

## **Квантовые компьютеры.**

Владислав Миркин, ктн.

**Что же такое квантовый компьютер? Для человека, который привык к программированию на обычном компьютер, то, что пишут о квантовом компьютере, выглядит странным и непонятным. И если еще можно физически представить себе те устройства, которые могут записать некоторую информацию в так называемом кубите (в одной статье сказано, что бит — это тумблер с двумя положениями, а кубит — это переключатель с множеством положений), то понять, каким образом положение и динамика изменений положения кубита связана с алгоритмом решаемой задачи, почти невозможно. Даже поверхностное знакомство с описанием работы квантовых компьютеров показывает, что часто слово «квантовый» используется совершенно неправомерно. А для меня все усугубляется тем, что в моем понимании никакой суперпозиции и перепутывания частиц (как то говорит квантовая механика) просто не существует. Но, если квантовые компьютеры работают, то что же все-таки является физической основой их работы?**

### **1. Постановка задачи.**

Существуют задачи, решение которых на обычных компьютерах (и даже на суперкомпьютерах) требует миллионов и миллиардов лет (см. например, [1]). То есть, на практике такие решения никому не нужны.

В качестве классического примера можно привести задачу о взаимном движении трех гравитирующих тел. Дело в том, что на каждую пару из этих трех тел влияет текущее положение третьего тела, само же положение которого зависит от двух других тел. Вы можете теперь начать пересчитывать все возможные точки, в которых окажутся эти тела, а также скорости их движения, но таких точек и векторов их скорости будет практически бесконечное множество. Истоком проблемы является то, что закон всемирного тяготения, который используется для расчета, записан для двух тел, и ничего здесь нельзя поделать.

Вообще-то, можно было бы использовать «природный компьютер»: взять три тела, заставить их двигаться во взаимном перемещении и записать все те положения тел, которые мы при этом зафиксируем аппаратурой. То есть, в качестве компьютера мы используем эксперимент (а, собственно, эксперимент и есть тот самый природный компьютер), в котором используется не придуманный нами закон взаимодействия между телами, но именно природный закон взаимодействия.

Осуществить текой «расчет» на практике достаточно сложно: на любой планете, включая Землю, такие три тела сразу же упадут на землю (упадут и два, и одно), и никакого движения в реальности не будет. Однако, даже если мы подождем, а затем сможем лет через 100 запустить в космическое пространство три таких тела, то даже в этом случае их взаимное движение в таком эксперименте-компьютере будет описано на миллиарды лет раньше, чем мы смогли бы это рассчитать на суперкомпьютере. Но, чтобы не ждать результатов такого «расчета», попробую

привести другой пример, в котором легко провести эксперимент.

Если взять октавную лампу бегущей волны (ЛБВ — усилитель СВЧ диапазона), то при усилении некоего сигнала частоты  $f$  у нее на выходе появится не только усиливаемый сигнал, но и его достаточно мощная вторая гармоника (с частотой  $2f$ ), сравнимая по величине с основным сигналом. Собственно, то же самое будет с любым широкополосным усилителем и даже генератором. Со второй гармоникой можно бороться: для этого на вход усилителя можно наряду с основным сигналом подать сигнал этой самой второй гармоники в нужной фазе (имеется ввиду, что вторая гармоника произведена тем же усилителем, который усилил первую гармонику, иначе невозможно обеспечить ее постоянную фазу во времени). Необходимость подачи в нужной фазе определяется тем, что в зависимости от фазы сигнала второй гармоники ее величина на выходе может меняться в десятки, или даже в сотни раз, и при этом меняется и ее фаза. Кроме этого в десятки раз может меняться и величина выходной мощности на частоте основного сигнала.

Необходимую вторую гармонику можно брать с выхода ЛБВ, правильно выбирать ее фазу (просто изменяя длину цепи обратной связи) и подавать на вход ЛБВ наряду с основным сигналом. Написанное легко представить, но практически невозможно рассчитать: мы рассчитали параметры ЛБВ, определили величину второй гармоники на выходе и ее фазу, подали на вход часть сигнала второй гармоники, и на выходе увидели, что вторая гармоника уменьшилась в сто раз, а также поменяла фазу. Но, если вы теперь подадите на вход то, что у вас получилось после второго шага, то уровень второй гармоники может возрасти в сто раз, а фаза тоже станет какой-то другой. И будет «крутиться» эта ситуация десятки, сотни, тысячи раз, и вы можете никогда не согласовать данную систему. А вот в эксперименте согласование происходит мгновенно (практически мгновенно, поскольку за несколько секунд можно подобрать оптимальный коэффициент обратной связи и фазу второй гармоники). Более того, любое сочетание параметров, полученное в эксперименте, будет устойчивым, в отличие от полученных в расчете, вне зависимости от того, является ли это сочетание оптимальным.

Итак, эксперимент является очень быстрым «компьютером», действие которого определяется **истинными физическими закономерностями** (давайте зафиксируем такое представление). А потому мы можем верить таким расчетам.

## **2. Истинны ли физические закономерности в квантовых компьютерах?**

Когда спрашиваешь у специалистов, на чем основана работа квантовых компьютеров, имея ввиду физические основы (а уже если совсем точно, то меня интересует вопрос, каким образом связаны между собой действия с кубитом с алгоритмом решения задачи), то обычно отвечают, что такой физической основой является квантовая механика. А точнее два ее положения: суперпозиция и перепутанность. И это совершенно непонятно, поскольку никому непонятно, что происходит в квантовой механике с микрочастицами. А мне непонятно, поскольку на самом деле никакой суперпозиции и перепутанности в природе не существует, а существуют они только в наших знаниях (по крайней мере, именно так считал

Шредингер), а, вернее, в незнании природных процессов.

Все помнят рассуждения физиков о котике, запрятанном в ящике (котике Шредингера). До тех пор, пока мы не откроем ящик, мы не сможем сказать, жив кот, или мертв: мы можем лишь сказать, что с некоторой вероятностью  $P\%$  он жив, а с вероятностью  $(100-P)\%$  он мертв. Другими словами, состояние кота и любого другого объекта, или процесса мы можем оценить лишь как суперпозицию двух (или больше) состояний, имеющих противоположный (или ортогональный) смысл. Почему-то такое положение наших знаний об изучаемых объектах приписали только квантовой механике, хотя наличие тех самых «ящиков» в окружающей природе достаточно большое.

### **2.1. Суперпозиция в обычной жизни и в микромире.**

Если рассматривать жизнь человека с позиции историка, изучающего тысячелетия, то человек для него — это треть времени сон, треть времени работа и треть времени валяние дурака. И сказать, в какой фазе сейчас находится человек, невозможно, можно лишь указать эти проценты. И это и есть суперпозиция (я здесь опускаю философские споры о разнице суперпозиции и смешивании состояний, поскольку, несмотря на их высокоинтеллектуальную аргументированность, их все равно невозможно отличить друг от друга). Но, если историк нашел способ описать жизнь человека с интервалами в один час, то он точно может сказать, где сейчас находится человек. Никакой суперпозиции уже нет. Суперпозиция исчезла, как только мы нашли «детектор» с высокой разрешающей способностью во времени. Как легко можно увидеть, в вышеприведенных рассуждениях нет ничего «квантового», а это означает, что в обычной жизни происходит все то же самое, что и в квантовой.

В обычных компьютерах в качестве логических элементов используют детекторы, самым маленьким возможным содержимым которого является атом материала детектора. В таком атоме быстрое действие определяется временем перехода и существования электрона на некоторых орбитах вокруг ядра. Можно считать, что это время порядка  $10^{-8}$  секунды, и уменьшить его нельзя. Тогда любые процессы, протекающие с большей скоростью (например, вращение электрона вокруг ядра атома водорода оценивается в  $10^{18}$  оборотов в секунду), могут оцениваться лишь в вероятностном ключе (электрон находится в данной точке своей орбиты с вероятностью  $?\%$ ). Так может быть дело не в суперпозиции, а в скорости датчиков? Кстати, те элементы, которые используются в квантовых компьютерах, на самом деле намного более скоростные, чем в обычных компьютерах.

Есть еще одно «невнятное» (наверное, корреляционное) проявление свойств природы, которое по непонятной причине относят к квантовомеханическому свойству, называя его суперпозицией (в реальности я не слышал, что закон подлости с бутербродом относят к квантовой механике, но если можно туда отнести кота, то почему нельзя бутерброд: ведь с ним происходит все то же самое). Например, бутерброд падает маслом вниз. У нас нет четкой зависимости, что в  $100\%$  случаев так будет, но все равно мы видим, что таких падений явно больше  $50\%$ . Механизм нам не ясен (мне ясен, см. работу [2]), а потому мы можем предположить, что все-

таки такой механизм существует. Бутерброд может падать в пропорции 60 на 40, но механизм не может существовать в такой пропорции: он либо существует, либо нет. И как только мы видим, что соотношение 60 к 40, то, значит, такой механизм есть (но, наверное, сразу следует предположить, что существует и другой механизм, который иногда блокирует первый механизм). Для практики (то есть, для быстрого действия) важно, что мы принимаем такое решение не после миллионов попыток (чтобы создать статистически значимое число), а на основании десяти попыток (особенно тогда, когда соотношение 80-20, или даже 90-10). Думаю, что ни один человек не ронял бутерброды более, чем 10-15 раз за жизнь, вряд ли кто-то вел статистику по большому количеству людей. А потому формулировка закона подлости о бутерброде просто возникла на основании эмоций людей, которые лишь в немногих случаях уронили бутерброды. Но, тем не менее, закон-то работает: бутерброды и в самом деле чаще падают маслом вниз. Это всего лишь шуточный пример «суперпозиции» в обычной жизни.

## **2.2. Возможные методы ускорения работы обычных компьютеров.**

Один из путей — уже рассмотренное использование более быстрых элементов. Второй — это то, что иногда для принятия статистически верного решения нам не нужны миллионы попыток. Третий способ в том, что импульс напряжения в ячейке нарастает во времени, но как только напряжение начинает нарастать, то мы уже можем сказать, что там будет единица, и нет нужды ждать, когда ячейка наполнится даже до 80% своего нормального значения. И все это сокращает время операций.

То есть, мы можем констатировать, что суперпозиция (еще раз повторю за Шредингером, что в наших знаниях) появилась потому, что у нас просто нет датчиков, минимальный рабочий период которых был бы короче, чем период в природном процессе (на практике мы не можем измерять секунды годами).

В книге [1] показано, как создать регистры, производящие свои действия во много раз быстрее, чем это делают элементы в обычных компьютерах. Коротко скажу, что для этого используют фотоны, или ионы в электростатических ловушках с двумя устойчивыми положениями. И, на мой взгляд, это позволяет сильно увеличить скорость работы компьютера. И, поскольку эти скоростные элементы работают с отдельными микрочастицами, то такие элементы являются элементами квантового компьютера. Наверное, здесь использование термина «квантовые» вполне обосновано, но пока неясно, почему такие элементы нельзя поставить в обычный компьютер.

## **2.3. Временной «барьер» между квантовым и обычным компьютерами.**

Но какой временной «барьер» преодолел квантовый компьютер, когда решал некую задачу (оптимизировал работу аэропорта с целью уменьшения времени простоев самолетов), когда 1 миллиард лет (даже больше) работы суперкомпьютера уложил в 200 секунд работы квантового (таково сообщение в литературе)?

Быстродействие компьютера определяется тактовой его частотой. Обычные ее значения лежат в районе 1 ГГц (1 миллиард периодов в секунду). Рекордные значения указаны в районе 8,2 ГГц, или почти  $10^{10}$  периодов в секунду. И, как мы

знаем, такой компьютер просчитывает проблему миллиард лет ( $3,15 \cdot 10^{16}$  с). Это число больше 200 с в  $1,58 \cdot 10^{14}$  раз. То есть, чтобы достичь той же скорости решения задачи на обычном компьютере, нам следует увеличить быстродействие используемых генераторов тактовой частоты и всех других элементов более, чем на 14 порядков. Как я уже писал выше, даже частота вращения электрона в атоме водорода ( $10^{18}$  Гц) всего лишь на 8 порядков выше частоты самого быстрого генератора тактовой частоты. То есть, если считать, что быстродействие тех элементов, которые используются в квантовых компьютерах на 5-8 порядков выше, чем у элементов обычного компьютера, то у нас все равно остается разрыв в 6-9 порядков.

Есть еще одна «скрытая» возможность увеличения быстродействия обычного компьютера. Скрытая потому, что до сих пор не решен вопрос, сводится ли работа мозга к работе очень сложного компьютера, или нет. Но одно и самое важное сейчас ясно: мозг, как и любая сложная система, не может работать без генератора тактовой частоты. И это ясно хотя бы потому, что во всех живых организмах происходит преобразование качественных (аналоговых) признаков (длинные ноги, голубые глаза) в «буквенные», генные (цифровые) признаки. И мы абсолютно точно знаем, что цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразователи могут работать только при наличии генератора тактовой частоты.

Какова же его частота у человека?

Давайте поймем простую вещь: любая живая (и, наверное, неживая) система должна существовать в условиях как можно более независимых от внешних воздействий. Иначе нас просто бы замучили эти воздействия. То есть, если такой генератор существует, то его частота должна лежать в областях «непрозрачности» атмосферы Земли. Такие «окна» есть в диапазонах порядка 26 и 60 ГГц. В свое время под общим руководством академика Н.Девяткова проводились работы по влиянию СВЧ излучений на человеческий организм. И было установлено, что на частотах порядка 60 ГГц такое «информационное» влияние есть. Влияние названо информационным, поскольку его интенсивность была недостаточна для увеличения температуры хотя бы на 0,1 градуса (а мы ведь функционируем в интервале, наверное, десятка градусов, и все у нас нормально). Но тем не менее влияние излучения было существенным по последствиям. Это дает право предположить, что у человека частота тактового генератора может быть порядка 60 ГГц. Ну что же, мы всего лишь сократили разрыв меньше, чем на один порядок, чего нам явно недостаточно.

То есть, мы должны сделать вывод, что разница в быстродействии битового и кубитового компьютеров не только в скорости срабатывания элементов.

### **3. Рассмотрим теперь перепутанность.**

Говоря формально-математически, перепутанность заключается в том, что два множества событий связаны между собой не случайным образом, а коррелированы (то есть не в 100% случаев, но чаще, чем в 50%). Анализ неравенства Белла является способом оценить такую корреляцию в неких сложных случаях (в простых случаях

она видна невооруженным взглядом). В этом смысле неравенство Белла не описывает физические свойства анализируемых объектов, а лишь оценивает результаты неких измерений. Точно так же это неравенство позволит оценить корреляцию любых математически построенных множеств.

### **3.1. Формальные истоки перепутанности.**

А.Эйнштейн и Н.Бор вели продолжительный спор об интерпретации квантовой механики (см. парадокс ЭРП, например, в Википедии): имеет ли место локальный реализм (А.Эйнштейн), или мы обязаны избавиться от «устаревших» понятий локальности и реальности (Н.Бор). До того времени, когда Дж.Белл предложил свое неравенство для оценки результатов экспериментов, адекватного ответа не существовало. Но и после этого эксперименты удалось провести только с парами фотонов (не протонов и электронов, которые мы в отличие от фотонов все-таки считаем веществом), испущенных одновременно одним атомом в противоположных направлениях (тем самым связанных законами сохранения). Результаты опытов (и даже самого строгого из них — опыта А.Аспе) показали, что эти два фотона «связаны между собой» (коррелированы) на любом расстоянии и за время корреляции меньше, чем время, за которое свет преодолел бы расстояние между ними. Это — не локальный признак, не реальный признак, это — квантовомеханический признак, то есть связь в единой волновой функции этих двух фотонов, или просто перепутанность фотонов. А что еще тут придумаешь?

Сложность оценки результатов экспериментов (о которой я делал намеки выше) в том, что атом излучает фотоны как бы сам по себе. Поляризаторы, с помощью которых оценивалась поляризация фотонов (а в опытах определялась именно она), вращают плоскость поляризации независимо от момента вылета фотонов, поэтому плоскость поляризации поляризатора не всегда совпадала с поляризацией фотонов. То есть, не в каждой паре удавалось замерить амплитудное значение интенсивности фотонов. Чтобы понять, связаны фотоны некой зависимостью или чисто хаотически (то есть, не связаны вообще), и пришлось вводить достаточно сложный анализ Белла.

Но ведь есть связи, в которых наличие или отсутствие корреляции видно сразу. И, более того, причина корреляция тоже видна невооруженным глазом.

### **3.2. Давайте подбрасывать монеты.**

Давайте проведем простейший эксперимент (возможно даже мысленный, но очевидный): будем подбрасывать монеты.

Если бы мы взяли две обычные монеты в руки и ударили бы по ним с неконтролируемой силой, то совпадение сторон у упавших монет было бы в половине случаев с минимальным отклонением от 50%. Но пусть эти две монеты будут предельно одинаковыми по распределению в них вещества, положим их на идеально одинаковые подставки и будем ударять по ним в идеально одинаковых местах с идеально одинаковой силой. В этом случае совпадение (если монеты изначально лежали одинаково) будет в 100% случаев. То есть, одинаковость распределения масс и сил ударов гарантирует одинаковое количество оборотов

монет, если, конечно обе монеты подбрасываются в одном месте Земли (возможно на полюсах и экваторе, а также в местах с гравитационными аномалиями они бы делали разное количество оборотов). Но не будем же мы говорить при такой сильной корреляции, что две монеты связаны единой волновой функцией, поскольку мы точно знаем, что корреляция осуществляется гравитационным полем Земли (то же будет на любой планете). И тогда, анализируя результаты опытов исследователей с фотонами, можно предположить, что фотоны связаны не между собой, а связаны с неким третьим элементом, который заставляет их вести себя так, как ведут монеты в поле гравитации.

Я бы еще предложил следующую аналогию. Если запустить одновременно 10 тыс. космических кораблей, каждый с 5-ю космонавтами, то очевидно, что положения их тел относительно друг друга и относительно поверхности Земли будет абсолютно хаотичным. Но в условиях земной гравитации все люди либо стоят перпендикулярно ее поверхности, либо лежат параллельно ей. Здесь можно говорить о полной корреляции положений тел.

Таково действие третьего элемента (гравитации) вне зависимости от того, куда и зачем передвигаются люди.

Еще одним аналогом эксперимента с запутанными фотонами является распространение волны основного типа через прямоугольный волновод. Если взять прямоугольный волновод, с какой бы скоростью мы ни пытались скрутить его за фланцы, на фланцах всегда основной тип волны будет ориентирован одинаково: вектор электрического поля направлен перпендикулярно широкой стенке и максимален в ее середине. То есть, волновод является теми «рельсами», которые заставляют основной тип волны ориентироваться не хаотически, а по направлениям стенок во всех точках волновода.

### **3.3. Демон Максвелла, или «третий» элемент, пропущенный в неравенстве Белла.**

Как видно из приведенных примеров, в которых связь между хорошо коррелированными элементами совершенно очевидна и явно не мистическая, никакие эксперименты с коррелированными фотонами не могут дать окончательного ответа на вопрос об отсутствии локального реализма (который вполне может быть основан на наличии третьего элемента), поскольку заранее его отбрасывают, вернее, заменяют некой мистической связью между фотонами. Собственно, вся математика Белла построена на взаимодействии двух элементов и не предполагает третьего элемента (похоже, это именно тот «демон», которого искал Максвелл).

И тогда, чтобы окончательно ответить на возникающий вопрос, следует провести подобный эксперимент с двумя фотонами, вылетевшими практически одновременно в противоположных направлениях от двух независимых атомов, то есть, с «незапутанными», или «неперепутанными» фотонами (тут у разных физиков такая «высокая» игра мысли, что даже не могут придумать адекватный термин). Если же и здесь обнаружится нарушение неравенства Белла (что весьма вероятно),

то это и будет признаком существования этого третьего элемента, поисками «следов» которого был так озабочен А.Эйнштейн и многие другие физики, и который помог бы нам объяснить множество пока еще необъясненных явлений. К сожалению, Эйнштейн и другие физики искали математическое проявление такого элемента, но не его физическую модель. И это вообще стало основным недостатком современной науки.

Вообще, можно отметить следующий факт: придумать математические множества, которые непосредственно связаны между собой, можно, но практически не существует физических явлений, в которых бы отдельные события были непосредственно связаны между собой: они почти всегда связаны через третий элемент. И в своих работах я показал, что таким третьим элементом во многих задачах может быть униполярно заряженный эфир.

То есть, перепутанность частиц — не квантовомеханическое свойство частиц микромира, а коррелирующее действие такого эфира. Но, возможно, квантовому компьютеру все равно, за счет чего связаны частицы: то ли волновой функцией, то ли коррелирующим действием эфира. А, поскольку коррелирующие свойства эфира от нас не зависят, то очень многие вещи мы не можем закладывать в работу квантового компьютера по своему усмотрению, и поэтому квантовые компьютеры нельзя программировать, и они могут решать не все задачи.

#### **4. Некоторые типы задач, которые решаются квантовыми компьютерами.**

Итак, квантовые компьютеры могут решать не все типы задач. Давайте же посмотрим на то, какие задачи ими решаются.

##### **4.1. Лабиринты.**

Во-первых, это логистические задачи с лабиринтами. То есть, если придумать (или он сам возник в природе) сложный лабиринт с одним входом и одним выходом, то его расчет (единственный путь от входа к выходу) может продолжаться миллиарды лет. Как в той легенде с изобретением шахмат, когда автор попросил в качестве гонорара удваивать количество зернышек на каждую последующую клетку шахматной доски и сложить все зерна: сколько шах ни спрашивал о конечном числе зерен, ему отвечали: «Считаем». И в самом деле трудная и долгая задача: если лабиринт состоит из  $N$  секций, в каждой из которых  $n$  элементов, то в конце расчета необходимо рассмотреть  $N^n$  вариантов.

Но представьте себе следующее. Вы делаете фотографию лабиринта сверху. Затем на 3D-принтере изготавливаете модель данного лабиринта. И, если теперь подать внутрь лабиринта воду, то уже через несколько секунд вы увидите, что вода вытекает из выхода, а, если в воду добавлены точечные красители, то увидите поток воды через весь лабиринт. Вот и весь расчет.

Понятно, что физической основой такого «расчета» является закон физики, который утверждает, что в каждой точке воды в ее объеме давление действует во все стороны одинаково (на самом деле не совсем одинаково, иначе не было бы течения). Кстати, похожим способом люди пользовались в пещерах-лабиринтах с незапамятных времен: они наблюдали наклон пламени в сторону выхода.



В разговоре о квантовом компьютере нам все время говорят о суперпозиции в спинах фотона, или каких-то иных положений атома, или другой частицы. Вроде бы здесь явная аналогия с давлением, действующим во все стороны. Но в воде в лабиринте я понимаю связь давления воды в любой точке в лабиринте с тем, какую задачу и каким образом мы хотим решить. А как связано положение в кубите с алгоритмом и с целью решения задачи? Отражает ли положение кубита **истинную природную закономерность**, о которой говорилось во вводной части? Я понимаю, что тот эфир, который я рассматриваю, может быть похожим на воду: если подать разность потенциалов между входом и выходом, или на вход подавать электромагнитную волну, то на выходе мы ее зафиксируем (ослабленную, или усиленную в зависимости от прибора) при любой конфигурации «лабиринта» (то есть замедляющей системы, как это имеет место в ЛБВ). То есть, здесь мы видим реальное течение некой материи (эфир — это материя), которое и является решением задачи, то есть, **истинной природной закономерностью**. Но как в кубите отражена хоть какая-то закономерность, связанная с алгоритмом решения задачи? Тем более, что как утверждается, квантовые компьютеры не программируются, то есть, работают сами по себе, и надо только ждать их положения через некоторое время.

Я не могу избавиться от ощущения, что кубит, имеющий некую структуру (это вполне физическое устройство), **не связанную** с решаемой задачей, «вертится» сам по себе, а мы потом (в конце «расчета») фиксируем его положение и поступаем в соответствии с тем, как мы договорились воспринимать положение кубита. Это похоже на то, как мы пытаемся решить труднейшую задачу (например, выбрать мужа, оптимизируя признаки — красивый, молодой, сильный, богатый, умный, ласковый и другое), решить (выбрать) не можем и просто подбрасываем монету. Самый простой квантовый компьютер. Самое интересное: мы либо ошибемся (ну, тогда ничего страшного: развод), либо не ошибемся. Но компьютер-то все равно прав.

Лабиринты бывают не только с одним входом и одним выходом, но и с многими входами и выходами и с множеством иных условий их работы. Так упрощенно можно интерпретировать многие логистические схемы. Прочитал про то, что за 200 секунд на квантовом компьютере удалось решить логистическую задачу оптимизации работы аэропорта, которую пришлось бы решать на обычном компьютере миллиард лет (целью было сокращение времени простоев самолетов в аэропорту). Мне кажется, что эту (и многие другие задачи по логистике товаров, информации и так далее) можно бы решать по аналогии с лабиринтом, создавая схемы расположения «складов» и «транспортных артерий» (под кавычками я понимаю любые точки концентрации и любые пути передачи) созданием самых разных схем (число их ограничено разумным образом). Затем их (схемы) можно нарисовать, изготовить на 3D-принтере и пропустить через них воду. Сравнивая сопротивление разных схем при разных углах наклона от входа к выходу, можно попытаться найти ту из них, которая создает наименьшее сопротивление. Это и будет «оптимизацией», но только среди нескольких вариантов, зато с учетом тех

закономерностей, которые по аналогии мы можем попытаться считать **истинными природными закономерностями**. Да и то, только потому, что вы решили, что это и в самом деле оптимизация. Но зато красиво. То есть, я понял бы работу квантового компьютера, если бы кубиты были изготовлены в виде, напоминающем реальные схемы оптимизируемых объектов. То есть, были бы аналоговыми моделями. Но, мне кажется, что все здесь совсем не так, а вот как, совершенно непонятно.

#### **4.2. Построение белковой молекулы.**

Другая логистическая задача: как природа умудрилась создать живые существа (да, собственно, просто белки) в такой короткий срок?

Итак, при случайных взаимодействиях вероятности спонтанного построения белков, тем более, клеток, а, тем более, органов столь чудовищно малы, что если бы даже вся Вселенная стала первичным бульоном, то на создание всего этого потребовались времена, по сравнению с которыми жизнь Вселенной была бы молекулой в океане и даже намного меньше.

Давайте рассмотрим самую простую задачу: вероятность построения белковой молекулы длиной в 60 аминокислотных остатков была бы равна приблизительно  $10^{-78}$ . Перебор вариантов с абсурдно недостижимой скоростью один в секунду (это не скорость протекания химической реакции, это скорость изменения условий ее протекания, при которых в результате реакции будут получаться разные вещества) потребовал бы при этом времени  $10^{58}$  продолжительности жизни Вселенной. Собственно, видно, что даже скорости переходов электронов с одного энергетического уровня на другой (порядка  $10^{-8}$  в секунду) не слишком сильно (всего лишь на 8 порядков) изменяют ситуацию. Предположение, что жизнь занесена из Космоса, не решает проблему, поскольку Вселенная старше Земли всего в три-четыре раза.

Названные малые цифры вероятностей (и большие числа времени) следует уменьшить (увеличить) в еще большее число раз, поскольку мы должны учитывать не только те двадцать нужных для жизни аминокислот, но и вероятность отсутствия в белковых молекулах ненужных аминокислот. А ведь всего аминокислот более ста различных наименований. И все последующие усложнения биологических образований будут иметь вероятность несравненно более низкую, а перебор вариантов будет более медленным.

И здесь мы наталкиваемся на некую странность. Биологи не случайно начали изучать лингвистику. Давайте рассмотрим пример печатающей на машинке обезьяны. Вероятность удара по клавише приблизительно в два раза меньше, чем вероятность выбора аминокислоты (40 клавиш и 20 аминокислот). Следовательно вероятность написания обезьяной осмысленной фразы в 60 знаков без ошибок будет меньше вероятности построения нужной белковой молекулы аналогичной длины в  $2^{60}$  раз. Руководствуясь логикой сторонников стохастического перебора вариантов, делаем заключение, что создание любого языка требует времени  $10^{78}$  продолжительности жизни Вселенной (при одном ударе в секунду). Но за несколько тысяч лет люди создали примерно шесть тысяч языков (и с десятков из них

невероятной сложности). Такое оказалось возможно, поскольку язык строится по совершенно иному принципу. При некотором упрощении можно считать, что в языке остается первый подходящий вариант. Это не требует длительного времени.

Таков же, по-видимому, сценарий возникновения белковых молекул. Однако признать это нам мешает некоторая логическая ошибка. Установив, что определенным качествам биологических объектов соответствуют определенные наборы генов, мы поверили, что эти качества могут быть записаны таким и только таким образом. Эта же ошибка по ассоциации была перенесена и на белки.

Не кажется ли нам по аналогии, что в данной ситуации природа выполнила роль квантового компьютера, правда, в отличие от кубита, сделала это совершенно «осмысленно», поскольку вовсе не добивалась самого лучшего решения, а удовлетворилась тем, что получилось. И таков один из путей решения логистических задач. Я лично не думаю, что любое найденное решение является самым оптимальным.

Фактически перед нами задача типа логистической, в которой из миллиарда возможных решений (на самом деле разговор идет о гораздо больших числах) приемлемыми решениями будут 999 миллионов. Другими словами, эволюция природы идет не по переходам с вероятностью, чуть отличной от нуля, а с вероятностями, близкими к 100%. И это надо, наконец, понять всем ученым, какими бы умными они себя ни считали.

Конечно, смешно говорить о «компьютере», который решает задачи на миллиарды лет, но без него задача вообще решена бы не была.

### **4.3. Логистика шахмат.**

Не знаю, можно ли считать игру в шахматы аналогией работе квантового компьютера, но рассмотреть ситуацию считаю необходимым, поскольку в игре есть намеки на ускоренное решение возникающих задач. Мы знаем, что уже в «стародавние» времена (еще при Каспарове) проводились игры человека-шахматиста с компьютером. И, как ни странно, победили компьютеры (хоть и с незначительным преимуществом).

Но вот что интересно: мы знаем о началах партий, названных именами шахматистов, мы знаем великие шахматные комбинации, которые были придуманы еще в докомпьютерные времена (просто в средневековье), мы хоть каждый день в интернете можем видеть ролики, в которых самые разные шахматисты проводят великолепнейшие комбинации, начинающиеся жертвой фигур и даже ферзей и форсированно приводящие к выигрышу партии, но мы так и не увидели ни одной «похожей» комбинации, придуманной компьютером.

Понятно, что компьютер оценивает позицию, исходя из тех критериев, которые в него заложили (а здесь каждой фигуре дали некую «цену»). Кроме того, в него можно заложить и оценку позиции с учетом известных комбинаций, но во всех партиях, сыгранных компьютером против самых сильных шахматистов, мы ни разу не увидели комбинаций, начинающихся жертвой ферзя. Но в то же время даже самые сильные шахматисты иногда попадают под такие комбинации (то есть, мы не

можем сказать, что компьютер не использовал такие комбинации из-за того, что его противники играли очень сильно).

В шахматах иногда возникают ситуации, когда спокойная, планомерная игра с постепенным улучшением позиции одного из игроков, с постепенным приобретением материала приводит к выигрышу в течение 30-40 ходов. Но неожиданно находится практически «нелогичный» ход, который в 5-6 ходов форсированно приводит к выигрышу. И, как очень часто, такой ход начинается с жертвы фигуры. Как рождаются такие ходы в головах у шахматистов?

Если рассматривать ситуацию шире, то как возникают «революционные» решения в науке и технике? Ведь все остальные ученые и инженеры лишь немного изменяют параметры изучаемых объектов. Зачем Галилео Галилей полез на Пизанскую башню, чтобы сбросить с нее ядро и пулю, если сам Аристотель написал, что тяжелые предметы падают быстрее легких? Что заставило его пренебречь знанием, которое опробировало себя уже в течение 1,5 тыс. лет?

Можно, конечно, говорить, что все новые решения возникают в подсознании. Но мы отвечаем на вопрос : «Где, но не почему». Можно сказать, что решение может быть найдено, если искать его на «нелогичном» пути (кстати, в этом преимущество человека). И даже рекомендовать каждый раз, решая задачу, обязательно просчитывать эти «нелогичные» пути (что, кстати, можно и запрограммировать). Но пока я не вижу связи в работе квантового компьютера и «озарений» в шахматах. Хотя вижу возможность «ускоренного» решения задач.

За счет быстродействия компьютер может просчитать позицию на большее число ходов, чем человек, и в этом его явное преимущество. Но и компьютер не может рассчитать все варианты возможных ходов в любой данной позиции: он должен где-то оборвать свой расчет, тем более, что и компьютер ограничен во времени. И в этой ситуации мы не можем быть уверены в том, что компьютер нашел самый лучший ход. Он нашел лучший из просчитанных ходов.

Человек и компьютер вынуждены обрывать свой расчет, но они все равно ведь тратят на расчет много времени. А что если решать задачу выбора ходов другим способом? Что если каждый игрок в каждой позиции будет назначать (чисто интуитивно) некоторое заданное число возможных ходов и вместо того, чтобы долго их просчитывать, просто будет «бросать жребий»: и тем самым выбирать ход случайным образом, как это имеет место в игре в кости, или чуть в меньшей степени в игре в карты. Интересно, как тогда изменится игра в шахматы? Понятно, что кто-то победит, или будет ничья (то есть, будет некий результат, который нам ничто не мешает назвать решением задачи). Будут ли тогда великие комбинации в шахматах? Потеряет ли игра интерес? Сможет ли начинающий шахматист обыграть чемпиона мира? Но раз люди играют в кости, то и в такие шахматы они могут играть тоже. И, на мой взгляд, это будет интересно. Но одно ясно, таким путем можно создать не только игру, но и создать нечто новое в технике, эволюции и отношениях между людьми (и это тем более, что никто ведь не знает, идем ли мы по самому оптимальному пути, и было ли ошибкой то решение, которое мы когда-то приняли).

И сделать это ускоренными методами. Давайте рассчитаем некую условную ситуацию. В некой шахматной позиции можно сделать 40 возможных ходов (на самом деле гораздо больше), у противника на них есть 40 вариантов ответа, на каждый из которых у вас будет тоже 40 ответных ходов. Если вы просчитываете ситуацию хотя бы на 2,5 хода вперед, то должны рассмотреть  $40^5$  вариантов, что приблизительно  $10^8$  вариантов. И это требует некоторого времени расчета. Но если каждый раз вы будете «бросать жребий» при выборе хода, то затраты времени уменьшатся приблизительно во столько же раз.

То есть, мы все время делаем выбор одного варианта из ста миллионов возможностей. Это способен делать человек, и ошибки весьма вероятны (то есть, нет никакой гарантии, что он делает самый оптимальный ход), то же способен делать компьютер, и он тоже ошибается (и здесь нет такой же гарантии). Трудно признать, что ошибки при «осознанном» выборе чем-то отличаются от ошибок случайного выбора, но, наверное, все именно так (или, как сказал Морис Дрюон о том, что лотерея генов ничуть не лучше лотереи выборных урн, имея ввиду хороших и плохих королей и президентов). Так может нам не следует тратить время на расчеты, а просто подбрасывать монету? (Здесь я вспоминаю курьезный случай, когда я спросил у главного редактора нашей институтской многотиражки, то есть, члена парткома: «Если при выборе решения подбрасывать монету, то правильный выбор будет в 50% случаев; почему же тогда все решения коммунистической партии были неправильными?») Тем более, что те  $10^8$ , о которых я писал чуть выше, как раз перекрывают разрыв в быстродействии обычных и квантовых компьютеров.

## **5. Криптография.**

Не все виды задач можно решать на квантовом компьютере. Одной из важнейших из них является задача криптографии. Когда я узнал об этом, то сначала решил, что речь идет о расшифровке текстов, которые ранее было невозможно расшифровать из-за огромного объема вариантов (примерно как в ситуации с белковой молекулой). Но оказалось, что каждый раз говорилось о шифровании, но не о расшифровке. Другими словами, если перед вами нерасшифрованный древний текст, то его невозможно расшифровать ни с помощью суперкомпьютера, ни с помощью квантового компьютера. Можно считать, что из-за того, что у нас нет «запутанных» с расшифруемыми элементами (и это и в самом деле так).

### **5.1. Перепутанность в квантовых РЛС.**

Если мы формируем и посылаем зашифрованное сообщение, то одновременно создаем и «запутанные» с отправляемыми элементами. Философски все понятно, но что там за элементы в реальности в их физической сущности. Возможно, понять это позволит информация о квантовых радарах.

Принцип работы квантового радара в литературе формулируется следующим образом. Генерируются фотоны, часть которых отправляется в сторону предполагаемого объекта (например, самолета противника), другая часть остается в радаре и по замедляющей линии поступает из передатчика в приемник, где смешивается с отраженным от зондируемого объекта сигналом. В случае малой

отражающей способности зондируемого объекта чувствительности приемника РЛС могло бы и не хватить для отчетливого обнаружения. Но, поскольку оставшиеся внутри РЛС фотоны сохраняют связь с излученными фотонами, то они позволяют восстановить информацию отраженных («ослабленных фотонов»), и оператор станции точно определяет наличие и дальность объекта. Следует еще упомянуть о том, что фотоны излучаются в микроволновом диапазоне (то есть, в СВЧ диапазоне), и это для меня очень важно.

В СВЧ диапазоне мы никогда не использовали термин фотоны, поскольку там вполне адекватно можно было использовать термин волны (с тем же успехом можно использовать термин фотон при колебаниях гитарных струн). И вся картина для квантового радара начинает выглядеть абсолютно понятно в данных терминах. Дело в том, что очевидным образом можно излучать часть мощности сигнала на определенной частоте в пространство (чтобы зондировать его на предмет обнаружения объектов), а другую существенно меньшую часть оставлять внутри РЛС, передавая ее в приемник. Поскольку оба разделенных сигнала сохраняют одну и ту же информацию (частота сохраняется, а потому оба сигнала будут когерентными), то при сложении отраженного и внутреннего сигналов мы будем видеть интерференционную картину (иногда у меня впечатление, что некоторые ученые решили, что интерференция — это квантовомеханический признак). При правильной подборке фаз и амплитуд можно добиться либо минимума суммарного сигнала, либо его максимума. Это поможет выделить отраженный сигнал на фоне шума, тем самым повысив чувствительность приемника. Специалистам в области СВЧ известно, что в подобном случае, наверное, даже лучше использовать не внутренний сигнал той же частоты, что и излученный, а сигнал второй гармоники (которая есть всегда). В таком параметрическом режиме можно увеличить коэффициент усиления полезного сигнала на 20-30 дБ, но не усиливать шум. (Более того, в радиофизике используются так называемые согласованные фильтры, которые позволяют «узнавать» свой сигнал на фоне помехи; любопытно то, что согласованными фильтрами являются ключи от своих замков на дверях, сейфах и в автомобилях.) Но почему-то в СВЧ диапазоне никто не называет такой подход квантовым. Кстати, похожий метод используется при измерениях во всех балансных схемах, когда разность между двумя сигналами легче отследить, чем изменение интенсивности одного сигнала (именно это способ используется в интерферометре Майкельсона). Кстати, именно с этим связывают авторы книги [1] возможность ускоренного расчета (получения необходимой информации) об интересующих нас вопросах (если нам нужно знать, одинаковы ли параметры в двух системах, то не обязательно измерять эти параметры: можно сразу выяснять, одинаковы параметры, или нет). Но это не квантовомеханический прием, а всего лишь новый алгоритм, применяемый и в обычных компьютерах.

Кстати, выделить сигнал из шума можно не только когерентным сигналом, но и сигналом, частота которого несколько (на доли процентов) отличается от необходимой частоты. Как показывают эксперименты, в данном случае можно

наблюдать эффект захвата частоты и увеличение суммарной мощности сигнала на выходе устройства. Чтобы понять это, достаточно увидеть, как начинает колебаться струна гитары, если ее не трогать, но она настроена неточно на частоту колебаний другой струны. Дело в том, что струна не может колебаться с интенсивностью меньше нуля, и тогда любое возникшее колебание даст положительный вклад в суммарную интенсивность колебаний (то есть, колебания с биениями дадут на выходе мощность большую нуля, и ее можно измерить).

Данный пример квантового радара показывает, что здесь использование данного слова совершенно неоправданно ни по области применения термина фотоны, ни по способу использования волновых свойств излученного и принятого сигналов. Если здесь использовать термин перепутанность, то такая же перепутанность существовала всегда при сложении когерентных сигналов в любой области частот. И даже любых механических колебаний.

### **5.2. Скрытность передачи информации перепутанными сигналами.**

Нам говорят, что измерения в квантовой механике приводят к разрушению информации, и это совершенно очевидно. Когда, например, в СВЧ технике вы направленным ответвителем ответвляете десятую, сотую, тысячную долю мощности в боковой канал, чтобы ее измерить, то в основном канале у вас остается большая часть мощности нужного вам сигнала (надо четко понимать, что измерение есть уничтожение части информации об измеряемом объекте). Но, если вы посылаете сигнал отдельными частицами (в частности, фотонами), то измерение параметров фотона приведет к его уничтожению, поскольку он будет «потрачен» на переход атома из невозбужденного состояния в возбужденное. Обратный переход из возбужденного состояния в невозбужденное создаст новый фотон, который, возможно, будет обладать той же частотой (это вовсе не обязательно), но его фаза может быть иной, и фотон может оказаться некогерентным старому фотону.

То есть, если рассматривать ситуацию таким теоретическим образом, то становится ясно, что перехватить информацию незаметным образом невозможно. Но когда мы пытаемся понять, как же на самом деле на практике реализуются все подобные идеи, то видим несколько иную картину. На практике мы вряд ли сумеем передать информацию одиночными фотонами (даже если используется данный термин вместо термина волна): скорее всего там будет большое количество фотонов. И, если из этого количества мы «перехватим» один фотон, то оставшиеся пойдут по адресу, и никто не сможет понять, что часть сигнала перехвачена, даже если перехвачено 10%.

То есть, все рассуждения о скрытности передачи информации перепутанными фотонами очень интересно оценивать в теории, но они совершенно неочевидны на практике. А, если на практике кто-то уже передавал информацию таким образом, то ее скрытность не в том, что ее не смогли перехватить, а в том, что ее никто и не перехватывал (все как в том анекдоте про неуловимого ковбоя Джо).

### **5.3. Физические основы возможности перехватывания информации.**

Итак, если мы еще не установили некую истину на 100%, то у нас имеются

очевидные намеки на нее. Истина может быть в том, что перепутанные фотоны связаны не между собой (волновой функцией), а связаны за счет кристаллической структуры униполярно заряженного эфира [2], то есть, третьим элементом. Но этот элемент, то есть, эфир существовал существует и будет существовать всегда вне зависимости от всех и всяческих фотонов и других частиц. И его коррелирующие свойства одинаковым образом будут воздействовать на все эти частицы и их параметры, включая поляризацию фотонов. То есть, мы вполне можем ожидать, что даже совершенно несвязанные между собой фотоны могут быть коррелированными. Это, конечно, предположение, поскольку А.Аспе не догадался провести соответствующие опыты, но, учитывая то, что десятки явлений природы уж очень наглядно вытекают из свойств униполярного эфира, мы с большой достоверностью можем предположить, что все так и будет. Но тогда любой человек, который создаст поток любых фотонов, сможет с их помощью прочесть, если не всю информацию скрытого сообщения, то хотя бы ее часть. До тех пор, пока все это не опровергнуто, рассуждать о скрытности совершенно преждевременно. Здесь нет никаких подтверждений даже на уровне решения задачи оптимизации работы аэропорта.

#### **6. Заключение.**

Наверное, написанное выше вряд ли послужит пониманию физических основ работы квантового компьютера. Скорее, я запутал ситуации еще в большей степени, чем она была запутана до меня, поскольку постарался опровергнуть те формальные ссылки на квантовую механику как физическую основу их работы. Но именно в этом мне хотелось бы видеть пользу данной работы. Если не суперпозиция состояний частиц и их перепутанность, то что же лежит в основе работы квантового компьютера? Но все-таки важно в написанном, чтобы математики и теоретики квантовой механики, наконец, поняли, чего же не хватает в объяснении работы квантовых компьютеров. И самый главный здесь вопрос: «Как связаны между собой положения и динамика изменений положений кубита с алгоритмом решения задачи?»

Литература,

1. Дж.Гринштейн, А.Зайонц, Квантовый вызов. Изд. Интеллект, Долгопрудный, 2008.
2. Владислав Миркин. Химеры современной физики и борьба с ними (горе от ума 20-21 веков), сайт [mirkinvl.ucoz.net/index.html](http://mirkinvl.ucoz.net/index.html).