охлаждается до криогенных температур. Для охлаждения всей системы до нескольких сотых градуса выше абсолютного нуля (-273,15 градуса Цельсия) использовался жидкий гелий.

Исследователи объяснили, что задача состояла в том, чтобы соединить два сверхпроводящих квантовых чипа так, чтобы иметь возможность обмениваться состояниями суперпозиции между ними с минимальной декогеренцией. Квантовое состояние фотонов в ходе эксперимента было проверено посредством успешного прохождения теста Белла – измерение одного кубита мгновенно повлияло на результат измерения другого кубита.

Конечная цель эксперимента состояла в том, чтобы показать возможность создания криогенной квантовой сети, созданной модульным способом. Ученые уверены, что смогли продемонстрировать принципиальную возможность создания квантовых сетей. По их мнению, в ближайшие 10-20 лет именно по этому направлению пойдет развитие квантовых компьютеров – через соединение их элементов из сотен кубитов, размещаемых в отдельных холодильниках.

Напомним, увеличение мощности квантовых компьютеров может быть достигнуто двумя способами – ростом вычислительной мощности отдельных квантовых процессоров либо созданием сети процессоров, использующих единый протокол для передачи информации между чипами (кубитами). В обоих случаях должна быть обеспечена модульность системы, то есть возможность сочленения ее элементов с общим «интерфейсом» для передачи информации между ними.

Ранее ученым не удавалось обеспечить когерентность передачи данных при расположении сверхпроводящих квантовых систем на расстоянии в

несколько метров. Исследователи из ETH Zurich надеются уже в ближайшее время представить 30-метровую линию квантовой связи.

Китайские ученые между тем смогли связать два узла квантовой памяти на расстоянии более 50 километров с помощью оптоволокна. Однако оптический квантовый компьютер пока уступает сверхпроводящему, поэтому оптическая связь полезна больше для квантовой коммуникации, нежели для вычислений.

Тест Белла – это эксперимент, направленный на доказательство принципа квантовой теории, говорящего о том, что наблюдение одной частицы мгновенно влияет на состояние связанной с ней частицы, где бы она ни находилась. Это означает, что информация от частицы к частице передаётся быстрее скорости света. В ходе теста измеряется состояние частиц в детекторах, соединенных «линией связи».

Квантовые компьютеры позволяют использовать особое свойство физического мира, недоступное обычным вычислительным устройствам, – квантовую когерентность. Благодаря этому в конкретный момент времени весь компьютер может находиться не в каком-то одном состоянии, как классический компьютер, а сразу в практически неограниченном количестве состояний. Это позволяет решать вычислительные задачи существенно быстрее стандартных ЭВМ. Пока реализованы только простейшие квантовые системы, которые могут выполнять ряд фиксированных алгоритмов. Полноценный квантовый компьютер – это пока лишь гипотетическая разработка. Однако задействованные в таком компьютере квантовые эффекты позволят решать определенные вычислительные задачи существенно быстрее стандартных ЭВМ.

*Источник: rossaprimavera.ru, 09.03.2020*

### **Изолировать кубит от внешних помех поможет ... другой кубит**

Чувствительность кубитов, теряющих квантовую когерентность при малейших возмущениях окружающей среды, заставляет конструкторов максимально ослаблять управляющие импульсы, что ограничивает быстрдействие квантовых вычислений.

Коллектив Токийского медицинского и стоматологического университета (TDMU) в сотрудничестве с Университетом Токио и исследовательским институтом RIKEN теоретически показал, что подключение к цепи управления кубитом дополнительного кубита в качестве «Джозефсоновского квантового фильтра» (рис. 1) позволяет значительно снизить шумы и спонтанные



излучательные потери, ведущие к потере когерентности квантовой суперпозиции.

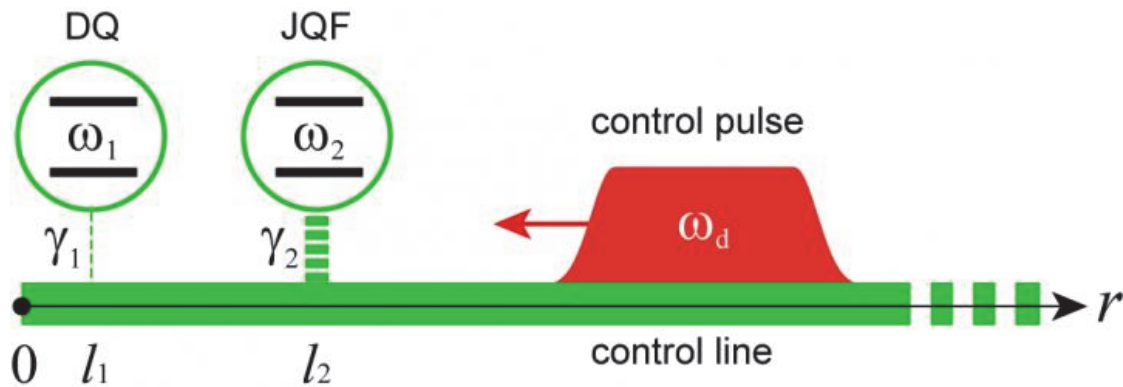


Рис. 1. Цепь управления кубитом с подключенным дополнительным кубитом

«В нашем решении кубит-фильтр действует как нелинейное зеркало, которое посредством деструктивной интерференции (сложение волн в противофазе) полностью отражает излучение от кубита, но, благодаря насыщению поглощения, пропускает сильные управляющие импульсы», – говорит первый автор статьи в *Physical Review Applied* Казуки Кошино (Kazuki Koshino).

По мнению участников работы, её результаты помогут приблизить будущее, в котором быстрые и надёжные квантовые компьютеры можно будет встретить в каждой деловой и исследовательской лаборатории. Многие фирмы, занимающиеся операционными исследованиями, планируют использовать квантовые компьютеры для решения задач оптимизации, слишком трудоёмких для классических компьютеров, тогда как химики хотели бы применить их для моделирования динамики атомов внутри молекул, а финансисты – для лучшей криптографической защиты сделок.

*Источник: ko.com.ua, 10.03.2020*

### **Дело случая: учёные открыли явление ядерного электрического резонанса**

Австралийские физики обнаружили возможность управления состоянием атомного ядра с помощью колебаний электрического поля. По словам учёных, явление ядерного электрического резонанса, предсказанное ещё в 1961 году, было открыто случайно. Исследователи уверены, что благодаря их работе появятся новые возможности в области наноэлектроники, а также разработки квантовых компьютеров и датчиков.

Физики из Университета Нового Южного Уэльса (Австралия) открыли явление ядерного электрического резонанса. Об этом сообщается в журнале Nature.

Возможность управления состоянием ядра атома с помощью колебаний электрического поля была предсказана нобелевским лауреатом Николасом Бломбергом в 1961 году. Однако решение задачи, стоявшей перед учёными почти 60 лет, было найдено в результате случайного стечения обстоятельств.

### *ЯЭР против ЯМР*

В настоящее время известно явление ядерного магнитного резонанса (ЯМР) – воздействие на ядра атомов с помощью внешнего электромагнитного поля. Генерация магнитных полей требует больших катушек и сильных токов, а область распространения таких полей очень сложно ограничить – они воздействуют на группу атомов.

С открытием ядерного электрического резонанса (ЯЭР) появляется возможность точечного управления ядрами атомов, полагают исследователи. В отличие от электромагнитного, электрическое поле можно создать на кончике крошечного электрода.

«Это открытие означает, что мы выходим на путь создания квантовых компьютеров, используя спин отдельного ядра, без необходимости создания осциллирующего магнитного поля», – говорит профессор квантовой инженерии Университета Нового Южного Уэльса Андреа Морелло, автор работы.

По его словам, воздействуя на квантовое состояние отдельных атомов, можно превратить их в высокоточные датчики магнитных и электрических полей.

Для сопоставления возможностей ЯМР и ЯЭР учёный сравнивает принципы их работы с бильярдным столом.

«Создание магнитного резонанса похоже на попытку передвинуть определённый шар на бильярдном столе путём поднятия и встряхивания стола, – продолжает Морелло. – Мы подвинем нужный нам шар, а вместе с ним и все остальные. Прорыв, связанный с использованием электрического резонанса, подобен тому, как если бы нам дали бильярдный кий».

### *Любопытство и случайность*

Эксперимент, который привёл к открытию, первоначально задумывался как попытка воздействовать с помощью ЯМР на ядро атома сурьмы и исследовать границу между квантовым миром и миром классической механики. Проект, по заверению самих учёных, был обусловлен чистым любопытством и не решал никаких прикладных задач. Более того, им ничего не было известно о предсказании Николаса Бломберга.

«Едва начав эксперимент, мы осознали: что-то не так. Ядро вело себя очень странно, отказывалось реагировать на одних частотах, но демонстрировало сильную реакцию на других. Это озадачило нас на некоторое время, а затем пришло озарение: вместо магнитного мы создали электрический резонанс», – вспоминает один из руководителей исследования Винсент Маурик.

По словам учёных, для проведения эксперимента требовалось сильное магнитное поле, для создания которого была сконструирована специальная антенна. При подаче большого количества энергии антенна оказалась частично повреждена, однако продолжала работать, создавая сильное электрическое поле вместо магнитного.

Дальнейшее исследование и компьютерное математическое моделирование ЯЭР показало, что электрическое поле искажает атомные связи вокруг ядра, заставляя его переориентироваться.

«Этот знаменательный результат – ключ от сокровищницы, полной открытий», – подытожил профессор Морелло.

По его словам, простой электронный прибор из кремния с небольшим электродом под низким напряжением открывает новую главу в области наноэлектроники, в разработке квантовых компьютеров и датчиков.

*Источник: russian.rt.com, 12.03.2020*

### **Физики провели неразрушающее измерение кубита в квантовой точке**

Физики из Австралии и Японии впервые провели квантовое неразрушающее измерение кубита, который состоял из одного электрона в квантовой точке. Ученые показали, что надежность такого измерения составляет более 99,6 процентов. Статья опубликована в Nature Communications.

Существует множество платформ, на основе которых можно построить универсальный квантовый компьютер. Однако, у каждого подхода есть свои недостатки. Например, сверхпроводящие кубиты имеют небольшие времена когерентности по сравнению с другими реализациями, а из холодных атомов трудно построить большой квантовый компьютер.

Квантовые точки – перспективная реализация кубитов, но и они имеют множество проблем. Одна из них – качественное измерение кубитов, которое не разрушает квантовое состояние системы. В данном контексте кубитами считаются одиночные электроны в квантовых точках, а состояния 0 и 1 описываются электронным спином.

Ученые из Австралии и Японии под руководством профессора Сейго Таруча (Seigo Tarucha) из научного центра RIKEN предложили измерять кубит в квантовой точке с помощью другого электрона, запутанного с кубитом. Такая реализация позволяет долго сохранять состояние рабочего кубита, что необходимо, например, для реализации кодов коррекции ошибок.

Для проверки неразрушающего считывания физики поместили два электрона в квантовые точки из Si/SiGe – один из электронов использовался в качестве рабочего кубита, а другой в качестве анциллы для измерения. Связь кубитов ученые контролировали магнитным полем, которое создавал микромагнит на чипе (рис. 2).

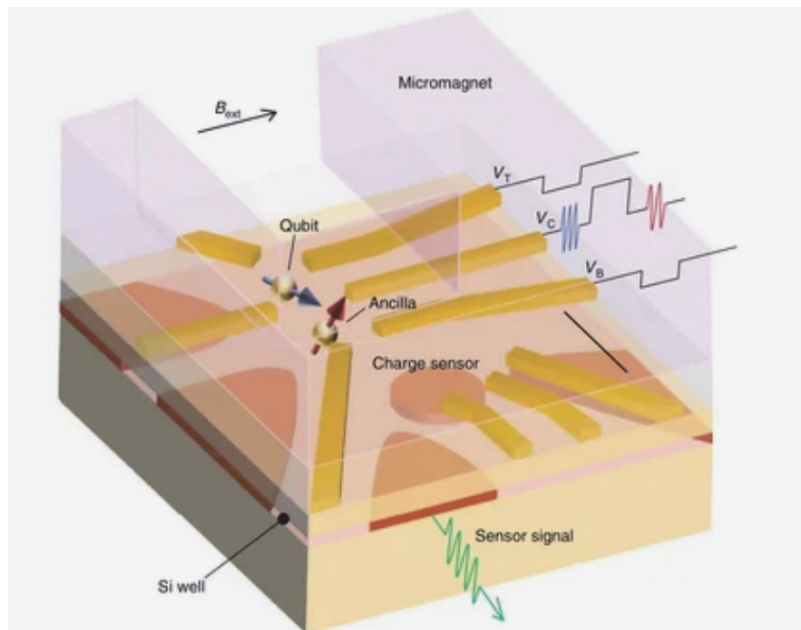


Рис. 2. Схема физической реализации двух кубитов, представляющих из себя два электрона, которые ученые поместили в квантовые точки.

Для того, чтобы использовать такое измерение в полноценных квантовых алгоритмах, необходимо проверить, что считывание состояния анциллы действительно не воздействует на рабочий кубит. Физики показали, что анциллу можно измерять более 30 раз, прежде чем рабочий кубит портится. Такое количество измерений исходит из-за небольшого времени жизни кубита, а не из-за реализации измерения. Единичное считывание с помощью анциллы дает правильный результат с вероятностью 99,6 процентов.

Более того, используя совместное считывание анциллы и кубита, исследователи показали, что состояние двух электронов сильно коррелированы, что является необходимым условием для проведения квантового неразрушающего измерения.

Квантовая схема измерения: рабочий кубит запутывается с анциллой, и затем анцилла измеряется (рис. 3).

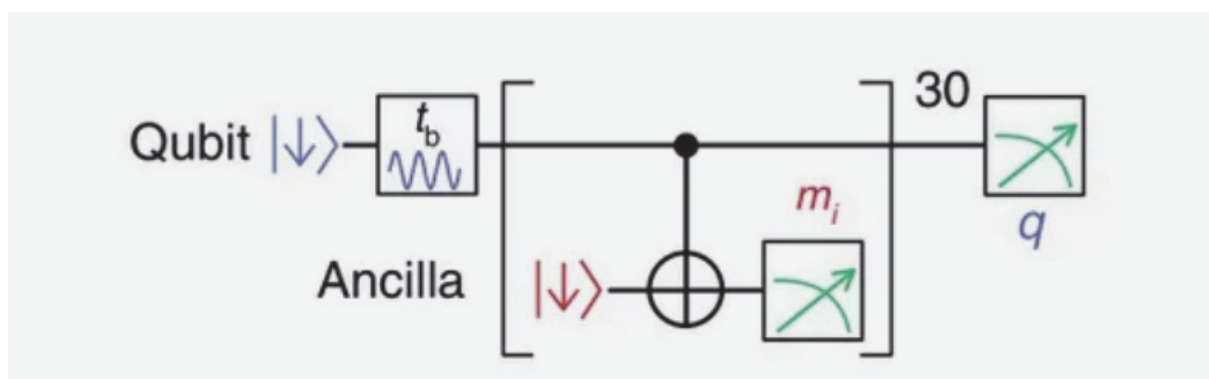


Рис. 3. Квантовая схема измерения: рабочий кубит запутывается с анциллой, и затем анцилла измеряется.

Для проверки метода считывания ученые так же измеряли рабочий кубит и сравнивали результаты.

С помощью разработанного физиками измерения появляется возможность промерять четность состояний многих кубитов, что позволяет быстро узнавать состояние мультикубитной системы. В сочетании с качественными одно- и двухкубитными операциями такой способ извлечения информации открывает дорогу к созданию устойчивых к ошибкам квантовых компьютеров на основе квантовых точек.

Источник: *nplus1.ru*, 03.03.2020

## 2D-материалы помогли управлять фазой света

Американские ученые показали, что тонкий материал, помещенный поверх пассивных кремниевых волноводов, может изменять фазу света так же сильно, как и существующие кремниевые фазовые модуляторы. Статья об открытии опубликована в журнале *Nature Photonics*.

Устройства для нанофотоники – оптических манипуляций в наноразмерном масштабе – становятся в последнее время все более популярными, поскольку исследователи ищут способы удовлетворения постоянно растущего спроса на обработку информации и коммуникации. Способность контролировать и манипулировать светом в нанометровом масштабе может использоваться в большом числе технологий, среди которых передача данных, визуализация, ранжирование, зондирование, спектроскопия, а также квантовые и нейронные схемы (например, лидары для самоуправляемых автомобилей).

Сегодня для этих целей повсеместно используется кремний благодаря своей прозрачности на телекоммуникационных длинах волн, способности к электрооптической и термооптической модуляции, а также совместимости с

существующими методами изготовления полупроводников. Кремниевая нанофотоника показывает большие успехи в области оптической передачи данных, фазированных решеток, лидаров, а также квантовых и нейронных схем. Но у нее есть две основные проблемы, препятствующие полной интеграции фотоники в эти системы: их постоянно расширяющаяся потребность в масштабировании оптической полосы пропускания и высокое потребление электроэнергии.

В новой работе команда исследователей из Колумбийского и Чикагского университетов совместно с коллегами из Университета штата Северная Каролина изучала электрооптический отклик диалкогенидов переходных металлов. Эти материалы ученые создали, нанеся поверх монослоя полупроводника оптический резонатор из нитрида кремния. Затем исследователи легировали этот монослой ионной жидкостью. При легировании материал приобрел уникальные свойства. При пропускании через него света очень сильно изменялась его фаза, в то время как оптические потери оставались на низком уровне.

Авторы показали, что новые материалы позволяют манипулировать фазой излучения значительно лучше обычно используемых для этой цели кремниевых фотонных модуляторов при сохранении постоянной величины оптических потерь. Дальнейшие работы ученых будут направлены на понимание механизма этого эффекта.

*Источник: indicator.ru, 25.02.2020*

### **Google позволит программистам создавать нейросети для квантовых компьютеров**

Google выложила в открытый доступ инструменты для создания программ машинного обучения на квантовых компьютерах. Грубо говоря, для нейросетей, которые будут работать на этих самых квантовых компьютерах. Ее назвали TensorFlow Quantum и в Google обещают, что она позволит программистам создавать нейросети, не особенно вникая в детали того, как эти самые квантовые машины работают. Более того, система позволит переключаться между двумя режимами реальный квантовый компьютер и симуляция квантового компьютера на обычном оборудовании. Это значит, что исследователи смогут написать программу и отладить ее на обычных устройствах, а запускать и получать результат уже на квантовых установках.

Что важно – писать программу можно на популярном сегодня языке программирования Python, да к тому же бесплатно, поскольку решение

находится в открытом доступе. Предполагается, что в будущем с развитием квантовых технологий такие нейросети смогут очень быстро решать задачи по поиску, например, новых лекарств, что сейчас актуально, поскольку преимущества квантовых компьютеров как раз в способности быстро перебирать огромные количества возможных вариантов. Но и сегодня есть реальные квантовые приложения, например Volkswagen создал сверхточный симулятор общественного транспорта для планирования автобусных маршрутов, а Telecom Italia квантовое приложение для оптимизации сетей 5G.

Сам факт того, что Google выложил решение в открытый доступ очень важен. Дело в том, что Framework, тензор TensorFlow, разработанный ИТ-гигантом стал своеобразным стандартом для разработчиков нейросетей. И, похоже, что компания хочет заложить основы того, чтобы создать и свой стандарт в области квантовых сетей, потому что конкурент Google Microsoft уже представил свой платный облачный сервис квантовых вычислений еще прошлой осенью. TensorFlow Quantum может стать ответом Google на это. А также это в очередной раз подчеркивает, насколько серьезно Google настроена на работу с квантовой техникой. В прошлом году компания представила свой квантовый компьютер «Сикомор» и заявила о достижении квантового превосходства. И хоть тогда это заявление вызвало массу вопросов, Google закрепил за собой звание лидера на этом поле.

*Источник: vesti.ru, 10.03.2020*

### **Ученые из США «запутали» пару фотонов в городских проводах**

Квантовую запутанность фотонов в городской оптоволоконной сети продемонстрировали ученые из Аргоннской национальной лаборатории Министерства энергетики США и Чикагского университета, сообщает интернет-издание NPRCwire.

Ученые создали запутанную пару фотонов и распределили их по двум оптоволоконным сетям длиной по 26 миль (около 42 км). После прохождения петель фотоны были обнаружены и их запутанность была подтверждена с высокой степенью точности.

Особенностью эксперимента стало использование в качестве канала передачи фотонов городской оптоволоконной сети в пригороде Чикаго. Обычно же для таких экспериментов используются специально построенные каналы передачи фотонов, защищенные от воздействий окружающей среды.

Эксперимент финансировался отделом фундаментальных наук Министерства энергетики США и проходил в рамках проекта создания так

называемого «квантового интернета» – канала передачи данных, в котором защита информации происходит на основе использования фундаментальных законов квантовой механики.

Отметим, что квантовая запутанность – это явление в квантовой механике, при котором квантовые состояния двух объектов оказываются взаимозависимы. Это означает, что если измерить состояние одного из объектов, то можно вычислить состояние второго объекта, который был «запутан» с первым.

*Источник: rossaprimavera.ru, 28.02.2020*

### **Физики: квантовые компьютеры могут сделать искусственный интеллект мощнее**

Модель квантовой нейронной сети и процесса ее обучения была описана коллективом авторов из Германии, Австрии и Великобритании в статье, опубликованной в журнале Nature.

Авторы смоделировали, как мог бы работать квантовый аналог системы искусственного интеллекта типа «персептрон» – одной из наиболее изученных моделей нейронных сетей, обычно используемой для распознавания образов. Такие модели, прежде, чем они смогут решать конкретные задачи распознавания, должны быть «обучены» на примерах.

Особое внимание было уделено устойчивости системы к шуму – специфическому для квантового компьютера явлению, связанному с потерей квантовой когерентности ячеек. Эта проблема, как можно предположить, долгое время будет одной из главных проблем квантовых компьютеров.

Оказалось, что и работа квантового персептрона, и процесс его обучения довольно устойчивы как к шуму компьютера, так и к неточности входных данных. Кроме того, оказалось, что квантовый «персептрон» может обучаться быстрее классического благодаря тому, что квантовая природа сигналов помогает ему избегать характерных для его классического аналога ситуаций, при которых обучение резко замедляется.

Было отмечено, что и для работы, и для обучения квантового «персептрона» достаточно иметь квантовый компьютер с количеством кубитов, равным количеству нейронов в каждом слое. Кубит – физическая ячейка квантового компьютера, находящаяся в квантовой когерентности с другими. Их количество – важнейшая характеристика квантового компьютера

Отметим, применение квантовых компьютеров к задачам искусственного интеллекта – пока еще гипотетическое направление квантовых вычислений.



Классические нейронные сети могут «научиться» решать прямые задачи, такие как распознавание образов.

При этом выработка механизма, который будет находить в изображении элементы или черты, позволяющие различить объекты разных классов, идет автоматически, на основе наборов образцов, правильных ответов и автоматического анализа сделанных ошибок. В таком случае программист освобожден от необходимости самостоятельно искать, от каких признаков должен отталкиваться алгоритм, и какая логика должна быть в него заложена.

Квантовые компьютеры позволяют использовать особое свойство физического мира, недоступное обычным вычислительным устройствам, – квантовую когерентность. Благодаря этому в конкретный момент времени весь компьютер может находиться не в каком-то одном состоянии, как классический компьютер, а сразу в практически неограниченном количестве состояний.

Это открывает возможность, например, быстрого решения обратных задач: поиск образца, который удовлетворил бы заданным условиям. Так, уже известны квантовые алгоритмы, позволяющие быстро определить, какой ключ шифрования используется в данной цифровой подписи или в данном сообщении. Нет только квантовых компьютеров с достаточным количеством кубитов.

Перспективы сочетания квантовых вычислений и искусственного интеллекта в публичном пространстве пока еще обсуждаются в основном лишь в общих чертах, хотя заявления о работе в этих направлениях поступали, например, от NASA, Google и от Российского квантового центра.

*Источник: rossaprimavera.ru, 25.02.2020*

### **IBM усомнилась в возможности России создать квантовый компьютер**

Американская IBM опережает Россию и другие страны и компании в создании квантового компьютера, заявил старший вице-президент американской компании Арвинд Кришна.

«Я думаю, мы опережаем другие страны на десятилетие, если не больше. Но если посмотреть на некоторых конкурентов, то, я думаю, мы опережаем их на три-четыре года. И я боюсь, что они очень быстро догоняют», – сказал руководитель.

В числе конкурентов Кришна упомянул Google, Honeywell и представителей Китая, однако усомнился в подобных возможностях России. «Россия объявила, что потратит несколько миллиардов (рублей на создание квантового компьютера). А также объявили Великобритания, США и Канада. Я

думаю, это не значит, что у них есть возможность сделать это», – отметил вице-президент.

По его мнению, для существенного прогресса в области квантовых технологий необходимы инновации в области современного экспериментального материаловедения и соответствующие научные компетенции.

«Я очень уважаю Россию. Когда я учился в аспирантуре, я прочитал много учебников и материалов, которые написали русские математики и физики. Но насколько это можно использовать? Может ли квантовый компьютер быть создан по доступной цене – это большой вопрос», – сказал Кришна.

В ноябре 2019 года директор по цифровизации «Росатома» Екатерина Солнцева заявила, что госкорпорация разрабатывает проект квантового компьютера, на который планируют выделить 24 миллиарда рублей.

В сентябре того же года газета Financial Times сообщила, что Google создала самый мощный в мире квантовый компьютер, способный на порядки быстрее проводить вычисления, чем Summit от IBM, считающийся мощнейшим в мире суперкомпьютером.

В ноябре 2017 года руководитель направления квантовых компьютеров IBM Дарио Гил сообщил, что разработчики создали работающий прототип вычислительной машины мощностью 50 кубитов (квантовых битов).

В классическом компьютере информация представлена с помощью битов, принимающих только значения 0 или 1. В квантовом компьютере понятие (классического) бита обобщается до квантового бита (кубита), принимающего бесконечное число значений, каждое из которых является квантовой суперпозицией базисных состояний 0 и 1 (пара значений квантовой характеристики частицы, например, атома, электрона или фотона, в частности, ориентация спина). Физическими носителями в таком устройстве выступают, например, специальные сверхпроводящие твердотельные материалы, частицы в которых могут быть приведены в особое возбужденное (квантовое) состояние, идентифицируемое как состояние кубита. Управлять подобным материалом (и квантовыми состояниями) можно, например, лазером.

*Источник: lenta.ru, 26.02.2020*

## **Ученым удалось связать две ячейки квантовой памяти через 50-километровый оптический кабель**

Объединенная группа исследователей из нескольких китайских научных учреждений преуспела в деле создания прозрачной «запутанной» связи между двумя ячейками квантовой памяти при помощи оптоволоконного кабеля, длиной более 50 километров. Для реализации запутывания квантовой памяти на больших расстояниях ученым пришлось найти пути решения целого ряда сложных проблем, тем не менее, в данной технологии имеется и ряд других проблем, которые ученым еще предстоит решить, прежде чем эту технологию можно будет использовать в практических целях.

Отметим, что ученые уже достаточно давно работают над созданием так называемого «квантового Интернета», аналога существующей глобальной сети, но намного более защищенного и безопасного. Одним из путей реализации является использование квантовых ключей, которые позволяют абонентам на концах коммуникационной линии узнать о факте постороннего вмешательства в процесс обмена информацией. Для этого требуется проведение измерений квантового состояния фотонов света, являющихся носителями квантовых ключей, это состояние может быть нарушено из-за вмешательства неблагоприятных факторов окружающей среды, что делает данный метод не очень практичным.

Другим подходом к созданию квантового Интернета является использование запутанных частиц для формирования сети. И у этого подхода также имеются свои проблемы и трудности в реализации, квантовые частицы, переносящие состояние квантовой запутанности, также очень чувствительны к окружающей среде и имеют короткое время существования, в течение которого сохраняется их квантовая природа.

Тем не менее, несмотря на имеющиеся проблемы, квантовые технологии постепенно движутся вперед. Группа китайских исследователей, о которой шла речь в самом начале, сначала успешно запутала ячейки квантовой памяти, которые находились в двух разных зданиях, разделенных расстоянием в 20 километров. Позже этот эксперимент был упрощен, ячейки памяти находились в одной лаборатории, а их запутывание производилось при помощи бухты оптоволоконного кабеля, длина которого превышала 50 километров.

В первом эксперименте использовалось маленькое облако атомов, которые все были помещены в определенное квантовое состояние, заключенное в полости специальной оптической впадины. Это позволяло атомам взаимодействовать с фотонами света, посредством которых осуществлялись операции чтения и записи информации. При записи информации облако атомов излучало фотон света, что говорило об успешном выполнении этой операции.

Излученный фотон света имеет определенную поляризацию, в которой отражается коллективное состояние атомов облака и это можно использовать для запутывания одной ячейки памяти (облака атомов) с другой. Для того, чтобы этот фотон мог пройти через оптоволокно большой длины, не исказившись и не растеряв заключенное в нем квантовое «содержимое», его длина волны была изменена при помощи специального устройства. Эффективность такого процесса оказалась не очень высока и составила всего 30 процентов на дистанции в 20 километров.

Во втором эксперименте в качестве ячеек квантовой памяти использовались уже фотоны света, которые запутывались друг с другом через оптоволокно, длиной в 50 километров.

К сожалению, пока еще ни одна из технологий, о которых речь шла выше, не способна обеспечить создание квантового Интернета. Тем не менее, оба эксперимента являются достаточно значимыми шагами, которые приближают ученых к их конечной цели.

*Источник: [dailytechinfo.org](http://dailytechinfo.org), 28.02.2020*

### **Китайский ученый Сюэ Цикунь стал лауреатом международной премии Фрица Лондона-2020 за квантовое открытие**

Китайский ученый Сюэ Цикунь получил премию Фрица Лондона-2020. Эта международная премия присуждается ученым, внесшим выдающийся вклад в развитие физики низких температур. Об этом заявил комитет науки и технологий Пекина.

Сюэ Цикунь, глава Пекинской академии квантовых информационных наук, награжден за созидательный вклад в экспериментальное открытие квантового аномального эффекта Холла, который позволит ускорить развитие электроники с низким энергопотреблением.

Премия Фрица Лондона присуждается каждые три года. Она признана высшей наградой в области физики низких температур в мире. После учреждения в 1957 году она была присуждена более 50 известным физикам. Сюэ Цикунь стал первым китайским ученым, получившим эту премию, сообщил указанный комитет, который работает при городском правительстве Пекина.

Сюэ Цикунь также является академиком Академии наук Китая и проректором престижного университета Цинхуа. Его исследовательская команда выиграла Государственную награду в области естественных наук 2019 года за квантовое открытие.

Он известен как «профессор 7-11», потому что в ранние годы своей учебы за границей его часто видели входящим в лабораторию в 7 часов утра и выходящим из нее в 11 часов вечера.

Церемония вручения премии Фрица Лондона-2020 состоится на 29-й Международной конференции по физике низких температур, которая пройдет с 15 по 22 августа в Японии, сообщил комитет.

*Источник: russian.china.org.cn, 25.02.2020*

### **Описан и смоделирован в эксперименте новый тип квантовых состояний**

Группа ученых из Университета ИТМО при участии коллег из МФТИ и Университета Турина предсказала новый тип квантовых топологических состояний двух фотонов и предложила доступный способ экспериментальной проверки сделанных предсказаний. Метод основан на построении аналогий – вместо дорогостоящих опытов по созданию квантовых систем с двумя и более запутанными фотонами исследователи использовали резонансные электрические цепи, работа которых описывается похожими уравнениями. Полученные результаты могут приблизить создание оптических чипов и квантовых компьютеров без проведения дорогостоящих экспериментов. Работа опубликована в журнале Nature Communications.

Свет занимает важнейшее место в современных информационных технологиях – именно с помощью света информация передается по оптоволоконным кабелям на огромные расстояния. В будущем ученые предсказывают создание оптических чипов и компьютеров, в которых информация будет обрабатываться при помощи световых частиц – фотонов, а не электронов, как сейчас. Это заметно снизит потребление энергии и повысит скорость вычислительной техники, но для этого необходимы активные фундаментальные и практические исследования поведения света в микро- и наномасштабе.

Физики Университета ИТМО при участии коллег из МФТИ и Университета Турина теоретически предсказали образование нового типа квантовых состояний фотонов, в которых два фотона образуют связанную пару и оседают на краю цепочки из квантовых микрорезонаторов – кубитов. Для проведения соответствующих экспериментов необходимы специальные наноструктуры, приборы для создания квантовых состояний фотонов, а также аппаратура для их регистрации. Такие эксперименты доступны небольшому числу групп во всем мире.

Если проводить полноценный эксперимент слишком дорого, то можно попытаться придумать какую-то модель или аналогию, которая позволила бы проверить те или иные теоретические положения без столь серьезных затрат. У группы физиков из Университета ИТМО получилось это сделать: они использовали аналогию в виде электронной платы.

«Мы подключаем внешнее питание к разным точкам на нашей плате и с помощью мультиметра и осциллографа следим за откликом системы, – поясняет аспирант Университета ИТМО Никита Олехно. – Результат описывается классическими уравнениями, которые в нашей плате математически строго совпадают с системой квантовых уравнений, описывающих двухфотонные состояния в квантово-оптической системе. У одинаковых уравнений должны быть одинаковые решения, а как назвать переменную – волновой функцией фотона или электрическим потенциалом – уже не важно».

Конечно, полностью заменить эксперименты с квантовыми системами аналогия ученых из Университета ИТМО не может. Однако с разработанной ими классической структурой можно провести целый ряд экспериментов, что существенно снизит общую стоимость изучения явлений квантовой фотоники. То, что петербургским ученым впервые удалось подобрать аналог для изучения поведения системы из двух связанных фотонов, открывает интересные перспективы применения их разработки.

«Теория опережает возможности эксперимента. Чтобы быть на переднем крае теории, мы рассматриваем тонкие эффекты, которые в квантовом эксперименте можно будет обнаружить только через несколько лет, – поясняет руководитель проекта, старший научный сотрудник Университета ИТМО Максим Горлач. – Мы проводим сейчас целый ряд исследований в этом направлении, рассматривая топологические краевые состояния более экзотических квантовых систем и разрабатывая способы их аналогового моделирования. Проведение таких экспериментов будет иметь важное значение как для фундаментальной физики, так и для прикладных разработок будущего».

*Источник: indicator.ru, 21.03.2020*

### **Учёные из Сколтеха нашли ограничения в квантовом алгоритме Google**

Команда ученых из Deep Quantum Labs Центра по фотонике и квантовым материалам Сколтеха во главе с профессором Джейкобом Биамонте обнаружила и количественно оценила слабые стороны алгоритма Google.

Google стремительно разрабатывает квантово-улучшенные процессоры, которые используют квантово-механические эффекты, чтобы в один прекрасный день значительно увеличить скорость обработки данных.

Недавно Google разработал новые улучшенные квантовые алгоритмы, которые работают в присутствии реального шума. Так называемый квантовый приближенный алгоритм оптимизации, или сокращенно QAOA, – краеугольный камень на пути к помехоустойчивым квантовым алгоритмам.

QAOA вызвал огромный коммерческий интерес и подтолкнул мировое исследовательское сообщество к изучению новых способов его применения. Тем не менее ни один алгоритм не идеален, но до недавнего времени ограничения в производительности алгоритма QAOA Google были неизвестны.

В статье, опубликованной учеными из Сколтеха в престижном журнале *Physical Review Letters* сообщается об открытии так называемых «дефицитов достижимости» и демонстрируется, как они мешают алгоритму решить поставленные задачи.

Авторы исследования – аспиранты Сколтеха, Акшай Вишванатан и Харифан Филатонгю. До поступления в Сколтех Акшай выиграл премию за магистерскую диссертацию по фотонике в Университете науки и технологии Кочин (CUSAT) в Индии, а Харифан присоединился к Сколтеху после получения степени магистра в области фундаментальной физики в Имперском колледже Лондона, куда он приехал по стипендиальной программе из Тайланда.

*Источник: shraibikus.com, 10.03.2020*

## **Квантовые компьютеры смогут работать при комнатной температуре**

Исследование, проведенное международной группой специалистов, приближает эпоху квантовых компьютеров, способных функционировать при комнатной температуре. Об этом сообщается в публикации Национального исследовательского технологического университета «МИСиС».

Квантовые вычислительные системы оперируют квантовыми битами, или кубитами. Они могут одновременно принимать значение и логического нуля, и логической единицы. Поэтому с ростом количества используемых кубитов число обрабатываемых одновременно значений увеличивается в геометрической прогрессии.

На сегодняшний день в существующих квантовых системах наиболее распространены кубиты на сверхпроводящих материалах или на одиночных

атомах в оптических ловушках. Однако для работы таких комплексов требуются сверхнизкие температуры, что оборачивается колоссальными затратами на постоянное охлаждение.

Новое исследование открывает путь к кубитам, функционирующим в обычных условиях. В работе приняли участие российские специалисты из НИТУ «МИСиС», а также их коллеги из Швеции, Венгрии и США.

Учёные нашли способ создавать стабильные полупроводниковые кубиты из карбида кремния (SiC). Специалистам удалось выяснить, какая именно структурная особенность позволяет таким кубитам работать при комнатной температуре.

«Карбид кремния и ранее рассматривался как перспективный материал для создания кубитов, однако в ряде случаев такие кубиты сразу же «перегорали» при комнатной температуре. Задачей учёных было выяснить, при какой модификации материала работа была бы стабильной. Разработка открывает новые перспективы в создании квантового компьютера, который бы стабильно работал при комнатной температуре», – говорится в сообщении.

*Источник: 3dnews.ru, 07.03.2020*

### **«Квантовые ямы» удешевили создание полупроводниковых кубитов**

Физики выяснили, как без использования дорогих алмазов можно создавать стабильные полупроводниковые ячейки квантовой памяти (кубиты), не требующие охлаждения до абсолютного нуля. Статью с описанием их работы опубликовал научный журнал Nature Communications.

«Квантовые системы, созданные на основе дефектов в полупроводниках, особенно перспективны для создания масштабируемых квантовых компьютеров. Их сложно использовать из-за нестабильностей, которые ограничивают качество кубитов и не дают им работать при комнатных температурах. Мы выяснили, как обойти эти проблемы», – пишут исследователи.

Сейчас есть несколько разных типов кубитов, которые специалисты создают на базе сверхпроводников, одиночных атомов или ионов, охлажденных до сверхнизких температур, а также различных полупроводниковых конструкций. В «квантовой гонке» по созданию все более сложных компьютеров пока лидируют первые три типа ячеек памяти, так как их работой удобнее управлять, а сами кубиты такого типа меньше ошибаются при вычислениях.



Полупроводниковые кубиты не так удобны в работе, однако они, как предполагают теоретики, будут лучше подходить для того, чтобы создавать сложные вычислительные машины, которые объединяют в себе тысячи или даже миллионы квантовых ячеек памяти. За последние годы физики достигли существенного прогресса в их разработке, научившись управлять так называемыми NV-центрами.

#### *Бриллианты и «квантовые ямы»*

NV-центрами исследователи называют особые дефекты, атомы азота или других элементов, которые «затесались» в толщу полупроводникового материала – обычно это алмазы и различные соединения углерода. Появление чужеродных включений внутри них создает особое пустое место с необычными свойствами, подобными тому, как если бы там находился атом углерода в «замороженном» состоянии.

По сравнению с другими типами квантовых ячеек памяти, NV-кубит существуют довольно долго, однако их поведением и скоростью обновления достаточно сложно управлять. Другой их недостаток заключается в том, что для того, чтобы они могли надежно исполнять квантовые логические операции, почти все варианты подобных кубитов, за исключением NV-центров в алмазах, нужно охлаждать до сверхнизких температур.

Профессор МИСиС Игорь Абрикосов и его коллеги обнаружили, что эту проблему можно обойти, если встроить внутрь карбида кремния или других дешевых полупроводников особую структуру, которую физики называют «квантовой ямой». Так ученые называют область пространства, в которой движением и состоянием частиц управляют законы квантовой физики.

Подобную яму, как выяснили ученые, можно создать рядом с NV-центром, убрав или сместив один из слоев карбида кремния, рядом с которыми находится этот дефект. В таком случае кубит стабилизируется и не теряет своих свойств, если пытаться с ним работать при комнатных температурах. Свое теоретическое предсказание физики проверили, «накачивая» лазером дефекты в листе из карбида кремния и изучая их структуру при помощи рентгеновского кристаллографа.

Это открытие, как надеются Абрикосов и его коллеги, может сделать полупроводниковые кубиты значительно дешевле и позволит вычислительным приборам на их основе обходиться без громоздких и дорогостоящих систем охлаждения. Вдобавок, материалы аналогичной структуры уже сейчас ее можно применять при создании сверхточных магнитометров и сенсоров для изучения живых клеток.