

## МНЕНИЕ

# Квантовый компьютер изнутри

«Есть ли в современной физике какие-то задачи, сравнимые с большими проблемами прошлого, или же остались лишь локальные?» — рассуждает старший научный сотрудник Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН к.ф.-м.н. **Илья Игоревич Бетеров**. И тут же отвечает на свой вопрос: «Иногда квантовые вычисления относят именно к глобальным вопросам (потому что непонятно, можно ли их реализовать в необходимом масштабе), очень много людей занимается этим, сотни или тысячи групп по всему миру. Другие относятся к самой идее квантового компьютера скептически и либо считают, что его так никогда и не создадут, либо он не будет иметь практической ценности»



Тем не менее, интерес к нему, по словам ученого, связан с тем, что логика развития физики как науки в последние десятилетия такова: исследователи научились хорошо работать с одинокими квантовыми объектами и системами — нужно их изолировать от внешнего окружения, исследовать свойства и законы взаимодействия друг с другом. Следующий шаг — воплотить заложенный фундаментальный потенциал: наиболее простым и очевидным применением видятся квантовые вычисления.

Кстати, сама их идея имеет во многом отечественное происхождение. Еще в 1973 году математик **Александр Семенович Холево** доказал теорему, названную его именем и посвященную тому, сколько информации может храниться в каком-либо состоянии квантовой системы. Затем в 1980 году **Юрий Иванович Манин** сформулировал мысль о том, что, может быть, нужно моделировать поведение сложных структур такого рода, используя более простые — «квантовые автоматы». «Его идеи не были широко известны, так как публиковались в специализированной книге, полной вычислений и формул и выпущенной ограниченным тиражом. Широко известен квантовый компьютер стал годом позже, когда похожие суждения высказал известный физик **Ричард Фейнман**. С тех пор количество людей, которые занимаются проблемой таких вычислений, стало быстро расти. Не в последнюю очередь это связано с тем, что любая квантовая система в принципе пригодна для последних, и какая из них будет лучше, сейчас неизвестно», — рассказывает Илья Бетеров.

## Атомы: охладить и возбудить

В лаборатории, которой руководит д.ф.-м.н. **Игорь Ильич Рябцев**, ученые занимаются исследованиями ультрахолодных (то есть охлаждаемых до сверхнизких температур) и высоковозбужденных атомов. После всех необходимых манипуляций они начинают взаимодействовать друг с другом, и таким образом мы видим результаты этого партнерства на уровне отдельных частиц. «Это представляет большой интерес для реализации квантовых вычислений с их использованием. Надо сказать, что в мире этой тематикой занимается не так много людей, например, непосредственно квантовые операции с атомами пытаются делать только одна группа из университета Висконсина», — поясняет Илья Бетеров.

Судьба атомов, участвующих в исследованиях в качестве объектов, весьма сложна. В главной части установки — вакуумной камере — присутствуют пары рубидия (собственно, с этими частицами и идет работа). Это щелочной металл, и хорош тем, что, имея всего один электрон во внешней оболочке, по поведению напоминает водород. Кроме того, переходы между квантовыми состояниями в нем попадают в диапазон, доступный при

использовании самых распространенных полупроводниковых лазеров, поэтому рубидий легко охлаждать до сверхнизких температур.

Итак, с шести сторон на атом действуют лазеры, тормозящие его движение, плюс катушки, которые создают магнитное поле, нужное для удержания. И то, и другое призвано затормозить частицы и «привести» их в нужную область, где дальше можно с ними работать. Это магнитооптическая ловушка. Кроме того, есть и возбуждающее излучение — оно приводит к тому, что атом находится на границе ионизации и начинает «чувствовать» своих соседей, даже если они находятся на относительно большой (по их меркам, разумеется) дистанции. Соответственно, это позволяет реализовывать квантовые логические операции, когда состояние одной частицы должно меняться в зависимости от влияния другой. «Это ключевой момент (и самый трудный) для создания квантового компьютера, — отмечает Илья Бетеров. — Наша экспериментальная работа больше сосредоточена именно на этом».

Кроме того, в лаборатории разрабатываются и подтверждаются численные расчеты оригинальные схемы квантовых вычислений. Например, ученые придумали такую, в которой кодирование информации происходит в состоянии не единичного атома (поскольку он вещь хрупкая и его легко потерять), а большого ансамбля, причем, число «участников» в нем может быть случайным.

В первую очередь, подобные системы применяются для решения ряда задач, которые считаются с точки зрения обычных компьютеров неосуществимыми. «Это означает, что при увеличении размера массива входных данных число шагов, необходимых для обработки этого массива, растет по экспоненте, и мы очень быстро достигнем предела возможностей любой вычислительной машины, — объясняет Илья Бетеров. — Например, к таким вещам относится разложение больших чисел на простые множители, что, кстати, лежит в основе многих шифровальных схем. Или же поиск в неупорядоченной базе данных. Квантовый компьютер позволяет выполнить эти расчеты за конечное время. Другое приложение, более перспективное — попытки моделировать сложные квантовые системы с помощью более простых. Самое «жизненное» применение информатики такого типа сейчас, конечно, криптографические задачи». Тем не менее, ученый добавляет: «Я считаю, что отдача для фундаментальной науки от квантовых вычислений будет больше, чем их практическая значимость».

## Рукотворные частицы

«Как только что можно было увидеть, — начинает младший научный сотрудник ИФП СО РАН **Анна Алексеевна**

**Лямкина**, — прибор для реализации ансамбля частиц — это вакуумная камера, электрические и магнитные поля, охлаждающие лазеры, регистрирующие устройства. Размер установки — несколько кубометров, и иметь такой квантовый компьютер не очень практично. Но есть другая возможность его реализации: взятые искусственные атомы, так называемые квантовые точки, представляющие собой кусочек одного полупроводника в матрице другого. Если сделать этот фрагмент настолько маленьким, чтобы в нем началось квантование уровня энергии, по своим оптическим свойствам он будет очень похож на атом».

Такие структуры, уверяет ученый, в некотором смысле гораздо лучше, чем обычные, «натуральные» атомы — которых в таблице Менделеева много, но все равно конечное количество, к тому же рукотворные квантовые точки можно делать разными как по размерам, так и по длине волны. Кроме того, существенным плюсом подобной системы является то, что к ней можно в прямом смысле слова подключить провода, «накачивая» ток, а не лазерным излучением. В результате объем всего устройства будет с мобильный телефон, но в нем тоже реализуются нужные алгоритмы, так что в этом случае квантовый компьютер получит более реалистичную конфигурацию.

Тем не менее, не все так просто и очевидно. «Фотон, несущий в себе информацию, выходя из квантовой точки, летит в произвольном направлении. Это нас не устраивает, особенно если он один-единственный, и хорошо бы направить его туда, где вы его будете ловить, — улыбается Анна Лямкина. — Одна из

идей — поместить квантовую точку в резонатор и ограничить зеркалами, причем не простыми, а брэгговскими, состоящими из слоев диэлектриков. Такие структуры можно выращивать, и эта технология хорошо отработана в нашем институте под руководством **Владимира Анатольевича Гайслера**».

Есть и другая мысль, которую специалисты ИФП СО РАН активно стараются развивать: расположить рядом с квантовыми точками металлические частицы — оказывается, они могут работать как антенны, но эти полезные свойства «вкрапленных» в гибридных системах не ограничиваются. «Одно из преимуществ квантовых компьютеров — это операции с фотонами, и когда вы переходите на этот уровень, то резко повышаете скорость передачи информации. Проблема в том, что фотоны относительно большие — микрон, а стандарт полупроводниковой технологии подразумевает размер транзистора в 22 нанометра, это намного меньше. Таким образом, на одной плате микронных ячеек можно поместить не очень много, и плотность информации понизится. Один из способов решить эту задачу — опять же металлические частицы, потому что если они оказываются в поле фотона, то в них тоже возникают колебания, причем, на той же частоте. То есть мы сохраняем огромную скорость и резко уменьшаем размер. Эта область — нанофотоника — сейчас бурно развивается, в том числе и в ИФП СО РАН, где мы изучаем гибридные металл-полупроводниковые системы, по сути, элементную базу для квантовых компьютеров».

Екатерина Пустолякова  
Фото Юлии Поздняковой

## Конкурс

**ФГБУН «Научный центр клинической и экспериментальной медицины» Сибирского отделения Российской академии медицинских наук** объявляет конкурс на замещение вакантной должности ведущего научного сотрудника лаборатории структурных основ патогенеза социально-значимых заболеваний (кандидата наук по специальности 14.03.02 «патологическая анатомия») — 1 вакансия; ведущего научного сотрудника лаборатории структурных основ патогенеза социально-значимых заболеваний (кандидата наук по специальности 03.03.04 «клеточная биология, цитология, гистология») — 1 вакансия; научного сотрудника лаборатории молекулярных механизмов свободнорадикальных процессов (кандидата наук по специальности 03.03.04 «клеточная биология, цитология, гистология») — 1 вакансия; ведущего научного сотрудника лаборатории эндокринологии (доктора медицинских наук по специальности 14.03.03 «патологическая физиология») — 1 вакансия. Срок подачи документов — не позднее одного месяца со дня опубликования объявления. Дата проведения конкурса — не позднее двух месяцев со дня выхода объявления, на ближайшем заседании Ученого совета. Место проведения конкурса: ФГБУ «НЦКЭМ» СО РАМН, г. Новосибирск, ул. Тимакова, 2, каб. 412. Заявления и документы направлять по адресу: 630117, г. Новосибирск, ул. Тимакова, 2. Объявление о конкурсе и перечень необходимых документов размещены на сайте института <http://centercem.ru/>. Справки по тел.: 333-68-23 (отдел кадров).

**ФГБУН Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН** объявляет конкурс на замещение должности на условиях срочного трудового договора: научного сотрудника в лабораторию физической химии конденсированных сред по специальности 02.00.04 «физическая химия» — 1 вакансия. Требования к кандидатам — в соответствии с квалификационными характеристиками, утвержденными постановлением Президиума РАН от 25.03.2008 г. № 196. Срок подачи документов — в течение двух месяцев с даты публикации объявления. Дата конкурса — 25 декабря 2014 г. Заявления и документы направлять по адресу: 630090, г. Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 3. Объявление о конкурсе и перечень необходимых документов размещены на сайте института (<http://www.niic.nsc.ru/>, раздел «Новости») и Президиума СО РАН (<http://www.sbras.ru/>). Справки по тел.: 330-79-49 (отдел кадров).

**ФГБУН Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН** объявляет конкурс на замещение должностей на условиях срочного трудового договора, заключаемого с победителями конкурса по соглашению сторон: научного сотрудника в лабораторию палеонтологии и стратиграфии мезозоя и кайнозоя (кандидат наук по специальности 25.00.02 «палеонтология и стратиграфия») — 1 вакансия, младшего научного сотрудника в лабораторию экспериментальной сейсмологии —

1 вакансия, научного сотрудника в лабораторию геодинамики и палеомагнетизма — 1 вакансия. Требования к кандидатам — в соответствии с квалификационными характеристиками, утвержденными постановлением Президиума РАН от 25.03.2008 г. № 196. Срок подачи документов — не позднее двух месяцев со дня публикации объявления. Дата проведения конкурса: по истечении двух месяцев со дня выхода объявления, на ближайшем заседании конкурсной комиссии. Место проведения конкурса: ИИГ СО РАН, г. Новосибирск, пр. Коптюга, 3, каб. 413. Заявления и документы направлять по адресу: 630090, г. Новосибирск, пр. Ак. Коптюга, 3. Объявление о конкурсе и перечень необходимых документов размещены на сайте института ([www.ipgg.sbras.ru/](http://www.ipgg.sbras.ru/)). Справки по тел.: 333-08-58 (отдел кадров).

**ФГБУН Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН** объявляет конкурс на замещение должностей: заведующего лабораторией лесных культур, микологии и фитопатологии по специальности 06.03.01 «лесные культуры, селекция, семеноводство» и 03.02.12 «микология», специалист по лесным культурам и микологии, наличие ученой степени доктора биологических наук; старшего научного сотрудника в лабораторию мониторинга леса по специальности 03.02.08 «экология» (специализация — математическое моделирование и статистический анализ пространственной структуры и динамики лесных экосистем), наличие ученой степени кандидата физико-математических наук; научного сотрудника в лабораторию физико-химической биологии древесных растений по специальности 03.02.08 «экология» (со специализацией в области биохимии и анатомии древесных растений), наличие ученой степени кандидата биологических наук; младшего научного сотрудника (0,5 ставки) в лабораторию лесных культур, микологии и фитопатологии по специальности 06.03.01 «лесные культуры, селекция, семеноводство», специалист по лесным культурам и зеленому строительству; младшего научного сотрудника в лабораторию биогеохимических циклов в лесных экосистемах по специальности 25.00.25 «геоморфология и эволюционная география» (со специализацией — ландшафтные исследования распределения органического углерода). Документы для участия в конкурсе подавать в течение одного месяца со дня опубликования объявления. Дата и место проведения конкурса — 25 декабря 2014 г. в 10:00 в конференц-зале ИЛ СО РАН. Требования к участникам конкурса в соответствии с квалификационными характеристиками, утвержденными постановлением Президиума РАН № 196 от 25.03.2008 г. Условия конкурса — с победителями конкурса заключается срочный трудовой договор по соглашению сторон. Объявление о конкурсе и перечень необходимых документов размещены в сети интернет на сайте института ([forest.akadem.ru/](http://forest.akadem.ru/)). Документы на конкурс подавать по адресу: 660036, г. Красноярск, Академгородок, 50, стр. 28, комн. 145. Справки по тел.: 249-44-68 (отдел кадров).