Квантовая Магия, том 3, вып. 1, стр. 1130-1142, 2006

Анатомия квантовой суперпозиции
(3-х битная Вселенная)

А.В. Каминский

(получена 31 января 2006; опубликована 3 февраля 2006)

В статье мы исследуем простейшую модель конечного детерминированного мира, особенностью которой является введение в нее самого наблюдателя. Пытаясь ответить на вопрос, как выглядит этот искусственный мир изнутри, то есть с точки зрения модельного наблюдателя (субъекта), являющегося его частью, нам удалось показать квантово-подобный характер действующих в таком мире законов. Это позволяет нам высказать догадку, что квантовые закономерности реального мира имеют аналогичное "субъективное" происхождение.

"Традиционная физика относится с большим предубеждением к любым попыткам что-либо изменить в стандартной структуре квантовой механики."

Р.Пенроуз

1. Введение

Квантовые явления, обнаруженные в начале прошлого века поначалу вызывали недоумение, потом ожесточенные споры, непременно уводящие в дебри философии. Но созданный вскоре математический аппарат перевел дискуссии в практическое русло, отодвинув философию на второй план. Получив инструмент для расчетов, большинство физиков были удовлетворены сложившимся положением вещей и уже не желали возвращаться к обсуждению так и не решенных трудных концептуальных вопросов. Но чувство неудовлетворенности сохранилось по сей день. Отсутствие понимания тормозит дальнейшее развитие теории. Особенно остро это стало ощущаться в последние годы в связи с открытиями в области квантовой информатики. Насущная потребность более глубокого понимания вновь и вновь возвращает нас в 20-е годы прошлого столетия, когда физики, еще не развращенные позитивистским формализмом, искренне верили в то, что вскоре найдут ответы на вопрос - почему реальность квантовая? “*Квантовая физика срочно нуждается в новых образах и идеях, которые могут возникнуть только при глубоком пересмотре принципов, лежащих в ее основе.*”- Писал Луи де Бройль. Что же не так с квантовой механикой (КМ)? В чем такая фатальная необычность этой теории? Почему вопросы, будоражащие воображение ученых на протяжении уже ста лет, по сей день остаются без ответа? Оказывается, все дело в том, что поведение квантовых объектов не логично. Когда герой Бомарше - Фигаро «здесь», мы уверены наверняка, что «там» его нет. Это так называемый закон исключенного третьего - основная аксиома классической Аристотелевой логики. Но квантовые системы не подчиняются Аристотелевой логике, лежащей в основе нашего мышления. Именно этот факт поставил ученых в затруднительное положение на столь длительное время.

Квантовая Магия, том 3, вып. 1, стр. 1130-1142, 2006

Мы полагаем, что причина видимой нелогичности поведения квантовых объектов в нашем неизбежно субъективном восприятии реальности [1]. Ведь зачастую и поведение человека нам кажется нелогичным, до тех пор, пока нам не известны его скрытые мотивы. Не исключено, что от нашего взора природа скрывает что-то важное, в результате чего ее поведение нам кажется нелогичным. Основывающиеся на этом понимании попытки обоснования КМ известны как теории "скрытых переменных". Этот подход изрядно скомпрометировал себя вследствие больших сложностей, громоздящихся на его пути и невозможности экспериментальной проверки. Тем не менее, следуя далее этой логике рассуждений, мы проведем вас по не замеченному ранее пути к возможному решению проблемы.

Если бы нам удалось посмотреть на нашу Вселенную со стороны (объективно), то, вероятно, мы заметили бы, что она подчиняется детерминированной динамике Ньютона. Но нам не доступна такая "смотровая площадка", ибо мы сами являемся частью Вселенной – ее субъектом. Ниже мы покажем, что именно этот факт является причиной того, что физическая реальность для нас – квантовая. Мы покажем это на примере изучения квантовой суперпозиции – наиболее характерного для квантовой физики объекта.

2. Физическая неполнота и скрытое время

Рассмотрим модель Вселенной, включающую в себя наблюдателя. Пусть состояние нашей модельной Вселенной выражается двоичным словом в n бит. $N=2^n$ состояний такой Вселенной, упорядоченные алгоритмом, будем называть фундаментальными или алгоритмическими.

Алгоритмическая траектория не может самопересекаться. Это следует из того факта, что каждое последующее состояние однозначно определяется предыдущим. Такая траектория является дискретным аналогом эргодических траекторий. Число n-битных Вселенных равно числу Гамильтоновых циклов на n-мерном двоичном кубе. В нашем случае (n=3) число возможных Вселенных равно $(2^3)!=40320$.

Наблюдателя, обладающего достаточными информационными ресурсам чтобы распознать каждое из этих N состояний назовем внешним или объективным наблюдателем (ОН). Вопрос существования ОН выходит за рамки физики. Поэтому, если мы будем рассматривать Вселенную с точки зрения ОН, то исключительно в абстрактном смысле в качестве вспомогательного средства с целью достижения большей наглядности.

Наблюдателя, являющегося частью рассматриваемой системы назовем субъективным наблюдателем (СН) в том смысле, что он является субъектом этой системы. Предположим далее, что m из n бит слова состояния системы необходимы для задания внутреннего состояния СН. Такую модель мы будем называть (n,m)- моделью [1]. Пространство фундаментальных состояний может быть представлено в виде тензорного произведения пространств состояний субъекта и остальной части мира. То есть:

$$W = G \otimes H \qquad (1)$$

Здесь W-мировое пространство фундаментальных состояний, G-известное нам гильбертово пространство квантовых состояний, то есть та часть мира,

[1] Субъективность здесь физический термин, обозначающий тот факт, что наблюдатель воспринимает физическую реальность в базисе своих собственных понятий. Аналогично в КМ субъективность выражается приборным базисом наблюдателя.

которая доступна наблюдателю. H - пространство скрытых состояний. Оно образовано состояниями мира без субъекта. Точность восприятия физического мира наблюдателем, определяется его информационным объемом. Грубо говоря, числом бит m, зарезервированных для отражения наблюдаемого мира в мозге, на фотопленке, в памяти компьютера и.т.д. Чем больше m, тем точнее отображается реальность. Но легко видеть, что эта точность принципиально ограничена тем, что наблюдатель является частью Вселенной ($m<n$). Так возникает фундаментальный "люфт" в определении любой физической переменной. Например, все моменты времени, попадающие внутрь δt временного люфта физически не различимы и должны восприниматься как один и тот же момент физического времени. Это основа активно развиваемой в последнее время феноменологии скрытого времени [2], [3], [4], естественно объясняющей квантовую нелокальность. Предполагают, что нулевой промежуток физического времени имеет скрытую длительность. Тогда за "время", пока стрелки наших часов неподвижны, электрон в хрестоматийном эксперименте по интерференции электронов может успеть побывать в обоих дырках, образуя квантовую суперпозицию. Структуру (1) можно интерпретировать, как расслоение над базой физического мира, описывающегося КМ.

Рассмотрим в качестве примера (3,1)- модель. Такая модель описывает систему наблюдатель/объект с $2^3=8$ фундаментальными состояниями. 1 бит из трех зарезервирован под состояния СН. Оставшиеся 2 бита описывают скрытые для СН состояния. Очевидно, что СН, которому мы выделили всего 1 бит не в состоянии различить все 8 состояний системы. Такое положение вещей мы называем физической неполнотой по аналогии с неполнотой замкнутых аксиоматических систем, исследуемых математической логикой. Вследствие физической неполноты, СН может выработать понятие только о некоторых двух состояниях и присвоить им символы:

$$|0\rangle, |1\rangle \qquad (2)$$

Для СН состояния (2) элементарны. Для ОН было бы доступно понимание того факта, что за этими символами стоят классы неразличимых для СН фундаментальных состояний. Рассматриваемые классы (кластеры из фундаментальных состояний) образуют квантовые состояния. Число и размеры этих кластеров полностью определяются субъект-объектным отношением в рассматриваемой модели мира. Степень вырождения каждого кластера в (n,m) - модели составляет $Q=2^n/2^m$. В случае (3,1) - модели, она равна $Q=2^3/2^1=4$.

Назовем (2) базисом субъективного наблюдателя. Пространство, построенное над этим базисом образует субъективную реальность. Так, как это единственная реальность, доступная СН, то он назовет ее – физической, а состояния назовет - квантовыми.

3. Квантовые состояния

На рисунке 1. показана последовательность двоичных слов, генерируемых простейшим алгоритмом прибавления единицы по модулю 4 на поле из 8 элементов. Первая группа из 4 фундаментальных состояний (верхний прямоугольник), соответствует базоавому физическому состоянию $|x_2\rangle$. Вторая группа из 4-х состояний (нижний прямоугольник) соответствует другому базовому состоянию $|x_1\rangle$. Эти состояния мы отождествляем с квантовыми и потому используем обычные обозначения Дирака. В дальнейшем мы обоснуем правомерность такого отождествления.

Квантовая Магия, том 3, вып. 1, стр. 1130-1142, 2006

В (n,m)- модели система представлена наблюдателю 2^m квантовыми состояниями. Произвол в способе группировки фундаментальных состояний в квантовые состояния соответствует произволу в выборе представления для описания процесса. Степень вырождения Q каждого квантового состояния определяет вероятность обнаружить систему в данном квантовом состоянии. Полная вероятность обнаружить систему в одном из допустимых квантовых состояний должна быть нормирована на единицу. Итак, в отличие от КМ, в которой квантовые состояния вводятся ad hoc, мы строим их на основе более детальных представлений об устройстве мира. Ниже мы исследуем свойства нашей модели подробнее.

Итак, структура квантового состояния в простейшем случае (3,1) модели:
1. Старший бит – классическое физическое состояние.
2. Младшие 2 бита – скрытое состояние (фаза).
3. Корень квадратный из степени вырождения – норма вектора состояния.

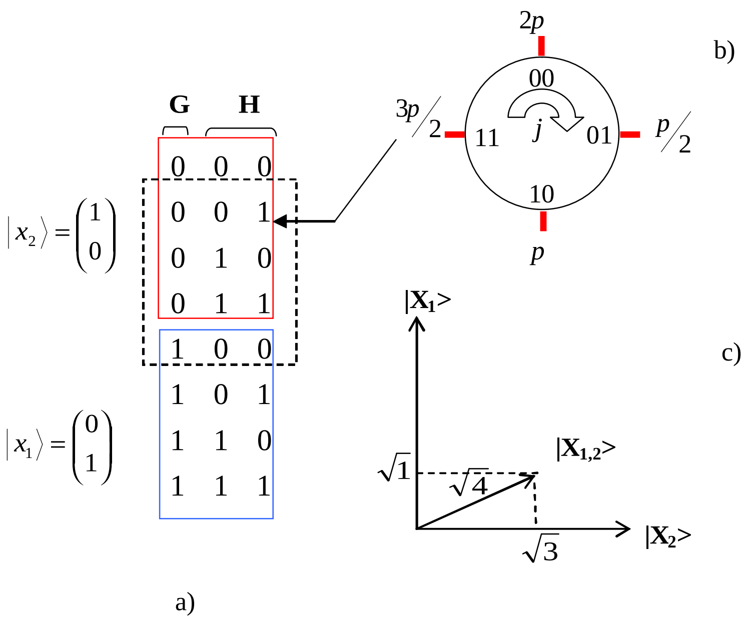


Рис.1

Система находится в базовом состоянии $|x_2>$, если в процессе эволюции ее алгоритмическая траектория не выходит за пределы кластера данного состояния (верхний прямоугольник). На рисунке 1b. показано кольцо фаз состояния $|x_2>$. Число фундаментальных состояний, образующих кольцо, как мы уже говорили, определяет амплитуду квантового состояния и соответственно – вероятность обнаружить его при измерении. Пространство состояний $\{|x_1>, |x_2>\}$в нашем примере образует двумерное Гильбертово пространство квантовых состояний. Так, как каждое состояние в нашей модели характеризуется двумя атрибутами – нормой и фазой, то оно может быть описано одним комплексным числом. Таким образом, вскрывается смысл изображения квантовых состояний комплексными числами.

Если в процессе эволюции реализуется все 4 скрытые состояния $|x_i>$, то норма вектора состояния $|x_i>$ равна $\sqrt{4}$. Фаза и число участвующих в процессе состояний может различаться. Пользуясь языком КМ состояния нашей модельной системы следовало бы записать так:

$$|x_1\rangle = e^{ij_1}\sqrt{p_1}\begin{pmatrix}0\\1\end{pmatrix}; \quad |x_2\rangle = e^{ij_2}\sqrt{p_2}\begin{pmatrix}1\\0\end{pmatrix}; \qquad (3)$$

Однако, возможны другие состояния, когда в процессе эволюции в скрытом времени алгоритмическая траектория "зашнуровывает" сразу несколько кластеров базовых состояний. Траектория может выйти за пределы состояния $|x_2>$, совершая "прогулку" и по кластеру $|x_1>$ (пунктирный прямоугольник). Так возникает суперпозиция состояний. Очевидно, что квантовая суперпозиция имеет смысл только для СН. Объективно суперпозиционных состояний не существует, ибо на фундаментальном уровне у нас господствуют причинность и локальность. Разные способы "зашнуровки" физических гранул алгоритмической траекторией приводят к разным суперпозиционным состояниям. Ниже мы рассмотрим этот вопрос подробнее.

4. Суперпозиции квантовых состояний

В каждом квантовом состоянии мир перебирает все свои скрытые состояния в одном и том же порядке. То есть любой процесс в скрытом времени – периодичен. Это следует из (1) и предположения о детерминированности динамики на фундаментальном уровне. Скрытое время τ в нашей модели есть ни что иное, как алгоритмическое время, то есть, номер итерации алгоритма.

Введем предикатную функцию:

$$\Phi(t, x) \subset \{0,1\} \qquad (4)$$

Которая равна 1, если в момент скрытого времени τ система находится в пределах кластера квантового состояния $|x>$ и 0 в противном случае. Учитывая, что пространство (τ,x) периодично в координате скрытого времени, мы можем представить функцию Ф, в компонентах фурье.

$$\Phi(t, x) = \sum_k y\,(k, x)\exp(ikwt\,) \qquad (5)$$

Ψ(k,x)- коэффициенты. Суммирование идет по параметру k от 0 до 2^{n-m} -1. Будем называть это представление – представлением скрытого времени. И обратное преобразование:

$$y\,(k, x) = \frac{1}{T}\sum_t \Phi(t, x)\exp(ikwt\,) \qquad (6)$$

Здесь суммирование идет по скрытому времени τ в пределах от 0 до 2^{n-m} -1. T – период скрытого алгоритмического процесса в итерациях.

Ψ(k,x)- это обычная квантовомеханическая амплитуда в энергетическом представлении. В КМ рассматривают зависимость амплитуд Ψ(x,t) от физического времени t для какого-либо k, считая их первичными объектами КМ теории. Если же принять во внимание структуру (5),(6) , то многие "магические" свойства КМ приобретают наглядный объективный смысл.

4.1 Пример построения квантовых состояний и их суперпозиций

Построим ортогональные квантовые состояния, изображенные на рисунке (рис1c). Амплитуды этих состояний изображаются функциями:

$$\Phi(\tau,x_1)=(0,0,0,1),\ \ \Phi(\tau,x_2)=(1,1,1,0) \qquad (7)$$

Здесь x_1 физическая величина, соответствующая чистому состоянию $|x_1>$. Соответственно x_2 соответствует чистому состоянию $|x_2>$.

Теперь построим их суперпозицию:

Векторы в G

$$\left|x_{12}\right\rangle=\left|x_1\right\rangle+\left|x_2\right\rangle\equiv\begin{pmatrix}0\\1\end{pmatrix}\otimes\begin{pmatrix}0\\0\\0\\1\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}1\\0\end{pmatrix}\otimes\begin{pmatrix}1\\1\\1\\0\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}1\\1\\1\\0\\0\\0\\0\\1\end{pmatrix} \qquad (8)$$

Векторы в H

Нормировочный множитель $1/\sqrt{4}$ мы опустили. Смысл этой конструкции очень прост и состоит в том, что, если в момент скрытого времени τ система находится в состоянии $|x_1>$, то она не может одновременно находится и в состоянии $|x_2>$. Поэтому функции $\Phi(\tau,x_1)$ и $\Phi(\tau,x_2)$ ортогональны. Этим мы восстанавливаем status quo Аристотелевой логики на фундаментальном уровне мироустройства. На более "грубом" уровне – уровне физической реальности имеет место кажущееся нарушение этой логики. Действительно, для СН различные физические состояния могут существовать одновременно с различными вероятностями.

Легко видеть, что вероятности чистых состояний:

$$<x_1|x_1>=1/4 \ \ ; \ \ <x_2|x_2>=3/4 \qquad (9)$$

А вероятности перехода из состояния суперпозиции в базовые состояния:

$$<x_1|x_{12}>=1/4 \ \text{ и } \ <x_2|x_{12}>=3/4 \qquad (10)$$

Перейдем к энергетическому представлению, осуществив преобразование Фурье (FT) по формуле (6). Рассмотрим это на конкретном примере для функций вида (7). Для некоторого k получим амплитуды $\Psi(x_1)$ и $\Psi(x_2)$ состояний $|x_1>$ и $|x_2>$ соответственно.

$$y\,(k,x_1)=\frac{1}{4}FT\begin{pmatrix}0\\0\\0\\1\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}0.75\\0-0.25i\\0.25\\0+0.25i\end{pmatrix};\quad y\,(k,x_2)=\frac{1}{4}FT\begin{pmatrix}1\\1\\1\\0\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}0.25\\0+0.25i\\-0.25\\0-0.25i\end{pmatrix} \qquad (11)$$

Легко убедиться, что соотношения (9) и (10) справедливы и в этом представлении.

4.2 Сложение амплитуд

Согласно рассматриваемой модели, за каждый физически нулевой промежуток времени Вселенная воспроизводит один и тот же набор всех скрытых состояний. На рис.1, наглядно видно, что состояния x1 и x2 имеют один и тот же набор скрытых состояний, задаваемых младшими битами **H**. Старший бит **G**, относящийся к CH, определяет эволюцию системы в физическом времени. Амплитуда квантового состояния может быть представлена вектором, наподобие (7) либо множеством значений скрытого времени $\{\tau_1,\tau_2,\tau_3,\ldots\tau_n\}$. Тогда вероятность состояния определится кардинальным числом этого множества. Скалярное произведение двух векторов будет равно кардинальному числу пересечения соответствующих множеств скрытых состояний $k(\Phi_1 \mathbf{U} \Phi_2)$. При сложении квантовых состояний множества их фундаментальных состояний могут пересекаться. Пересекшиеся состояния должны быть отброшены, ибо пересечение означает одновременное актуальное существование идентичных состояний Вселенной. Но этого не может быть по определению фундаментальных состояний. Поэтому, складывая амплитуды, их компоненты нужно складывать по модулю 2. Таким образом:

$$\left|(\Phi_1+\Phi_2)\right|^2 = k(\Phi_1 \ \mathbf{I} \ \Phi_2) - k(\Phi_1 \mathbf{U} \Phi_2)$$

Учитывая, что:

$$k(\Phi_1)+k(\Phi_2) = k(\Phi_1 \ \mathbf{I} \ \Phi_2) + k(\Phi_1 \mathbf{U} \Phi),$$

получим:

$$\left|(\Phi_1+\Phi_2)\right|^2 = k(\Phi_1)+k(\Phi_2) - 2k(\Phi_1 \mathbf{U} \Phi_2)$$

Это обычное правило сложения векторов в евклидовом пространстве:

$$\left|(\Phi_1+\Phi_2)\right|^2 = k(\Phi_1)+k(\Phi_2) + 2\sqrt{k(\Phi_1)k(\Phi_2)}\cos\Omega\,; \qquad (12)$$

где $\cos\Omega = -\dfrac{k(\Phi_1 \mathbf{U} \Phi_2)}{\sqrt{k(\Phi_1)k(\Phi_2)}}$ это угол между векторами или разность фаз между соответствующими квантовыми состояниями.

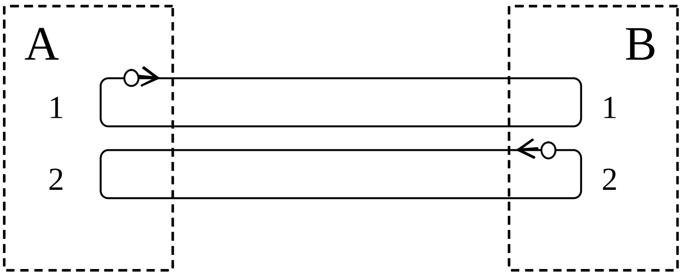
Если векторы Φ_1 и Φ_2 не имеют общих фундаментальных состояний, то $\cos\Omega=0$ и вероятность будет равна сумме квадратов амплитуд. Если $\cos\Omega\neq0$, то это означает, что векторы квантовых состояний не ортогональны и, следовательно, имеют общие фундаментальные компоненты. Но что все это означает физически? В акустике или электродинамике – волны с противоположными фазами просто гасят друг друга. Но квантовые волны это нечто другое. И явление интерференции имеет другой смысл. Порой, в эксперименте, мы создаем определенную конфигурацию физической системы и считаем, что при этой конфигурации должно возникнуть некое состояние Z. Но дело в том, что этого состояния может просто не существовать в природе. Формально эта ситуация описывается деструктивной интерференцией.

4.3 Запутанные состояния

Запутанное состояние систем A и B описывается суперпозицией вида

$$\left|A_1B_2\right\rangle + \left|A_2B_1\right\rangle$$

Здесь A_1 и A_2 два ортогональных состояния системы А. Соответственно B_1 и B_2 два ортогональных состояния системы В. Если измерить систему А, то произойдет редукция и одно из состояний A_1 или A_2 занулится. Соответственно занулится один из членов суммы в суперпозиции. Поэтому, если измерив систему А мы обнаружим ее в состоянии A_1, то система В обязательно перейдет в состояние B_2. В этом случае говорят о нелокальной квантовой корреляции, ибо указанная связь систем не зависит от расстояния между ними и осуществляется мгновенно.



Сфазированность алгоритмов обеспечивается общим прошлым систем А и В. Так в эксперименте Подольского-Розена фотоны порождаются каскадным переходом в одном и том же атоме. Наша модель дает наглядную интерпретацию этого феномена. Системы А и В можно описать двумя синхронными алгоритмами движения частиц в скрытом времени. Измерение означает, что один из алгоритмов прекращает работу. Дефазировка алгоритмов приводит к декогеренции.

В продолжение изучения нашей модели, рассмотрим идею применения операторов в КМ.

5. Операторы в объективном представлении

5.1 Операторы наблюдаемых

Запишем для рассмотренного выше случая двумерного Гильбертова пространства оператор наблюдаемой в представлении его собственных функций:

$$\hat{x} = \begin{pmatrix} x_2 & \\ & x_1 \end{pmatrix}; \qquad (13)$$

Операторы, обычно применяемые в КМ можно назвать операторами субъективного наблюдателя. С помощью оператора (13) легко найти среднее значение измеряемой величины. Если система пребывает в состоянии суперпозиции, то среднее будет :

$$\langle x_{12}|\hat{x}|x_{12}\rangle = \begin{pmatrix} y^*(x_2) & y^*(x_1) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_2 & \\ & x_1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y(x_2) \\ y(x_1) \end{pmatrix} = p_1 x_1 + p_2 x_2 \qquad (14)$$

Смысл этого формализма раскрывается переходом к объективному представлению. В отличие от обычного КМ оператора (13), работающего в базисе субъективного наблюдателя, введем оператор объективного наблюдателя.

Тогда уравнение (14) примет вид:

$$\frac{1}{4}\langle x_{12}|X|x_{12}\rangle = \frac{1}{4}\langle x_{12}|\begin{pmatrix} x_2 &&&&&&& \\ & x_2 &&&&&& \\ && x_2 &&&&& \\ &&& x_2 &&&& \\ &&&& x_1 &&& \\ &&&&& x_1 && \\ &&&&&& x_1 & \\ &&&&&&& x_1 \end{pmatrix}|x_{12}\rangle = 0.75x_2 + 0.25x_1 \qquad (15)$$

Здесь $\langle x_{12}| = (1 \quad 1 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 1)$ - вектор строка, а $|x_{12}\rangle$ - такой же вектор столбец (8).

От такого представления нет практической пользы и мы его выписали только из соображений наглядности. Обратите внимание, как естественно возникают веса при собственных значениях наблюдаемой. в процессе алгоритмической эволюции система в 3 раза чаще бывает в состоянии x_2 чем в состоянии x_1.

5.2 Операторы эволюции

Аналогично введем оператор объективной эволюции:

$$\breve{U}_{p/4} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \qquad (16)$$

Этот оператор осуществляет циклический сдвиг компонент вектора состояния |x>

Рекурентное уравнение эволюции имеет вид:

$$|x_{12}\rangle_{t+1} = \breve{U}_{p/4}|x_{12}\rangle_t \qquad (17)$$

Это уравнение описывает динамику вектора состояния в обычном физическом времени. С течением времени вектор состояния поворачивается в Гильбертовом пространстве. Заметим, что оператор (16) унитарен $UU^+ = I$. И поэтому описывает унитарную эволюцию, то есть не меняет норму вектора $\langle x_i|x_i\rangle$. Таким свойством обладают матрицы, содержащие только по одной единице в каждой строке или столбце[5]. Не следует путать оператор U с алгоритмическим оператором, который описывает переходы между фундаментальными состояниями в скрытом времени и который мы здесь не рассматриваем. Особое внимание следует обратить на операторы:

$$U_{p/2} = U_{p/4}U_{p/4} \text{ и } U_p = U_{p/2}U_{p/2} \qquad (18)$$

Квантовая Магия, том 3, вып. 1, стр. 1130-1142, 2006

Оператор U_π используется в качестве логического гейта NOT в квантовых вычислениях [6]. Соответственно оператор $U_{\pi/2}$ определяет операцию $\sqrt{NOT}$, переводящую q-биты в суперпозиционное состояние. Мы хотим здесь обратить ваше внимание не на формальную сторону описания, а на физический смысл, который при обычном КМ описании ускользает. Рассмотрим его на примере действия оператора U_π=NOT. Этот оператор осуществляет циклический сдвиг вектора (8) или алгоритмических состояний (рис.1) на 4 шага. Очевидно, что результатом действия этого оператора на систему в состоянии $\begin{pmatrix}0\\1\end{pmatrix}$ будет состояние $\begin{pmatrix}1\\0\end{pmatrix}$ и наоборот независимо от субквантового алгоритмического состояния. То есть с вероятностью 1 осуществляется инверсия состояния. В КМ этот механизм скрыт ее формальным аппаратом.

Действие оператора $U_{\pi/2}$, генерирующего суперпозицию из базового состояния в КМ описывается следующим способом:

$$\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}1 & 1\\-1 & 1\end{pmatrix}\begin{pmatrix}0\\1\end{pmatrix}=\frac{1}{\sqrt{2}}\left[\begin{pmatrix}1\\0\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}0\\1\end{pmatrix}\right] \qquad (19)$$

Объективное представление оператора $U_{\pi/2}$ позволяет "увидеть", что за этим стоит, то есть, что происходит на субквантовом уровне. Действие оператора $U_{\pi/2}$ сводится к циклическому сдвигу вектора состояния на 2 шага. Это означает, что измерив систему после действия этого оператора, мы с вероятностью 0.5 обнаружим ее в прежнем состоянии либо ее состояние инвертируется. Результат действия этого оператора на квантовое состояние зависит от начального субквантового состояния системы не доступного СН.

4.2 Разделение альтернатив, время, энтропия

Вследствие физической неполноты субъект не способен распознать свои собственные биты, - ему не доступно состояние его собственного сознания (подсознания ?). Поэтому будущее нам кажется в значительной степени случайным и неопределенным. Парадоксально, что причины, от которых зависит наше будущее, лежат в нас самих, но скрыты от нас. Чтобы избежать спекулятивности в наших выводах и уйти от излишне антропоморфного акцента, мы отказались от возможных интерпретаций и ограничились отождествлением состояний субъекта с физическими состояниями мира, что соответствует формальной схеме нашей модели. Однако избежать антропоморфности в интерпретации КМ в полной мере невозможно. Это осознавали уже основатели КМ. А в настоящее время об этом говорится открыто. М.Б. Менский пишет [7] "...сознание (=разделение альтернатив) есть не что иное, как определение того, что такое жизнь в самом общем понимании этого слова" и еще "...классического мира вообще не существует, а *иллюзия классического мира* возникает лишь в сознании живого существа". Наша модель подтверждает этот вывод и мы полностью согласны с Менским за исключением того, что слово "иллюзия" нам кажется не совсем точным, ибо иллюзия не имеющая референта в форме реальности, сама обретает статус реальности. Классический же мир, независимо от механизма его возникновения, является единственной доступной нам реальностью.

Квантовая Магия, том 3, вып. 1, стр. 1130-1142, 2006

(n,m) модель исчерпывающе объясняет, почему мы видим мир редуцированным до классической проекции, но она не объясняет, как происходит редукция (осознавание). Если у нас есть выбор между двумя возможностями поведения, но нет мотивации для предпочтения одного из них, то эти альтернативы не разделены. Отсутсвие мотивации объясняется не достаточной "разрешающей способностью СН", то есть его не способностью, вследствие физической неполноты, выделить эту мотивацию. Очевидно, что унитарная динамика, которая описывается (n,m) моделью, не может объяснить процесс редукции. И только динамическое изменение самой модели, то есть переход к следующей модели (n+1,m-1), может привести к выделению мотивации из суперпозиции и разделению альтернатив. Другими словами, если (n,m) модель описывает статический результат осознавания, то метатеория, содержащая класс (n,m) моделей с различными n и m, может описывать сам процесс редукции/осознавания.

Естественным желанием является попытка выявить наиболее существенные следствия описанной модели. Детерминизм на фундаментальном уровне мироустройства приводит к представлению о мире как о некоем конечном автомате с огромным числом внутренних состояний. Динамика такого "мирового" автомата в пространстве его состояний при некоторых условиях может приближаться к дискретному аналогу детерминированного хаоса. Примером простейшей системы, порождающей детерминированный хаос, может служить квадратичное отображение, описывающее динамику популяции в биологической нише [8]:

$$x_{n+1} = 4rx_n(1-x_n) \qquad (20)$$

Поведение такой системы, как известно, определяется параметром r. При $r=r_c \to 0.892\ldots$ поведение системы после ряда бифуркаций становится хаотическим. Как будет выглядеть динамика мира для наблюдателя, являющегося частью алгоритмического мира, описывающегося рекурентной формулой (20)?. Для рассматриваемого простого случая на этот вопрос ответить не трудно. Нужно просто принять во внимание тот факт, что наблюдатель занимает часть вычислительных ресурсов (ячеек) мирового автомата. Весьма важным является понимание того факта, что мы сами вместе с нашей аппаратурой являемся частью мира, в котором живем. Такому наблюдателю очевидно не могут быть доступны все состояния мира - автомата. "Природа" для него будет представляться значительно более огрубленной, крупнозернистой, чем есть на самом деле. Другими словами, наблюдатель увидит мир ренормализованным. Фрактальный хаос обретет черты некоего порядка. Так, если в нашей модели мир находится вблизи критического состояния r_c, то после масштабного преобразования значение параметра r уменьшится и мы окажемся в бифуркационной области, где господствует определенный структурный порядок в виде многостадийного цикла. Мы полагаем, что циклические процессы, начиная с субатомных колебаний и кончая динамикой галактических скоплений, являются следствием нашей ренормализованной субъективной точки зрения. Наблюдаемое фрактальное подобие мира также подтверждает нашу гипотезу. Этим же решается и трудная проблема низкой начальной энтропии мира, в котором мы живем.

Рассмотрим некий алгоритм, генерирующий последовательность n фундаментальных состояний. С ренормализованной точки зрения СН число квантовых состояний равно m.

Квантовая Магия, том 3, вып. 1, стр. 1130-1142, 2006

Энтропия мира в (n,m) модели может быть вычислена из статистических соображений:

$$S \sim \ln 2^m = m \qquad (21)$$

Если m=0, то число физических состояний $2^m=1$ и энтропия S=0. Это соответствует тому предельному случаю, когда субъект не в состоянии выделить какие-либо структуры в мире по причине полного отсутствия собственных информационных ресурсов (число бит равно 0).

При m=2 мир представляется наблюдателю двумя физическими состояниями, как на рис.1 Энтропия такого мира S=2. Дальнейшее разбиение пространства мировых состояний линейно увеличивает энтропию. Отметим субъективный характер энтропии, определенной таким способом. В метатеории, содержащей множество (n-i,i) моделей, где i=0÷n, выделяется стрела времени, связанная с энтропией. Эта модель описывает субъективно необратимый мир.

Выводы

Мы предположили, что ***квантовый характер физической реальности обусловлен нашей ролью субъекта в структуре мироздания***. Для проверки этого предположения мы построили простейшую 3-х битную алгоритмическую модель мира в которой субъекту отвели 1 бит, а оставшиеся 2 бита оставили для описания остальной част мира. Оказалось, что этот "игрушечный" мир, действительно, демонстрирует все основные свойства квантовой механики. Таким образом, квантовые постулаты становятся следствием этого простого предположения. Важно понимать, что физический мир – это не что-то оторванное от нас и независимо от нас существующее. Физика это то, что ***мы*** можем измерить. А измерить мы можем не все - имеет место принципиальное ограничение, названное нами ***физической неполнотой***. Физическая неполнота всегда имеет место для субъекта (наблюдателя) и отражает тот тривиальный факт, что для части целого (коим является наблюдатель) никогда не может быть доступно целое. Следовательно мы никогда не сможем измерить, охватить взглядом или понять мир, как целое, включающий нас самих. Математики уже давно столкнулись с подобной ситуацией при изучении замкнутых формальных систем [9]. Геделем и Тарским были сформулированы "ограничительные" теоремы, касающиеся алгоритмической разрешимости задач, полноты формальных систем и определимости понятия истины. По-видимому, аналогичные ограничения имеют место и в физике и проявляются в природе в форме квантовых явлений.

Литература

1. Квантовая Магия, том 1, вып. 3, стр. 3126-3149, 2004 Моделирование физики в условиях неполноты. http://quantmagic.narod.ru/volumes/VOL132004/p3126.pdf
2. Квантовая Магия, том 2, вып. 1 , стр. 1101-1125 , 2005 Скрытое пространство-время в физике. http://www.quantmagic.narod.ru/volumes/VOL212005/p1101.pdf
3. П.В. Куракин, Г.Г. Малинецкий. Концепция скрытого времени и квантовая электродинамика. Квантовая Магия, том 1, вып. 2, стр. 2101-2109, 2004. http://quantum3000.narod.ru/

4. Xiaodong Chen "A New Interpretation of Quantum Theory. Time as Hidden Variable".
5. Department of Physics, University of Utah, Salt Lake City, UT 84112 (March 29, 2000)
6. Gerard 't Hooft Determinism beneath quantum mechanics. arXiv:quant-ph/0212095 v1 16 Dec 2002. На сайте http://quantum3000.narod.ru/ имеется перевод статьи на русский язык.
7. B. Hayes, "Computing Science: The Square Root of NOT," American Scientist 83:4, 304–308 (1995).
8. М.Б. Менский. Концепция сознания в контексте квантовой механики. УФН. Том 175, № 4. 2005г.
9. Х.Гулд, Я.Тобочник "Компьютерное моделирование в физике" Мир, 1990 т.1 глава 7, стр 81 и т.2, главы 12,16.
10. Б.В. Бирюков. Жар холодных чисел и пафос бесстрастной логики. изд. "Знание" М, 1985.