Сознание, как источник физических законов

Каминский А.В.

Цель настоящего физико-математического эссе показать, как на основе формализованного представления о сознании могут быть получены основные физические законы.

1. Введение

После знаменитых Сольвеевских конгрессов 27-30-х годов 20-го века, где, как известно, развернулась историческая дискуссия между Нильсом Бором и Альбертом Эйнштейном по концептуальным вопросам квантовой механики (КМ), некоторое время еще делались попытки понять природу квантового поведения материи. Однако к концу десятилетия у Эйнштейна, отчаянно сопротивлявшегося доводам Бора, не осталось никаких конструктивных аргументов, чтобы противостоять позитивистскому подходу Бора. В результате, копенгагенская интерпретация окончательно утвердилась, а тема обоснования КМ стала подниматься все реже. И все же, чувство неудовлетворения сложившимся положением вещей не исчезло со временем.

Эйнштейн спрашивал, – какому элементу физической реальности соответствует волновая функция? Но позитивисты подобные вопросы игнорируют, как не относящиеся к физике. Мы не станем здесь осуждать позитивизм. Обсуждение этого вопроса увело бы нас в сторону от поставленной цели. Скажем только в его защиту, что именно Копенгагенской интерпретации, основанной на позитивистском мировоззрении, удалось в изящном стиле математического минимализма построить теорию, исчерпывающим образом описывающую все известные на сегодняшний день экспериментальные факты.

С тех пор ситуация изменилась. Сыграв ключевую роль в триумфальном успехе КМ, сегодня позитивизм стал гносеологическим препятствием на пути ее развития, ограничивая нас в праве размышлять по поводу ненаблюдаемых сущностей, вроде волновой функции. Несомненно, это насилие над разумом. Физика всегда только тем и занималась, что проверяла те или иные метафизические гипотезы.

Квантовая механика была создана для описания атомных явлений, которые интенсивно изучались в начале 20-го века. Сегодня она лежит в основе электродинамики и современной стандартной модели, описывающей взаимодействия элементарных частиц. Но, как и любая другая теория, КМ, по всей видимости, имеет свои границы в описании реальности. Сегодня нам никак не удается построить квантовую гравитацию, а квантовая космология ставит вопросы, на которые КМ не может дать вразумительные ответы. И причина этих неудач, по всей видимости, связана с нашим недопониманием оснований квантовой механики.

Начнем с «наивных» вопросов. Можно ли говорить о волновой функции Вселенной? И, если да, то находится ли она в чистом или смешанном состоянии? Каким должен быть динамический закон? Де-Витт (B. S. De Witt) в рамках развиваемой им квантовой геометродинамики, построил некое уравнение, которое, чтобы уйти от ответственности, как в шутку заметил А.Д.Линде, назвал уравнением Уиллера (J. A. Wheeler)[1]. Замечательно то, что это уравнение не содержит время. Действительно, согласно представлениям квантовой космологии, Вселенная родилась из ничего, как флуктуация. То есть, ее полная энергия равна нулю. Но, если нет энергии, то нет и динамики (обратное не верно!). Само понятие времени для Вселенной, как целого, похоже, лишено смысла. Но, если мы разделим Вселенную на две части – наблюдателя и остальную часть Вселенной, то время можно ввести, как эмерджентный параметр, описывающий относительную конфигурацию частей. Но здесь возникает другой сложный философский вопрос – что такое наблюдатель?

Андрей Линде, отвечая на вопросы после лекции в ФИАН, сказал по этому поводу следующее: «Брайс Девитт боялся довести это дело до логического конца. И, как человек нормальный, он отвечал на этот вопрос так: «Но это не важно, что должен быть наблюдатель. Мы можем это дело ведь поручить и автоматам. Автомат будет производить наблюдения, и тогда всё в порядке». Да, но кто будет наблюдать автомат? … в какой-то момент, когда вы осмысливаете всю Вселенную в целом, выясняется, что вы не можете сказать ничего осмысленного, не добавляя туда сознание. Если вы добавляете туда сознание, то возникает вопрос свободы воли… Без сознания свободы воли нет. Ни с учетом квантовой механики, ни без нее. Кажется, что ***мы имеем дело с чем-то очень-очень важным*** (мой курсив), о чём мы, в общем-то, не начали даже думать» [1].

Мысль Де Витта о конфигурационном времени в духе философии релятивизма Э. Маха имеет очевидное «аналитическое продолжение» в область субъективации

---

[1] Это уравнения для замкнутой системы, включающей наблюдателя Сегодня оно известно, как уравнение Уиллера-Де Витта.

физики. Понимая это, физики в своем большинстве, не хотят затрагивать эту «скользкую» тему.

Не желая пройти мимо этого, по словам Линде, «чего-то очень важного», и, тем не менее, пытаясь удержаться, насколько это возможно, в рамках научного метода, мы попытаемся формализовать понятие субъективности. Оставим до поры, психологический аспект в стороне и сформулируем идею субъективности конструктивно (аксиоматически).

2. Наблюдатель

Обычно физики говорят о состояниях той или иной физической системы. То есть, предполагается атрибутивный смысл состояния. Но, что, с точки зрения физика представляет собой физический объект, если не набор приписываемых ему состояний? Мало кто задумывается над тем, что мы никогда не имеем дело с объектами физической реальности, как таковыми, но исключительно с состояниями, которые, как мы думаем, имеют к ним отношение. Более того, эти самые состояния являются нашим собственным знанием. Оставим, на время, в стороне онтологический или экзистенциальный статус денотата этого знания (внешнюю физическую реальность), и сформулируем наше понимание аксиоматически:

В мире есть только состояния сознания и переходы между ними. Все, что мы измеряем, наблюдаем и осознаем, является конечным множеством состояний сознания: $S = \{\xi_1, \xi_2, \cdots, \xi_N\}$. Состояния сознания здесь и далее будут базовым примитивом нашего построения.

Физические наблюдаемые не являются состояниями объектов физической реальности, а являются состояниями сознания наблюдателя. Это понимание позволяет нам дать формальное определение наблюдателя:

Аксиома:

Наблюдатель есть множество состояний сознания. В сущности, состояниями сознания, и переходами между ними $\xi_i \mapsto \xi_j$, исчерпывается все множество наблюдаемых проявлений эмпирической реальности.

Далее, в зависимости от контекста, состояния наблюдателя мы будем называть состояниями сознания, либо физическими состояниями. В рамках этой статьи это синонимы. Построение будет формальным, поэтому все философские аллюзии и интерпретации, которые могут возникнуть по ходу чтения этой статьи, мы оставляем на произвол читательской фантазии.

Далее мы перечислим еще ряд аксиом, которые будут положены в основу нашего построения. Мы будем считать, что:

Аксиома: ***на онтологическом уровне реальности господствует обратимая эволюция (супердетерминизм).*** Это означает, что эволюция состояний сознания ξ_i детерминируется некоей примордиальной динамикой. Последнее не противоречит свободе выбора и существованию случайных событий (см. далее).

В качестве онтологических состояний мы возьмем упорядоченные пары состояний сознания $\{\xi_i, \xi_j\}$. Первый элемент в паре означает текущее состояние сознания, а второй состояние, в которое возможен переход. Такие пары мы будем называть ***интенциями***[2]. Множество интенций и действующие над ним правила, определяющие эволюцию на этом множестве, образуют онтологический слой реальности.

Объективно[3] множество состояний сознания S не упорядочено. То есть, между его элементами невозможно установить отношение порядка. Однако, субъективно, интенциональная пара $\xi_{i,j} \equiv \{\xi_i, \xi_j\}$ упорядочена, поскольку, будучи наблюдателем, я всегда отличаю «Я» от «не Я»[4]. Это утверждение является предметом следующей аксиомы: ***имеет место субъективное нарушение симметрии внутри интенциональных пар***. Такую упорядоченность будем назвать ***субъективной упорядоченностью***. Возникшая направленность называется интенциональностью[5].

Как сказано выше, любое изменение состояния сознания наблюдателя ξ_i мы отождествляем с переходом между физическими состояниями. Изменение физических состояний обязательно происходит во времени, и, в известном смысле определяет само время[6].

---

[2] Этот термин в философии (Брентано) означает направленность сознания на объект. Но объект это ни что иное, как другое состояние сознания. В определенном смысле, интенции выражают намерения, желания.

[3] Независимо от сознания наблюдателя.

[4] Мы здесь не говорим о персональной идентичности. Мы говорим о сознании, которое всегда «здесь» и «сейчас». Я, который «тогда» и «там» это уже не я. Локализация в пространстве и времени, наряду с интенциональностью, важнейшее свойство сознания. В экзистенциализме это- присутствие, «тут-бытие» – Dasein. Согласно Хайдеггеру, Dasein неопределим объективно, в нем можно только пребывать.

[5] Интенциональность - направленность сознания на объект (в нашей интерпретации – на другое состояние сознания).См. [Брентано, Гуссерль].

[6] «Время есть изменение вещей». Аристотель.

Такое время мы будем называть ***физическим временем***. Существуют переходы другого типа: $\xi_{i,j} \to \xi_{ik}$. Они происходят без изменения текущего состояния сознания (первый индекс остается неизменным). Это внеположные сознанию события. Будем говорить, что они происходят в ***скрытом времени***[7]. Существование в нашей модели скрытого времени очень важно, поскольку предполагается, что на этой основе могут быть обоснованы нелокальные явления в квантовой механике [2,3].

Формально, физическая динамика представляет собой отображение множества состояний наблюдателя $\xi_i \in S$ в себя: $\phi: S \to S$, генерируя циклическую подстановку (permutation). Запишем подстановку в двухстрочной нотации[8]:

$$\Phi_i = \begin{pmatrix} \xi_1 & \xi_2 & \cdots & \xi_N \\ \Phi_i(\xi_1) & \Phi_i(\xi_2) & \cdots & \Phi_i(\xi_N) \end{pmatrix} \qquad (2.1)$$

Таким образом, эволюция состояний сознания представляется цепочкой из N транспозиций[9]. Упорядоченность транспозиций, как легко понять, наследуется от фундаментальной субъективной упорядоченности (см. выше). В каждый момент времени осуществляется только одна транспозиция, поскольку она и создает следующий момент времени. Формально можно считать, что тривиальные транспозиции $\xi_i \mapsto \xi_i$ происходят за нулевой промежуток времени.

Число различных циклических подстановок с точностью до изоморфизма по циклическому сдвигу, очевидно, равно $\frac{N!}{N}$.

Подстановки образуют симметрическую[10] группу S_N. Поэтому, произведение подстановок есть подстановка. Как известно, группа подстановок имеет матричное представление. Матрицы подстановок размерности $N \times N$ имеют ровно по одной единице в каждой строке и в каждом столбце, и остальные нули. Например:

$$\hat{U} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & & & \\ & 0 & 1 & & \\ & & 0 & \ddots & \\ & & & \ddots & 1 \\ 1 & & & & 0 \end{pmatrix} \qquad (2.2)$$

---

[7] Существование скрытого времени, то есть возможность протекания процессов за нулевой промежуток физического времени, следует из концепции неполноты (см. выше).
[8] Такую запись, в которой перестановки записаны одна под другой – впервые использовал Коши в 1815г
[9] Биекция множества в себя, переставляющая местами два элемента этого множества.
[10] Группа всех подстановок на данном множестве.

Такие матрицы унитарны $\widehat{\mathrm{U}}\widehat{\mathrm{U}}^{*} = \mathrm{I}$. Над множеством интенций мы можем построить ***интенциональное пространство*** $\mathfrak{I}$. Поскольку, по определению, в каждый момент объективного времени, система не может одновременно находится более, чем в одном интенциональном состоянии, вектор в естественном базисе описывает онтологическую эволюцию системы.

$$\psi = \psi(\tau_1) \cdot \boldsymbol{\tau_1} + \psi(\tau_2) \cdot \boldsymbol{\tau_2} \cdots \psi(\tau_n) \cdot \boldsymbol{\tau_n} \qquad (2.3)$$

Этот вектор означает, последовательное посещение системой состояний $\psi(\tau_1)$, $\psi(\tau_2) \cdots \psi(\tau_N)$. Здесь $\psi(\tau_i)$ – интенции, а $\boldsymbol{\tau_1}, \boldsymbol{\tau_2}, \dots, \boldsymbol{\tau_N}$ **–** орты интенционального базиса.

Оператор эволюции, будучи унитарным, можно записать, как экспоненциальный оператор[11]:

$$\widehat{\mathrm{U}} = e^{-i\widehat{H}} \qquad (2.4)$$

Если $\psi(0)$ некоторая интенция в нулевой момент времени, то интенция в момент времени t будет:

$$\psi(t) = \left[\widehat{\mathrm{U}}\right]^{t} \psi(0) = e^{-i\widehat{H}t}\psi(0) \qquad (2.5)$$

Унитарность $\widehat{\mathrm{U}}$ следует из конечности пространства интенций. В свою очередь, из унитарности $\widehat{\mathrm{U}}$ следует эрмитовость гамильтониана $\widehat{H}$. Унитарность онтологической динамики (являющаяся манифестацией положенных в основу нашей модели, обратимости и сохранения информации), обосновывает эрмитовость квантовых наблюдаемых (гамильтониана, в частности).

Пространство состояний сознания - пространство, построенное над множеством состояний сознания ξ_{i}, является фактор пространством интенционального пространства по соотношению эквивалентности:

$$\{\xi_{\mathrm{i}}, \xi_j\} \sim \{\xi_{\mathrm{i}}, \xi_{\mathrm{k}}\}; \quad j, k = 1,2, \dots \qquad (2.6)$$

Соотношение эквивалентности здесь отражает субъективную неразличимость интенций (согласно основной аксиоме, наблюдатель (субъект) различает только свои собственные состояния сознания). Поэтому, каждое состояние сознания наблюдателя является классом эквивалентности субъективно неразличимых интенций. Этот факт мы будем называть ***субъективной неполнотой***.

[11] См. Теорема Стоуна о группах унитарных операторов в гильбертовом пространстве.

Субъективная неполнота означает вырожденность состояний сознания, то есть объективное существование состояний не различимых субъектом.

Ниже мы покажем, что фактор- пространство состояний сознания является аналогом проективного Гильбертова пространства квантовых состояний.

Как мы говорили выше, состояния сознания, в отличие от интенций, темпорально не упорядочены. Соответственно, ***вектор в пространстве состояний сознания описывает не эволюцию, а суперпозицию, существующих в один и тот же момент физического времени, базисных состояний***.

Введя пространство состояний сознания, мы делаем шаг в направлении фоно-независимой теории. С геометрической точки зрения, пространство это набор отношений между точками и прямыми. А теперь представьте, что эти точки и есть состояния сознания. Грубо говоря, мы таким образом оказываемся внутри самой геометрии…. Почему наше пространство именно такое, как утверждают физики, а именно с индефинитной метрикой? Почему оно имеет кривизну? На эти вопросы мы ответим далее.

3. Структура квантового состояния и смысл комплексных чисел в квантовой механике

До сих пор мы рассматривали интенции, как элементы некоего абстрактного множества. Чтобы построить замкнутую самосогласованную модель, описывающую физический мир, в основу должна быть положена замкнутая алгебраическая система. Покажем, что естественным математическим аппаратом для описания такой модели, является аппарат конечных полей, созданный Эваристом Галуа в начале IXX- века. Как известно, любое конечное поле, по необходимости, является полем Галуа $\mathrm{GF}(\mathrm{p}^{\mathrm{n}})$, содержащим p^{n} элементов, где p- простое, а n- натуральное. Но, чему равны p и n в нашем случае? Подсказкой является интенциональная структура онтологических состояний $\psi = \{\xi_i, \xi_j\}$, являющихся парами элементов конечного множества. Мы предположим, что множество состояний нашего мира (онтологический уровень), может быть определено над расширенным полем Галуа: $\psi \in \mathrm{GF}(\mathrm{p}^2)$, где p - большое простое число [4].

Не случайно комплексные числа, столь важные в аппарате КМ, так же являются упорядоченными парами действительных чисел. Именно так представлял комплексные числа Гамильтон. Введение мнимой единицы – это всего лишь вопрос обозначений. Нет никаких особых комплексных чисел, а есть правила работы над упорядоченными парами действительных чисел. Другими словами, комплексные числа — это представление неких алгебраических структур над действительным полем. Математики называют множество этих «чисел» расширением, алгебраически замыкающими поле действительных чисел. Известно представление, согласно которому комплексные числа являются фактор кольцом $\mathbb{R}[\mathrm{x}]/(\mathrm{x}^2+1)$ над кольцом действительных полиномов $\mathbb{R}[x] = \sum a_i x^i$. Поле остатков от деления этих полиномов на примитивный полином $x^2 + 1$ изоморфно полю комплексных чисел[12]. То есть поле комплексных чисел изоморфно полю классов полиномов, дающих в остатке числа вида $a + bx$. Последние могут быть представлены парами {a,b} или записаны в виде $a + bi$, где i изоморфно x. Совершенно аналогично, как классы вычетов, комплексные числа могут быть определены и на конечных полях (см. далее).

Наша модель базируется на конечных полях. Поэтому, естественно возникает вопрос о комплексном расширении конечных полей. Известно, что числа $\mathrm{z} = \mathrm{a} + \mathrm{bi}$, где $\mathrm{a}, \mathrm{b} \in \mathbb{Z}$ образуют коммутативное кольцо. Такие числа называют гауссовыми. Известно, так же, что числа $\mathrm{z} = \mathrm{a} + \mathrm{bi}$, где $\mathrm{a}, \mathrm{b} \in \mathbb{Z}_\mathrm{p}$ где $\mathrm{p} = 3 \bmod 4$, образуют поле [5] [6]. Его называют конечным гауссовым полем[13]. Такое поле является комплексно-подобным расширением $\mathrm{GF}(\mathrm{p}^2)$.

Не смотря на то, что при больших p мы, в своей повседневной практике, скорее всего, не заметили бы, что Im(z) и Re(z) удовлетворяют какому-то специальному целочисленному соотношению (имеется в виду $\mathrm{p} = 3 \bmod 4$), тем не менее, такое искусственное ограничение эстетически не удовлетворительно.

Мы не будем стремится к тому, чтобы просто перенести КМ на конечное комплексное поле, как это пытался сделать Felix M. Lev [ibid]. В нашем случае, такое «упражнение» было бы достаточно бессмысленным. Мы покажем, что поле $\mathrm{GF}(\mathrm{p}^2)$ описывает более глубокий, субквантовый или онтологический уровень реальности, а необходимость в комплексном поле возникает только при переходе к физическому уровню реальности, описываемому известной нам КМ.

---

[12] https://en.wikipedia.org/wiki/Complex_number#Construction_as_a_quotient_field

[13] Смысл ограничения $\mathrm{p} = 1 \pmod 4$ в том, что числа a+bi образуют поле, только в том случае, если имеют обратный элемент: 1/(a + bi). Отсюда следует, что $\mathrm{a}^2 + \mathrm{b}^2 \neq 0$. Для этого нужно потребовать чтобы $\mathrm{a}^2 + \mathrm{b}^2$ не делилось на **p.** Но, так как $\mathrm{a}^2 + \mathrm{b}^2 = 4n + 1$ (согласно «Рождественской» теореме Ферма), нужно чтобы $\mathrm{p} \neq 1 \pmod 4$. Значит $\mathrm{p} = 3 \pmod 4$.

Не снижая общности, для простоты, рассмотрим мир из 5 физических состояний (или, что то же самое из 5 состояний сознания). Сопоставим каждой интенции $\{\xi_i, \eta_j\}$ элемент поля Галуа $\mathrm{GF}(5^2)$. Для удобства, второй элемент в интенциальной паре будем обозначать буквой η.

Поле $\mathrm{GF}(5^2)$ имеет 25 элементов, которые на рис.1 представлены в виде прямоугольной таблицы логарифмов элементов поля. Координатами таблицы являются состояния сознания ξ, η, образующие интенциональную пару $\psi = \{\xi, \eta\}$.

Нулевой элемент (его логарифм = ∞) расположен в левом нижнем углу таблицы. Элементы этого поля, которые мы отождествили с интенциями, можно представить следующими линейными комбинациями [7]:

$$\psi = \{\xi, \eta\} = \xi \mathrm{A} + \eta \mathbf{1}; \qquad \xi, \eta \in \mathbb{Z}_5 \qquad (3.1)$$

Здесь: A – генератор поля (корень 25-ой степени из 1 поля). **1**- единица поля.

Это поле может быть представлено матрицами второго порядка $\mathrm{A} = \begin{pmatrix} \eta & 2 \\ \xi & 2 \end{pmatrix}$. Порождающая матрица $\mathrm{A} = \begin{pmatrix} 0 & 2 \\ 1 & 2 \end{pmatrix}$ (примитивный элемент поля). k-ый элемент поля $\psi = \mathrm{A}^{\mathrm{k}}$, где $\mathrm{k} = \log_{\mathrm{A}} \psi$.

Будучи конечным, это поле гомеоморфно плоскому евклидовому многообразию с топологией тора $\mathbb{Z}_5^2$. Таблицу поля (рис.1) можно вложить в 2-х мерный дискретный тор. Это пространство можно рассматривать, как дискретный аналог многообразия Калуцы-Клейна, представляющего собой тривиальное расслоение над физической базой η. Позже мы вернемся к этой аналогии.

ξ					
4	13	15	5	16	20
3	7	10	9	14	23
2	19	11	2	21	22
1	1	8	4	17	3
0	∞	24	18	6	12
⬚	0	1	2	3	4 η

Рис.1 Таблица поля $\mathrm{GF}(5^2)$ имеет топологию тора $S^1 \otimes S^1$.

А пока, что рассмотрим импульсное и координатное гильбертовы пространства над единичными комплексными функциями на кольце $\mathbb{Z}_\mathrm{N}$ (см. 3.3). Эта модель соответствует нашему представлению об интенциональной структуре физических состояний (состояний сознания).

Рассмотрим все прямые $\xi = k\eta$, проходящие через условно выбранную точку 0 на поверхности тора рис 1. Эти прямые можно рассматривать, как орбиты в двухмерном пространстве однородных координат. Многообразие всех таких прямых образует одномерное проективное пространство, диффеоморфное окружности. Постоянная k называется аффинной координатой на проективной прямой (здесь это координата в импульсном пространстве).

В отличие от построения проективной прямой на плоскости $R^1 \otimes R^1$, где каждая прямая, проходящая через начало координат, отображается в одну точку проективной прямой, в случае конечного пространства $S^1 \otimes S^1$, мы получим множество точек $x = k\eta \; mod \; 5$.

Поскольку мультипликативная группа корней из единицы изоморфна аддитивной группе классов вычетов, это множество аффинных координат можно описать комплексной функцией на кольце $\mathbb{Z}_5$. Множество таких функций (в нашем случае, их 5) образуют импульсный базис $\psi_k(\mathrm{x})$ пространства состояний в координатном представлении:

$$\psi_k(\mathrm{x}) = 1 \cdot \mathrm{e}^{-\mathrm{i}\frac{2\pi}{5}k\mathrm{x}}; \qquad (3.2)$$

Функциональное пространство над таким полем бинарно, в том смысле, что норма любого вектора равна $\sqrt{N}$, где *N* – число не равных нулю проекций.

4. Дуальная структура динамических переменных

Покажем, что дуальная структура классических наблюдаемых (унаследованная также, квантовой механикой) обусловлена интенциональным характером онтологического слоя реальности. Формально, сопряженные состояния связаны линейными функционалами:

$$|\psi_\mathrm{i}\rangle = \sum_\mathrm{k}\langle \mathrm{b_{ik}}|\phi_\mathrm{k}\rangle \; ; \;\; |\phi_\mathrm{i}\rangle = \sum_\mathrm{k}\langle \mathrm{a_{ik}}|\psi_\mathrm{k}\rangle \qquad (4.1)$$

Матрицы $a_{ik} = b^*_{ki}$ представляют собой матрицы прямого и обратного преобразований Фурье.

Сопряженные переменные связаны теоремой Нётер, которая утверждает, что если законы физики инвариантны относительно изменения одной из сопряженных переменных, то другая сопряженная переменная сохраняется (не зависит от времени). Неразличимость интенций $\{\psi, \phi\}$ с одним и тем же состоянием сознания ψ означает инвариантность состояния сознания ψ относительно изменения ϕ. Этот факт можно рассматривать, как пример действия теоремы Нётер для симметрии особого типа – субъективной симметрии[14], обусловленной фундаментальной неразличимостью интенций с одним и тем же состоянием сознания. Именно поэтому состояния сознания ψ и ϕ, образующие интенции $\{\psi, \phi\}$ являются сопряженными величинами, и именно в этом укоренен смысл дуальной структуры физических переменных.

В квантовой механике состояния координаты $|x_k\rangle$ и импульса $|k_k\rangle$ являются собственными функциями операторов координаты и импульса, соответственно. Прибор, которому соответствует оператор импульса $\hat{p}$, устроен так, что он измеряет именно импульс, и не различает состояния координат. Если наблюдатель, измеряющий импульс, перейдет в систему координат $x' = x + \Delta x$, то он не заметит никаких изменений. Формально это означает, что для наблюдателя доступно только проективное пространство, образованное классами эквивалентных фазовых состояний.

В классической механике наблюдаемые — это функции на множестве канонических переменных, в квантовой – проекционные операторы. В нашей интерпретации наблюдаемые есть функции состояний сознания. Но, как мы показали выше, состояния сознания образованы классами $\psi/\sim$ онтологических состояний (интенций) неразличимых по соотношению эквивалентности $\{\xi, \sim\}$. Трудно не заметить, что рассматриваемая картина очень напоминает базовую математическую структуру квантовой механики. Напомним, что два вектора ψ и ϕ в гильбертовом пространстве (ГП) изображают одно и то же физическое состояние, то есть, физически эквивалентны $\psi \sim \phi$, если $\psi = c\phi$, где c – произвольное число. Так, как нас интересуют только те состояния, которые могут быть измерены, кантовая механика без ущерба может быть перенесена на проективное ГП, образованное лучами, проходящими через 0.

[14] Все известные в физике симметрии – зарядовые симметрии, всевозможные трансляции, вплоть до калибровочных симметрий, - являются частным случаем фундаментальной субъективной симметрии.

$$P(\mathcal{H}) = \mathcal{H}/\sim; \qquad (4.2)$$

Если размерность $\mathcal{H} \cong \mathbb{C}^{n+1}$, то $P(\mathcal{H}) \cong \mathbb{C}^{n}$. Нормализованные векторы состояния $\langle\psi|\psi\rangle = 1$ топологически дают сферу: S^{2n+1}. Проективное пространство имеет еще на единицу меньше размерность:

$$P(\mathcal{H}) = S^{2n+1}/U\,(1) \cong \mathbb{R}P^{2n} \cong \mathbb{C}P^{n} \qquad (4.3)$$

В случае n=1 имеем расслоение Хопфа (представление $S^3 = S^2 \otimes S^1$).

5. Пополнение квантово-механического описания и правило Борна

В КМ описания в разных представлениях изоморфны, и выбор между ними определяется только соображениями удобства. В нашей модели представления перестают быть эквивалентными, и сопряженное пространство из альтернативного описания становится пополнением к квантово-механическому описанию, даваемому выбранным представлением.

Мы считаем КМ описание, включающее в себя глобальную фазу полным. Ниже мы покажем, что именно глобальная фаза, будучи скрытым параметром, определяет исход измерения. Исключение из рассмотрения фазы, которое осуществляется переходом к проективному ГП, приводит к потере детерминированности и вероятностному описанию. В этом смысле, копенгагенская интерпретация возникает, как предельный переход от рассматриваемого здесь полного детерминированного описания к проективному. Еще раз отметим, что копенгагенская интерпретация является единственно возможной для внутреннего наблюдателя. Поэтому, рассматриваемое полное описание не имеет практической значимости. Однако оно важно для развития теории, поскольку дает понимание механизмов, лежащих в основе КМ.

Рассмотрим частицу с определенным импульсом. В импульсном представлении состояние такой частицы описывается одним из базовых векторов (например, ψ_{k_b} где $b \in 1,2, \dots N$). Где k_b - базовые импульсные состояния. В представлении собственных функций оператора импульса рассматриваемое базовое состояние описывается функцией: $\psi_{\mathrm{k}_b}(k_i) = \delta(k_i - \mathrm{k}_b)$. Предикативный смысл этой функции может быть сформулирован, как «иметь импульс k_b». Перейдем к дуальному координатному пространству (пространство функционалов). Преобразование Фурье $\psi_{\mathrm{k}_b}(k_i) \xrightarrow{F} \psi_{\mathrm{k}_b}(x_i)$ дает[15]:

$$\psi_{\mathrm{k}_b}(x_i) = e^{-i\frac{2\pi}{N}\mathrm{k}_b x_i} \qquad (5.1)$$

Легко видеть, что $\psi_{\mathrm{k}_b}(x_i)$ это просто дискретная гармоническая функция от x, пространственный период которой определяется параметром k_b.

Из известного соотношения: $\psi(k)e^{-ik\Delta x} \xrightarrow{F} \psi(x + \Delta x)$, примененному к нашему случаю[16]:

$$\psi_{\mathrm{k}_b}(k_i)e^{-i\mathrm{k}_b\Delta\mathrm{x}_i} \xrightarrow{F} \psi(\mathrm{x}_i + \Delta\mathrm{x}_i) \qquad (5.2)$$

следует, что сдвиг фазы базового импульсного состояния $\psi_{\mathrm{k}_b}(k_i)$ на $\Delta\varphi_i = \frac{2\pi}{N}\mathrm{k}_b\Delta\mathrm{x}_i$, где $\Delta\mathrm{x}_i = x_{i+1} - x_i$ приведет к циклическому сдвигу компонент дуального вектора[17]. Так, что дискретное «движение» точки по лучу в $\mathcal{H}$ будет эквивалентно дискретному вращению всего сопряженного пространства $\mathcal{H}^*$ вокруг этого вектора с угловой скоростью, определяемой k_b. Физический (субъективный или внутренний) наблюдатель, очевидно, вращается вместе с пространством $\mathcal{H}^*$, поскольку это пространство его состояний сознания. Поэтому, для него эти повороты неразличимы:

$$\psi(k_i)e^{-i\Delta\varphi} \sim \psi(k_i) \qquad (5.3)$$

Для математика же, позиционирующего себя в качестве, мета-наблюдателя (остающегося неподвижным относительно вращающегося репера), повороты, соответствующие разным глобальным фазам, будут различны.

Покажем, что векторы в интенциональном пространстве (размерность пространства интенций $\dim(\mathfrak{I}) = N^2$), соответствующие разным фазовым состояниям в ГП состояний сознания, ортогональны. Для этого вернемся к таблице поля рис.1, элементы которого образуют интенциональное многообразие в виде дискретного тора из $N \times N$ точек, где N-простое число.

[15] Здесь и далее все функции определены на подполе комплексного поля – корни из 1. Это поле изоморфно множеству классов вычетов $\mathbb{Z}_N$.
[16] В общем случае, унитарное преобразование (5.2) не является глобальным фазовым сдвигом, поскольку каждая импульсная компонента умножается на свой фазовый множитель.
[17] Проверьте умножением правой и левой части на фазовый множитель $e^{-i\Delta\varphi_i}$.

Число различных орбит (векторов) в таком пространстве равно числу пермутаций базиса за вычетом циклических сдвигов, поэтому на таком пространстве могут быть определены только $\frac{(N \times N)!}{N \times N} = (N \times N - 1)!$ разных функций или орбит[18]. Рассмотрим теперь одну из орбит, например, геодезическую $\xi = k\eta$. Очевидно, что функции $\xi = k(\eta + n)$, где n=1,2,..5, представляющие смежные классы интенций, соответствуют различным фазам того же импульсного состояния k. Очевидно, так же, что эти орбиты, не пересекаются (на торе они образуют зацепленные окружности). Это означает, что векторы, соответствующие этим орбитам в интенциональном пространстве ортогональны. Поэтому ϱ ортогональных интенциональных векторов, соответствующих альтернативным фазовым состояниям, будучи сложены геометрически, дадут вектор с нормой $\sqrt{\varrho}$, где $\varrho \leq N$.

Усмотрим в этом факте аналогию со статистической физикой и будем считать неразличимые фазовые состояния неким аналогом микросостояний. Тогда классы фазово- неразличимых состояний (в контексте этой аналогии – классы интенций образуют макросостояния) получат «вес», соответствующий их кардинальным числам. Этот «вес» является мерой вероятности квантового измерения.

Таким образом, квантовые состояния в интенциональном пространстве образованы ортогональными подпространствами ортогональных векторов. Веса же квантовых состояний (вероятности) определяются, как числа не равных нулю проекций интенционального вектора на соответствующие подпространства.

Мы получили меру вероятности, введя скрытую онтологическую степень свободы. В связи с этим отметим, что вывод меры вероятности Эвереттом, основанный на требовании аддитивности меры, логически не удовлетворителен. В самом деле, Эверетт никак не обосновывает смысл правила Борна. Он только показывает, что единственной аддитивной мерой в рамках квантового формализма (смысл которого остается не ясен), является квадрат модуля вектора состояния.

Напомним, что до сих пор мы рассматривали бинарные пространства над конечным полем. То есть, проекции векторов были всегда равны {0,1}. Чтобы корректно учесть «веса» квантовых состояний, нужно перейти от подполя корней

---

[18] Векторы, получающиеся циклической перестановкой, нужно исключить, поскольку они различимы только внешним (объективным) наблюдателем. Но в основу нашего построения положена аксиома об отсутствии такого наблюдателя.

из 1 к комплексному рациональному полю $\mathbb{Q}(i) := \{a + ib, a, b \in \mathbb{Q}\}$. Но в физическом эксперименте $\mathbb{Q}$ неотличимо от комплексного поля $\mathbb{C}$. Таким образом, мы можем заключить, что представление квантовой механики на комплексном поле является хорошей аппроксимацией фундаментальной «механики» интенций, определенной на конечных топологических пространствах.

Теперь, когда мы выяснили, что «веса» квантовых состояний определяются степенью их «онтологического вырождения[19]», мы можем вернуться к обычному КМ описанию, поскольку для внутреннего наблюдателя построенное нами описание избыточно. Для такого наблюдателя доступны только «веса» состояний, но не их фазы. Таким образом, описание с помощью проективного гильбертова пространства является полным для внутреннего наблюдателя. Мы видим, что вопрос полноты КМ, являвшийся предметом спора Эйнштейна и Бора, является вопросом выбора «онтологической» системы координат наблюдателя (внутренний или внешний).

В КМ рассматривают пространство расслоения над проективным пространством квантовых состояний[20]:

$$\mathcal{H} = P(\mathcal{H}) \otimes S^1 \qquad (5.4)$$

Здесь $\mathcal{H}$ - гильбертово пространство расслоения. $P(\mathcal{H})$– проективное гильбертово пространство, S^1 – слой (петля – орбита структурной группы U(1)). Рассмотрение структуры расслоения важно для понимания, поскольку именно связность в этой структуре расслоения и определяет закон движения. И, хотя этот закон задают формально, он может быть выведен из геометрии! Известно, что уравнения Гамильтона можно получить из геометрии пространства, наделенного симплектической структурой. Соответственно, уравнение Шредингера может быть получено из Кэлеровой геометрии [].

Мы предположим, что степени вырождения ϱ определяют геометрию пространства состояний. То есть, длина окружности S^1 слоя над состоянием $\psi(\mathrm{p})$ определяется кардинальным числом соответствующего класса:

$$2\pi R = \varrho = \psi(\mathrm{k})\psi^*(\mathrm{k}) \qquad (5.5)$$

[19] Вырождение по интенциям

[20] В частном случае, когда $P(\mathcal{H}) = S^2$, то есть в случае описания q-бита, мы имеем расслоение Хопфа.

Мы уже говорили, что КМ – фоно-зависимая теория. В нашем новом подходе пространство состояний конфигурационно.

Пространство расслоения (5.4) можно разбить на сумму вертикального и горизонтального подпространств. Вертикальное определяется направлением, генерируемым U(1) (fibers), а горизонтальное может быть выбрано произвольно. Связав горизонтальный подъем в расслоении с плотностью фазовых состояний (5.5), мы тем самым определим связность (соответственно и кривизну) в пространстве расслоения. И эта кривизна будет определяться нормой $\sqrt{\psi\psi^*}$, то есть, будет связана с вероятностью.

6. Взаимодействия в субъективной физике.

Субъект (наблюдатель) всегда знает, в каком состоянии сознания он находится. Но вследствие неполноты (которая, как мы показали, эквивалентна незнанию квантовой фазы), он не знает, в какое следующее состояние он перейдет. В результате суперселекции[21], которая может интерпретироваться субъектом либо, как случай, либо, как акт воли, он получает это знание, - его энтропия уменьшается на соответствующую величину. Легко понять, что выбор (суперселекция) всегда происходит в состояния с большей степенью вырождения. В случае детерминированного движения в пространстве интенций, это связано просто с тем, что в область с большим числом состояний входит и большее число траекторий. То есть, наблюдатель движется в пространстве состояний сознания по градиенту плотности онтологических состояний. Эффективная энтропийная сила пропорциональна градиенту энтропии:

$$F = T\nabla H_{hide} \qquad (6.1)$$

Неизбежно возникает мысль о связи этого механизма с идеей Верлинде – Хопфа об энтропийном происхождении сил гравитации [20]. Мы полагаем, что за термодинамическим подходом Верлинде стоит реальная микроскопическая динамика интенций. Верлинде пишет: «… мы хотели бы увидеть, что обычное движение частиц по геодезическим может быть понято как результат действия энтропийной силы». Но, именно это мы и видим в нашей интерпретации! Мы

[21] Напомним, что сам акт суперселекции детерминирован на онтологическом уровне реальности.

можем предположить, что не только гравитация, но и другие фундаментальные силы могут быть интерпретированы в рамках термодинамического подхода. Важно то, что это даже не интерпретация, а точка зрения субъективного или физического наблюдателя, для которого в условиях неполноты статистический подход становится единственно возможным.

Выше мы показали, что физическая неполнота, положенная в основу нашей модели, индуцирует топологию тора. В общем случае, проективное пространство квантовых состояний может иметь довольно сложную топологию [21].
Представим объективное пространство, как расслоение $x^{\mu} \otimes s$ над физическим пространством протяженных координат $x^{\mu} = x, y, z$. Фазовую координату s можно выразить через действие. Для простоты рассмотрим одномерную модель такого пространства $S^1 \otimes S^1 = T^2$. На рис.2 изображен фрагмент тора, в виде отрезка трубки. Структурной группой расслоения является унитарная группа Ли U(1) и каждой точке слоя соответствует определенная фаза $\theta = s/r$.

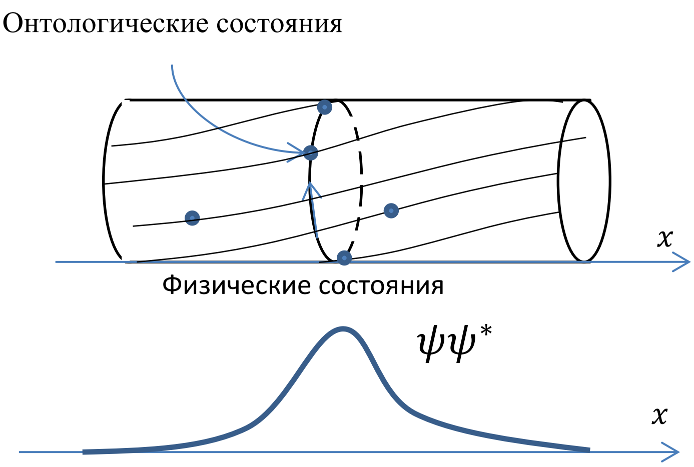

Рис.2 Функция ψ- определяет плотность онтологических состояний вдоль координаты x.

Рассмотрим в качестве примера состояние, которое описывается суперпозицией импульсных состояний.

$$\psi(x) = e^{i\theta} \sum \psi(k) e^{ikx} \qquad (6.2)$$

Обычно это выражение интерпретируется, как пакет плоских волн. Однако, как мы говорили выше, это только интерпретация. С тем же успехом оно описывает движение пакета точек («фотонов»), «живущих» в разных фазовых слоях. В нашей интерпретации частицы (каждая со своим импульсом) движутся по поверхности тора вдоль больших окружностей. Каждая орбита (орбиты не пересекаются) представляет собой эвереттовский экземпляр. Во всей своей совокупности они образуют квантовую суперпозицию.

Умножение $\psi(x)$ на фазовый множитель $e^{i\theta}$ просто поворачивает пространство -трубку вокруг своей оси вместе со всей эвереттовской структурой расслоения, которая циклически сдвигается вдоль слоя s. Сумма (6.2), очевидно от этого не изменяется. То есть, как и должно быть, $\psi(x)$ инвариантно относительно таких фазовых сдвигов. Эту симметрию называют глобальной калибровочной симметрией.

$$\psi(x^{\mu}) \to \psi(x^{\mu})e^{-i\theta} \quad (6.3)$$

Рассмотрим локальные калибровочные преобразования [22]

$$\psi(x^{\mu}) \to \psi(x^{\mu})e^{-i\theta(x^{\mu})} \qquad (6.4)$$

Если глобальное калибровочное преобразование, как мы уже говорили, является поворотом всей трубки целиком вокруг своей оси, то локальному калибровочному преобразованию, в этой аналогии, соответствует деформирующее скручивание трубки.

Последовательная геометрическая трактовка калибровочных полей может быть дана в рамках теории расслоенных пространств. Однако, это только аналогия, в которой аффинной связности, сохраняющей параллельность при переносе вектора вдоль многообразия, сопоставляется 1-форма связности в главном расслоении, сохраняющая градиент при калибровочных преобразованиях. Но, что именно стоит за абстракцией аффинной связности в структуре главного расслоения? Мы предположим, что это реальное риманово многообразие. Рассмотрим фигуру вращения (рис.3).

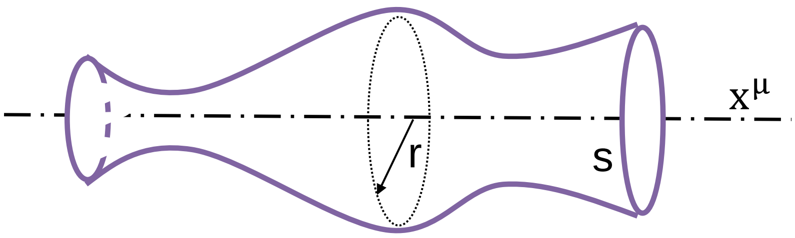

Рис.3

Такое пространство, в отличие от цилиндра уже не плоское и имеет кривизну. И это реальная кривизна пространства внутренних симметрий, а не абстрактного пространства расслоения. Наличие кривизны означает неинтегрируемость пути на таком пространстве, и потому мы должны воспользоваться ковариантным дифференцированием.

В соответствии с нашей интерпретацией волновой функции, место комплексного поля $\psi(x^\alpha) \in \mathbb{C}$, будем рассматривать действительное поле скоростей $c^i \in \mathbb{R}$ на многообразии $R^3 \otimes S^1$:

$$Dc^{j'} = dc^j - \Gamma^j_{ik} c^i dx^k \qquad (6.5)$$

Здесь Γ^j_{ik} – обычные символы Кристоффеля, которые определяются функцией $r = f(x^\mu)$. Выше мы предположили, что длина окружности $2\pi r$ в сечении, рассматриваемой фигуры вращения, определяется числом фазовых состояний в классе (см. 5.8). Таким образом, локальная кривизна рассматриваемого многообразия, определяется плотностью онтологических состояний (интенций).

Можно показать, что компоненты $\Gamma^\alpha_{\mu 4}$ описывают магнитное поле, а $\Gamma^4_{\mu\nu}$ – электрическое[22], то есть, играют роль калибровочных полей. Таким образом, кривизна многообразия $\{x, y, z, s\}$ воспринимается нами, как электромагнитное поле.

7. Вывод действия для электромагнитного поля

Обычно действие получают, рассуждая от обратного, пытаясь догадаться, каким должно быть действие, чтобы, воспользовавшись затем вариационным методом получить уравнения, соответствующие опыту.

[22] Это понимание восходит к работам Калуцы и Клейна (1921-1926гг).

Покажем, для примера, что действие для частицы в электромагнитном поле можно получить осмысленно, взяв за основу формулу ковариантной производной (6.5). Вновь, для наглядности, рассмотрим поверхность вращения. Ось изображает одну из трех протяженных координат x,y,z, а окружность перпендикулярного сечения – дополнительную компактифицированную координату действия s. В этом пространстве рассмотрим движение не самих точек - фотонов, а движение их орбит[23] в нормальном по отношению к ним направлении. Скорость этого движения всегда равна скорости света, поскольку выражает связь физического времени с мерой расстояния в пространстве x,y,z,s.

$$x^2 + y^2 + z^2 + s^2 = c^2t^2$$

Найдем проекцию пути $\mathcal{L}^4$ вдоль геодезической на эту круговую координату. Проинтегрируем (6.5) по времени:

$$c^{j\prime} = c^j - \int \Gamma^j_{ik} c^i dx^k + \chi \qquad (7.1)$$

$$\mathcal{L}^4 = \int c^4 dt - \iint \Gamma^4_{ik} c^i dx^k dt + \int \chi\, dt \qquad (7.2)$$

Здесь $\chi \neq f(x^k)$ – постоянная интегрирования. Здесь и далее мы будем придерживаться обозначений x^i (латинский индекс) $i = 1,2,3,4$ это полный набор координат x, y, z, s. x^α (греческий индекс) $\alpha = 1,2,3$. Время в нашей модели – параметр.

Найдем сначала первый член в (7.2). Проекция скорости на протяженные координаты x^α дает наблюдаемые скорости $v^\alpha = c \cdot \sin\varphi$. Проекция на окружность перпендикулярного сечения: $c^4 = c \cdot \cos\varphi$. Где угол φ есть угол между вектором скорости и касательному к образующей поверхности вращения вектору. c^4 – скорость вдоль координаты действия.

Легко видеть, что $c^4 = c\sqrt{1-\beta^2}$, где $\beta = \frac{v}{c}$

Окончательно получим действие для свободной частицы с точностью до постоянного множителя:

$$\mathcal{L}_{\text{free}} = c \int dt \sqrt{1-\beta^2} \qquad (7.3)$$

Теперь преобразуем второй член (7.2), ответственный за поворот вектора скорости при параллельном переносе. Распишем по компонентам:

---

[23] Очевидно, что вследствие неполноты, для субъективного наблюдателя частицы делокализованы и существуют в виде протяженных орбит.

$$\iint \Gamma^4_{ik} c^i dx^k\, dt = \iint \Gamma^4_{\mu\nu} c^\mu dx^\nu\, dt + \iint 2\Gamma^4_{\mu 4} c^\mu dx^4 dt + \iint \Gamma^4_{44} c^4 dx^4 dt \qquad (7.4)$$

Здесь только первый член суммы отличен от нуля, поскольку $\Gamma^4_{\mu 4} = 0,\ \Gamma^4_{44} = 0$. Учтем так же, что $\Gamma^4_{\mu\nu} = \Gamma_{\mu\nu,4}$ (смотрите комментарии ниже).

$$\iint \Gamma^4_{\mu\nu} c^\mu dx^\nu dt = \iint \Gamma_{\mu\nu,4} \frac{\partial x^\mu}{\partial t} dx^\nu dt \qquad (7.5)$$

Подставляя:

$$\Gamma^4_{\mu\nu} = \Gamma_{\mu\nu,4} \equiv \frac{1}{2}\left(\frac{\partial G_{\nu 4}}{\partial x^\mu} + \frac{\partial G_{\mu 4}}{\partial x^\nu} - \frac{\partial G_{\mu\nu}}{\partial x^4}\right): \qquad (7.6)$$

И отождествляя $\eta A_\mu = -G_{\mu 4}$, где η – постоянная, получим:

$$\iint \frac{1}{2}\left(\frac{\partial G_{\nu 4}}{\partial x^\mu} + \frac{\partial G_{\mu 4}}{\partial x^\nu}\right)\frac{\partial x^\mu}{\partial t} dx^\nu dt = \frac{\eta}{2}\iint \left(\frac{\partial A_\nu}{\partial x^\mu}\frac{\partial x^\mu}{\partial t} dx^\nu dt + \frac{\partial A_\mu}{\partial x^\nu}\frac{\partial x^\mu}{\partial t} dx^\nu dt\right) =$$

Далее, поменяв местами индексы μ и ν в первом интеграле, получим:

$$= \frac{\eta}{2}\iint \left(\frac{\partial A_\mu}{\partial x^\nu}\frac{\partial x^\nu}{\partial t} dx^\mu dt + \frac{\partial A_\mu}{\partial x^\nu}\frac{\partial x^\mu}{\partial t} dx^\nu dt\right) = \frac{\eta}{2}\left(\int\left(\int \frac{\partial A_\mu}{\partial x^\nu}\frac{\partial x^\nu}{\partial t} dt\right) dx^\mu + \int\left(\int \frac{\partial A_\mu}{\partial x^\nu} dx^\nu\right)\frac{\partial x^\mu}{\partial t} dt\right) =$$
$$\eta \int A_\mu dx^\mu \qquad (7.7)$$

Подставляя (7.3) и (7.7) в (7.2), получим выражение, совпадающее с точностью до коэффициентов с действием для заряженной частицы:

$$S = c\int dt\sqrt{1-\beta^2} - \eta\int A_\mu dx^\mu + \int \varphi\, dt \qquad (7.8)$$

Постоянная интегрирования здесь играет роль скалярного потенциала $\chi = \varphi$. Мы видим, и это хорошо известно [23], что калибровочные симметрии нет необходимости постулировать, так как они являются следствием геометрии расслоения, которая, в нашей модели индуцируется субъективной неполнотой.

Калуца ввел дополнительное пятое измерение чисто эмпирически. Квантовая механика тогда только зарождалась и понимания того, что это может быть как-то связано с КМ не могло возникнуть. Позже теория струн унаследовала эту идею, но смысл дополнительных измерений, по-прежнему, оставался не ясным.

Теперь мы понимаем, что введение дополнительного измерения — это не искусственный прием, а естественное следствие фундаментальной структуры расслоения, обусловленной физической неполнотой. По сути, КМ уже содержит это пятое измерение. Этим измерением является фаза. Впервые на этот факт обратил внимание Ю.Б.Румер [24], Он писал: «Этот путь ведет к обнаружению возможности приписать пятой координате x_5 физический смысл действия, ее периоду численную величину постоянной Планка и приводит к глубокому синтезу геометрических идей, заложенных в общей теории относительности, с идеями квантовой теории». Эта красивая идея по ряду причин, не нашла дальнейшего развития. Возможно, понимание того факта, что необходимость существования дополнительных скрытых измерений и их компактифицированная топология обусловлены принципом субъективной неполноты (см. выше), даст стимул дальнейшему развитию этой идеи.

8. Принцип неопределенности

В квантовой механике энтропия состояния [11] определяется по формуле фон Неймана:

$$S = -\sum \rho_i \, ln\rho_i \qquad (8.1)$$

Здесь ρ_i – собственные значения матрицы плотности. В этом определении предполагается бесструктурность чистого квантового состояния, энтропия которого, в этом случае, равна 0, а энтропия максимально смешанного состояния равна logN, где N- размерность гильбертова пространства. Однако, в нашей модели чистые состояния имеют онтологическую структуру, поэтому, имеет смысл говорить об энтропии чистого состояния:

$$S = -\sum |\psi_i|^2 \, ln|\psi_i|^2 \qquad (8.2)$$

Известно, что Эверетт в 1957г изучал неравенство[24]:

$$-\sum |\psi_i|^2 \, ln|\psi_i|^2 - \sum \left|\tilde{\psi}_i\right|^2 ln\left|\tilde{\psi}_i\right|^2 \geq 1 + ln\pi \qquad (8.3)$$

Здесь тильдой $\tilde{\psi}_i$ обозначены фурье образы ψ_i. Это неравенство не имеет физического смысла в рамках традиционной квантовой теории. С нашей же точки зрения, оно выражает соотношение неопределенности для субъективно скрытой энтропии квантового состояния.

[24] Доказательство этого неравенства было получено 20 лет спустя Bialynicki-Birula and Mycielski и Beckner в 1975.[12]

Можно показать, что принцип неопределенности Гейзенберга является следствием энтропийного принципа неопределенности[25]. Это свидетельствует о фундаментальном характере последнего.

9. Реинтерпретация модели Эверетта. Мультихронос.

Проекционный постулат фон-Неймана вносит в теоретический аппарат квантовой механики эклектический элемент, разрушающий исходное изящество и простоту теории (проблема коллапса). Эверетт показал, что исправить положение можно, включив наблюдателя в квантово-механическое описание [13]. Эверетт предполагал, что это избавит теорию от эклектики и сделает описание унитарным. Соответствующая интерпретация названа многомировой или эвереттовской.

Положим $|\text{Я}\rangle$ начальное состояние наблюдателя. Предположим, так же, для простоты, что окружение (мир) находится в суперпозиции двух состояний $|\mathrm{R}\rangle = |\mathrm{R}_1\rangle + |\mathrm{R}_2\rangle$. Например, это мир, в котором мы наблюдаем за спином электрона, который, как известно, может иметь всего два значения $+\hbar/2$ и $-\hbar/2$. Состояние системы до взаимодействия, очевидно описывается тензорным произведением: $|\text{Я}\rangle|\mathrm{R}\rangle$. После взаимодействия, которое сводится к некоей унитарной эволюции, состояние системы становится запутанным (entangled):

$$|\text{Я}\rangle|\mathrm{R}\rangle \xrightarrow{U} |\text{Я}_1\rangle|\mathrm{R}_1\rangle + |\text{Я}_2\rangle|\mathrm{R}_2\rangle \qquad (9.1)$$

Здесь следует обратить внимание на то, что состояния $|\text{Я}_1\rangle$ и $|\text{Я}_2\rangle$ макроскопически различимы. То сеть, после взаимодействия наблюдатель $|\text{Я}\rangle$ расщепляется на две своих копии $|\text{Я}_1\rangle$ и $|\text{Я}_2\rangle$. Одна из которых измерила $\hbar/2$, а другая $-\hbar/2$. Согласно Эверетту, именно это и происходит в реальности – мир при каждом акте взаимодействия расщепляется на множество параллельных миров (здесь - два), в соответствии со спектром наблюдаемой. Каждый из этих миров снабжен своим наблюдателем, и все они существуют актуально одновременно. Вот, как описывает это сам Эверетт: «Таким образом, с каждым последующим наблюдением (или взаимодействием), наблюдатель «ветвится» во

[25] https://en.wikipedia.org/wiki/Uncertainty_principle#Many-worlds_uncertainty

множество различных состояний. Каждая ветвь представляет собой иной результат измерения и соответствующего собственного состояния системы объекта. ***Все ветви существуют одновременно*** (курсив автора) в суперпозиции после любой данной последовательности наблюдений». Очевидно, что проблема измерения при этом остается не решенной, и просто переносится в сферу метафизических интерпретаций[26]. На рис.4 приведен граф дерева эвереттовского расщепления[27].

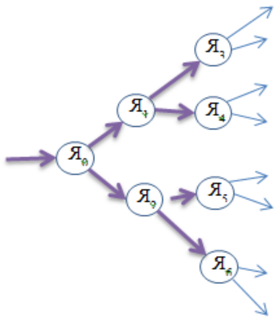

Рис.4 Расщепление наблюдателя в теории Эверетта

Выше мы показали, что природа суперпозиции, на онтологическом уровне описания реальности имеет темпоральный характер. Это означает, что система последовательно во времени посещает компоненты суперпозиции. Но эти моменты времени субъектом не различимы (см. скрытое время). Это понимание открывает возможность совсем другой интерпретации эвереттовского расщепления. Мы предположим, что все возможные ветви эволюции система проходит последовательно, так, как это показано на рисунке 5. Проделав один из возможных путей, система возвращается к исходному состоянию, чтобы пройти его вновь, но по-другому пути.

[26] В самом деле, достаточно спросить, кто же из этих наблюдателей Я?

[27] На рисунке для простоты изображены только бинарные расщепления (бросание монеты).

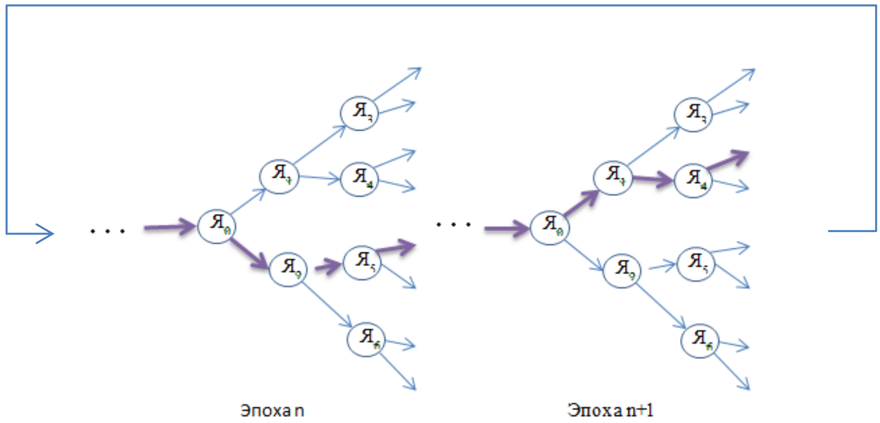

Рис.5 В модели «мультихроноса» расщепление наблюдателя отсутствует. Реальная траектория выделена жирными стрелками.

Такую структуру мы по аналогии с мультиверсом Эверетта, назовем ***мультихроносом***. Если все эпохи мультихроноса (Рис.5) наложить друг на друга, то мы получим мультиверс Эверетта (рис.4).

На конечном поле цикличность и детерминированность эволюции системы получает очевидное обоснование. Полный цикл Вселенной T_O, как динамической системы, назовем «объективным» возвратом Пуанкаре[28]. В случае дискретного спектра оператора Гамильтона, неизбежность такого возврата очевидна. Для непрерывного спектра имеет место теорема [14], утверждающая, что если $\Psi(x,0)$ волновая функция в некоторый момент времени t=0, а ε – малое положительное число, то найдется момент времени t для которого $\Psi(x,0) - \Psi(x,t) < \varepsilon$.

Этот интервал времени доступен только внешнему «объективному» наблюдателю, имеющему достаточно ресурсов для измерения столь больших интервалов времени. Не трудно понять, что наблюдатель, являющийся частью системы (субъективный наблюдатель), за время T_O неоднократно возвратится в свое исходное физическое состояние, являющееся конечной областью в онтологическом пространстве. Наблюдаемый период возврата мы назовем «субъективным» возвратом Пуанкаре $T_S < T_O$. Таким образом, полное время существования Вселенной T_O складывается из конечного числа эпох (субъективных циклов возврата).

[28] Название дано по аналогии с Теоремой Пуанкаре о возвращении.

Мультихрональная реинтерпретация теории Эверетта заменяет весьма контр-интуитивную и противоречивую картину ветвления вселенной с ее «many minds» парадоксами, интуитивно понятной картиной последовательной реализации альтернатив. Например, почему при бросании монеты я оказался в мире, где выпал «орел», а не «решка»? Ответ на этот вопрос состоит в том, что сейчас я нахожусь в той эпохе, где закономерно (то есть в соответствии с детерминированной эволюцией мира) выпал «орел». В следующий раз, когда я буду жить в другой эпохе, так же закономерно выпадет «решка». Таким образом, концепция мультихроноса эффективно снимает проблему выбора.

Важнейшим моментом для правильного понимания «мультихрональной» интерпретации квантовой механики, является принятие принципиальной неспособности внутреннего наблюдателя различать эпохи. Это приводит к тому, что неразличимые моменты времени в каждой из эпох, наблюдатель сшивает в актуально существующее настоящее, а единственным проявлением такой сшивки оказывается ***субъективная свобода выбора*** и существование квантовой случайности. Спиноза писал: «Люди сознают свое желание, но не знают причин, коими они детерминируются». Теперь мы знаем, что наша неспособность знать эти причины фундаментальна и обусловлена онтологическим статусом внутреннего наблюдателя (наблюдатель, являющийся частью мира, который он наблюдает).

Рассматриваемая нами модель, «препарирующая» скрытый механизм суперпозиции и на этой основе объясняющая суперселекцию, может служить лишь дидактической цели, прояснения сущности квантовых законов. Она никак не может быть использована для практической цели предсказания исходов измерений.

Для лучшего понимания, вернемся к модели на поле Галуа $\mathrm{GF}(5^2)$. В этом случае мы имеем 5 состояний сознания и 25 интенций. Из них 20 нетривиальных $\text{Я}_{\mathrm{i,j}} = \{\text{Яi}\,, \text{Яj}\}\ \mathrm{i} \neq \mathrm{j}$, образующие 5 классов эквивалентности, содержащие по 4 элемента, так, что каждое состояние сознания (класс) оказывается 4-х кратно вырождено по интенциям. Построим оператор эволюции $\widehat{U}$, генерирующий Эйлеров цикл. Его легко сконструировать из матриц пермутаций:

$$
\hat{U} = \begin{pmatrix}
0&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\
0&0&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\
0&0&0&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\
0&0&0&0&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\
0&0&0&0&0&0&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\
0&0&0&0&0&0&0&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\
0&0&0&0&0&0&0&0&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\
0&0&0&0&0&0&0&0&0&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\
0&0&0&0&0&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\
0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&1&0&0&0&0&0&0&0\\
0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&1&0&0&0&0&0&0\\
0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&1&0&0&0&0&0\\
0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\
0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&1&0&0&0&0&0&0&0&0\\
0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&1&0\\
0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&1\\
0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&1&0&0&0&0\\
0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&1&0&0&0\\
0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&1&0&0\\
1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0
\end{pmatrix} \qquad (9.2)
$$

Этот оператор генерирует (см. 2.5) замкнутый цикл онтологической эволюции - последовательность максимальной длины[29]:

$$\to \{1,2\}\{2,3\}\{3,4\}\{4,5\}\{5,1\} \to \{1,3\}\{3,5\}\{5,2\}\{2,4\}\{4,1\} \to$$

$$\to \{1,4\}\{4,2\}\{2,5\}\{5,3\}\{3,1\} \to \{1,5\}\{5,4\}\{4,3\}\{3,2\}\{2,1\} \ \to \text{в начало}$$

Рассмотрим, для примера, состояние сознания $|1\rangle$. Из этого состояния возможны 4 перехода в другие состояния сознания:

$|1\rangle \to |2\rangle$ в эпохе 1
$|1\rangle \to |3\rangle$ в эпохе 2
$|1\rangle \to |4\rangle$ в эпохе 3
$|1\rangle \to |5\rangle$ в эпохе 4

Но так, как субъект не знает в какой эпохе он находится (для него единственной информацией о мире является его собственное состояние сознания), то он не может знать в какое состояние он перейдет в следующий момент. Для него все его копии в разных эпохах сшиваются в одного наблюдателя, которым он себя ощущает здесь и сейчас. Таким образом, в отличие от теории Эверетта, где в каждом мировом слое имеется свой наблюдатель, у нас наблюдатель один, но он

[29] Напомним, что для удобства, состояния сознания мы здесь обозначаем цифрами $Я_{\mathrm{i}} = \{1, 2,3,4,5\}$

представляет собой «конволюцию» субъектов, «живущих» одновременно во все эпохи мультихроноса.

Формально, эта структура аналогична эвереттовскому многомирию, в котором параллельные миры (ветви) заменены на эпохи, отстоящие друг от друга на субъективно трансфинитные[30] интервалы времени.

Модель «мультихроноса» может рассматриваться, как модель сознания в русле развития теории Менского, отождествляющей сознание с суперселекцией. Мы видим, что объективно, свободы нет (мир детерминистичен), но на физическом уровне реальности свобода выбора должна быть онтологизирована, поскольку «механизм» этого выбора лежит за горизонтом физической или субъективной неполноты[31].

10. Субъективные основания второго начала термодинамики.

Менский пишет: «Объективно существующий квантовый мир - обратим, а необратимость появляется в той картине этого мира, которая возникает в сознании» [18]. Зурек, в свою очередь, отмечал, что «второй закон термодинамики является естественным и, действительно, неизбежным следствием декогеренции»[19]. Однако, он рассматривал открытые системы, где декогеренция происходит на не контролируемых степенях свободы (окружении). Нас же будет интересовать, как второй закон термодинамики может возникнуть в закрытой системе, каковой мы считаем нашу Вселенную.

Прежде всего, заметим, что понятие энтропии объекта[32] определяется, как дефицит знаний наблюдателя о нем. То есть, понятие энтропии субъективно по определению. Рассмотрим внешнего «наблюдателя», который не измеряет систему, но имеет исчерпывающую информацию о ней. Его знание может быть выражено матрицей плотности чистого состояния системы. Матрица плотности в нашей интерпретации – это матрица состояний сознания и переходов между ними.

[30] Субъективно трансфинитные – бесконечные с точки зрения субъекта. Но объективно они могут быть конечны.

[31] В основе этого представления лежат ограничительные теоремы математической логики, перенесенные на физический мир. Например, теорема Геделя о неполноте формальных систем.

[32] Напомним, что под объектом мы понимаем другое состояние наблюдателя.

$$\rho_c = |\psi\rangle\langle\psi| = \begin{pmatrix} \rho_{11} & \rho_{12} & \cdots & \rho_{1N} \\ \rho_{21} & \rho_{22} & \cdots & \rho_{11} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{N1} & \rho_{N2} & \cdots & \rho_{NN} \end{pmatrix} \qquad (10.1)$$

Здесь N – размерность гильбертова пространства системы (число состояний сознания). Если речь идет о нашей Вселенной, то такого «Абсолютного наблюдателя», по всей видимости, не существует, а матрица плотности (10.1) это только метатеоретическая абстракция, которая не выражает чье-либо знание.

Мы рассматриваем мир в априорно запутанном состоянии, где уже есть все корреляции. Составная энтропия такого мира, вследствие субаддитивности[33] энтропии меньше суммы энтропий его частей.

Согласно квантовой механике, знание субъекта «S» представляется редуцированной матрицей плотности ρ_r, которую вычисляют следующим образом:

$$\rho_r = \mathrm{Tr}_O|\psi\rangle\langle\psi| = \sum_i \langle i_O|\psi\rangle \langle\psi|i_O\rangle \qquad (10.2)$$

Здесь $|i_O\rangle$ – базовые вектора окружения. Эта операция называется взятием частичного следа матрицы.

Взятие частичного следа можно рассматривать, как процедуру «ренормализации». То есть, гильбертово пространство системы $\mathcal{H}_S \otimes \mathcal{H}_O$ разбивается на подпространства (гранулы), относящиеся к субъекту, и осуществляется усреднение внутри этих гранул по степеням свободы окружения. В результате, реальность для внутреннего наблюдателя (субъекта) становится огрубленной, а часть информации теряется.

Как мы говорили выше, операция взятия частичного следа в случае замкнутых систем легитимируется неполнотой. Дело в том, что, согласно квантовой механике, в замкнутой системе декогеренции не должно быть. В такой системе информация сохраняется и все коты в ней «шредингеровские». Поэтому, в теории декогеренции обычно рассматривают открытые системы и неконтролируемые степени свободы, в которых информация может теряться. Мы же здесь утверждаем, что ***декогеренция имеет место и для замкнутых систем. Но она субъективна.*** Субъективна она в том смысле, что имеет место только для

[33] Субаддитивность - свойство энтропии запутанных систем A и B, выражающееся неравенством $S(A,B) \le S(A) + S(B)$.

внутреннего наблюдателя (субъекта), для которого вследствие неполноты существуют неконтролируемые степени свободы. Может возникнуть вопрос – не является ли такая декогеренция иллюзией? Ведь объективно, нет никаких скрытых степеней свободы, и информация сохраняется.
Здесь уместно вспомнить, так называемый «duck test», который формулируется примерно так: «Если нечто выглядит как утка, плавает как утка и крякает как утка, то это, вероятно, утка и есть». То же самое можно сказать и в отношении субъективной декогеренции. Это самая настоящая декогеренция и она ни чем не отличается от декогеренции в открытых системах.
Итак, субъекту системы, мир всегда виден, как набор альтернативных вариантов классической реальности, представленных диагональными компонентами редуцированной матрицы плотности. Осознание одного из этих вариантов, в квантовой механике, называют селективным измерением или суперселекцией[34]. Это процесс, при котором все члены диагонали редуцированной матрицы плотности, кроме одного, зануляются, а в сознании субъекта (в эвереттической терминологии) проявляется одна из альтернативных ветвей классической реальности. Этот «процесс» имеет место только в сознании наблюдателя. Объективно же ничего не происходит. Эта наиболее загадочная часть квантовой теории, которая до сих пор оставалась неиссякаемым источником споров и всевозможных спекуляций, в нашей модели находит конструктивную интерпретацию.

Как известно, чистое квантовое состояние имеет нулевую энтропию, что означает, что оно бесструктурное и вполне определенное[35]. Однако давайте вспомним, что чистое квантовое состояние представляет собой класс эквивалентности неразличимых фазовых состояний! Другими словами, чистое квантовое состояние, на самом деле, не так уж чисто. Поэтому, его энтропию вычислим по формуле Шеннона:

$$\mathrm{H}_{\mathrm{hide}} = -\int |\psi|^2 \log\, |\psi|^2 \qquad (10.3)$$

Будем называть эту энтропию скрытой, поскольку она не «видна» внутреннему наблюдателю. Не удивительно, что именно Эверетт (Everett 1957) открыл неравенство, расширяющее принцип неопределенности Гейзенберга (8.3). Для

[34] Термин «Environment Induced Superselection» предложил W. Zurek.
[35] матрица плотности чистого состояния имеет один собственный вектор.

физического наблюдателя (субъекта) «видна» только энтропия смешанного состояния. Это, так называемая энтропия фон-Неймана. Она определяется через редуцированную матрицу плотности $\mathrm{\rho_r}$ (10.2).

$$\mathrm{H_{Subj}} = -\mathrm{tr}(\mathrm{\rho_r} \ln \mathrm{\rho_r}) \qquad (10.4)$$

Эта энтропия не выражает дефицит знания наблюдателя о мире. Она говорит только о том, насколько распределение вероятностей, даваемое статистическим оператором, отличается от равномерного. Информация же необходимая для определения исхода суперселекции, и которая составляет значительную часть энтропии субъекта, утрачена при редуцировании матрицы.

Отличие энтропии смешанного (10.4) и чистого (10.3) состояний это не вопрос калибровки (выбора начала отсчета). Это вопрос выбора онтологической «системы координат» наблюдателя (внутренний или внешний). Так для внутреннего наблюдателя энтропия чистого состояния строго равна нулю вследствие неразличимости им фазовых состояний квантовой системы (или неразличимости интенций). Хотя объективно (с точки зрения гипотетического внешнего наблюдателя, она отлична от нуля). Именно поэтому, энтропию чистого состояния (10.3) мы будем называть скрытой. Объективно (с точки зрения внешнего наблюдателя), энтропия не может быть ниже некоторого значения, задаваемого аналогом теоремы Нернста[36]:

$$H \geq H_{hide} = \log(\eta) \quad (10.5)$$

Здесь η - степень вырождения чистого квантового состояния. Энтропия H смешанного состояния, выраженная в объективных единицах, лежит в интервале:

$$\mathrm{H_{hide}} < \mathrm{H} < \mathrm{H_{hide}} + \mathrm{H_{Subj}} \qquad (10.6)$$

Положив $\mathrm{H_{hide}} = 0$, перейдем к субъективной шкале энтропии:

$$0 < \mathrm{H} < \mathrm{H_{Subj}} \qquad (10.7)$$

[36] При приближении к абсолютному нулю $T \to 0$, энтропия стремится к определенному конечному пределу $S \to S_0$, не зависящему от конечного состояния системы.

Полная объективная энтропия состояния складывается из термодинамической и скрытой энтропии:

$$\mathrm{H_{Subj}} + \mathrm{H_{hide}} = \mathrm{H_{Obj}} \qquad (10.8)$$

$\mathrm{H_{Obj}} = const$ – это объективная энтропия состояния, определяющая его полную информацию. В соответствии с этим, объективная энтропия нашей Вселенной не равна нулю, даже, если Вселенная находится в чистом состоянии.
Второе начало термодинамики

$$\frac{\mathrm{dH_{Subj}}}{\mathrm{dt}} \geq 0 \qquad (10.9)$$

имеет субъективное происхождение. То есть справедливо только для внутреннего (субъективного) наблюдателя. Субъективная энтропия растет только за счет измерений. Из (10.8) и (10.9) следует, что любое измерение сопровождается потоком энтропии из скрытых степеней свободы в эмерджентный физический слой реальности.

11. Обсуждение и выводы:

Эверетт в своей теории «соответственных состояний», впервые в истории физики, включил наблюдателя в модель. Это открывало путь к новой физике, Однако Эверетт не понял, насколько был близок к разгадке «тайны Старика[37]». Будучи материалистом, он «сконструировал» своего наблюдателя из физических объектов (реле и шестеренок и.т.д). Но наблюдатель - нечто другое. Мы не найдем его среди вещей этого мира. Наблюдатель находится «нигде», поскольку, сами категории пространства и времени (где, как мы думаем, мог бы быть локализован наблюдатель), конституируются им самим.

В отличие от Эверетта, мы не интерпретируем, а строим квантовую механику из первых принципов. Взяв за основу концепцию супердетерминизма на

[37] Отсылка к известному выражению Эйнштейна. Он писал: «[Квантовая теория] говорит о многом, однако на самом-то деле не приближает нас к раскрытию тайны «Старика».

онтологическом уровне реальности, и идею субъективной неполноты, мы показываем, что теория, которую в этих условиях построил бы внутренний наблюдатель, имела бы все черты квантово-релятивистской физики.

Основываясь на представлении о скрытой онтологической динамике, мы раскрываем смысл многомировой интерпретации Эверетта (параграф 9). Напомним, что согласно интерпретации КМ Эверетта, разные ветви эволюции, возникают одновременно в процессе измерения, и представляют собой классические альтернативы в состоянии суперпозиции. В отличие от этого, в нашей ре-интерпретации компоненты суперпозиции отделены друг от друга субъективно трансфинитными интервалами времени. То есть, интервалами времени большими максимально измеримых внутренним (субъективным) наблюдателем. Эту новую интерпретацию, по аналогии с мультимировой, мы назвали мультихрональной.

В 1985 году Хесло (A. Heslot) [8] заметил, что квантовая механика допускает симплектическую формулировку. То есть, $P(\mathcal{H})$ является Кэлеровым многообразием[38]. Наиболее интересным итогом этого исследования была геометрическая интерпретация постоянной Планка, которая оказалась связанной с кривизной проективного гильбертова многообразия[39]. Формально, это следствие того, что $P(\mathcal{H})$ является Кэлеровым многообразием. То есть, комплексным многообразием, снабженным, кроме симплектической структуры, так же и римановой метрикой.

В результате этих исследований стало понятно, что ряд специфических квантовых явлений[40], обязаны римановой кривизне проективного ГП. В асимптотическом пределе плоского проективного пространства ($\hbar \to 0$) мы естественным образом приходим к классическому фазовому пространству. В общем случае, кривизна проективного многообразия определяется связностью в пространстве расслоения, которая, в свою очередь, может интерпретироваться, как действие физических полей. В параграфах 6 и 7 мы продемонстрировали, как на этой основе получить действие для электромагнитного поля.

На основании этого, можно сделать ошибочный вывод о том, что КМ не линейна. Однако, хотя пространство квантовых состояний оказалось нелинейным многообразием, тем не менее, нужно помнить, что истинная (объективная)

---

[38] Многообразие с тремя взаимно совместимыми структурами: комплексной структурой, римановой метрикой и симплектической формой.

[39] Для q-бита это сфера Блоха.

[40] Например, эффект Ааронова – Бома, природа которого обусловлена геометрической фазой Бэрри.

динамика происходит в линейном гильбертовом пространстве, тогда, как нелинейность имеет место в проективном пространстве и является исключительно субъективным (эмерджентным) феноменом. Статус внутреннего наблюдателя естественным образом помещает нас в проективное Гильбертово пространство, где имеет место R-процедура и прочие нелинейности, благодаря которым и возникает все разнообразие физического мира.

В основу нашего подхода, призванного объяснить происхождение физических законов были положены следующие базовые понятия и представления:

Субъективное нарушение симметрии

Мы не знаем, что есть сознание, но из собственного интроспективного опыта знаем, что симметрия между наблюдателем и объектом отсутствует. Об этом писал еще Николай Кузанский[41]: «*Где бы ни был наблюдатель, он полагает себя в центре*». Поэтому, я всегда отличаю себя от объекта. Это свойство позволяет упорядочивать состояния сознания в структуры, и дает формальную основу для нашего построения (параграф 2).

Супердетерминизм

В связи с нашим рассмотрением нельзя не упомянуть работы г.т.Хофта [25], лежащие в том же русле идей. Хофт, так же, сторонник супердетерминизма. Физический мир для него - большой механизм, в котором имеет место глобальная «зацепленность» всех его частей. Этим, в частности, объясняются квантовые корреляции. Квантовая же неопределенность – следствие незнания начальных условий. Состояния Мира, которые Хофт называет онтологическими, образуют гильбертово пространство с некоторым специальным базисом.

Хофт разрабатывает свой оригинальный подход к вопросам обоснования квантовой механики и свободы воли. Он рассматривает модели мира типа «cogwheel». Это физико-математическая метафора, в которой зубья «шестерни» играют роль онтологических состояний мира. С точки зрения математики, такая модель описывается закольцованным пространством онтологических состояний. Онтологические состояния Хофта соответствуют, введенным нами, состояниям

---

[41] *Николай Кузанский*. Сочинения.

сознания или, что то же самое, классическим наблюдаемым состояниям. С точки зрения Хофта классические наблюдаемые состояния - фундаментальны и бесструктурны. Поэтому, он и называет их онтологическими. В отличие от Хофта, у нас, классические наблюдаемые (они же состояния сознания) имеют структуру. Они образованы классами бесструктурных онтологических состояний - интенций.

Как уже было сказано, Хофт рассматривает одношестереночные «1- cogwheel» модели мира. В отличие от этого, мы рассматриваем «2- cogwheel» модели, состоящие из двух зацепленных шестерней - субъекта и объекта. Формально эта структура описывается произведением циклических групп[42] над полем состояний сознания. Именно здесь и возникает вся «магия», позволяющая ввести сознание в теорию. Обратим внимание на то, что число состояний механизма, состоящего из двух «шестерней» больше суммарного числа зубьев двух «шестерней». Например, если число зубьев у шестерней субъекта и объекта N и M, соответственно, то число состояний механизма, образованного этими шестернями в случае, если N и M взаимно простые, равно $N \times M$.

Таким образом, наш супердетерминизм, в отличие от супердетерминизма Хофта реализуется на субквантовом уровне, а квантовые неопределенности обусловлены не незнанием начальных условий, а фундаментальной субъективной неполнотой.

Субъективная неполнота

В основе понятия субъективной неполноты лежат ограничительные теоремы математической логики, перенесенные на физический мир. Например, предел Чейтина (*Gregory J. Chaitin*) [26], теорема Геделя (*Kurt Friedrich Gödel*) о неполноте формальных систем или формальный аргумент Девида Вулперта (*David Hilton Wolpert*), утверждающий, что для любого интеллекта в принципе невозможно знать все о вселенной, частью которой он является [27].

Рассмотрим предельно простую модель нашего мира, представив его конечным автоматом, работающим в соответствии с набором детерминированных правил (например, «2- cogwheel» модель). Легко понять, что эволюция такой системы детерминирована с точки зрения внешнего наблюдателя и в известном смысле случайна, с точки зрения внутреннего. В самом деле, пусть эволюция автомата в

[42] Произведение циклических групп взаимно простых порядков является циклической группой.

пространстве его состояний описывается конечной максимально сложной (по Колмогорову) последовательностью чисел. Последнее означает, что алгоритм, способный сгенерировать эту последовательность, может быть записан не меньшим числом символов, чем сама последовательность. Это означает, что для внутреннего наблюдателя, ресурсы которого ограничены числом его собственных состояний, такого алгоритма не существует и, следовательно, с его точки зрения, эволюция его мира не предсказуема, то есть, случайна. Однако ни что не мешает существованию такого алгоритма вне системы. И это означает, что с точки зрения внешнего наблюдателя, эволюция системы предсказуема.

Именно поэтому для внутреннего наблюдателя возникает детерминизм особого типа, который проявляет себя, как Лапласcовский, по отношению к эволюции функции распределения вероятностей, и, как индетерминизм по отношению к предсказанию результатов испытаний. Именно такой гибрид детерминизма и случая характерен для квантовой механики. Наша модель, основанная на субъективной неполноте, воспроизводит эту особенность физической реальности.

Онтологическая относительность.

В нашей модели, наблюдателем является сама вселенная, наблюдающая себя (вернее, ее часть, которую мы называем наблюдателем). По форме, это немного напоминает «Participatory Universe» Д.А.Уилера [28,29]. В предложенной концепции сознание не является качеством или атрибутом той или иной физической системы точно так же, как длина движущегося стержня (СТО) не является присущим ему качеством. Свойство длины, как известно, оказывается зависящим от системы отсчета наблюдателя. Точно так же свойство наблюдателя обладать субъективным опытом связано с его онтологическим статусом (внешний или внутренний. Если угодно, то это можно назвать «онтологической системой координат»). Мы здесь рассмотрели гипотезу, согласно которой субъективная реальность (она же физическая реальность) генерируется субъективной неполнотой (см. выше), то есть, положением вещей, которое возникает для внутреннего наблюдателя. В этом контексте ***субъект, обладая сознанием, для самого себя, в то же время, является механической куклой***

для внешнего наблюдателя. В этом понимании, все физикалистские рассуждения о сильном ИИ[43], о механизмах сознания и.т.д. лишаются основы.

В структуре классической механики XVIII - века не было места для случая. При этом случайные события рассматривались, как следствие неполноты наших знаний о начальных условиях. Сегодня научный «мейнстрим» придерживается, так называемой копенгагенской интерпретации квантовой механики, провозглашающей случай фундаментальным свойством природы.

Мы показали, что ***вопрос выбора между двумя концепциями – детерминизмом и индетерминизмом лишен смысла, поскольку ответ на него зависит от выбора онтологической «системы координат».***

Мы считаем, что на фундаментальном, онтологическом уровне реальности (объективно) имеет место детерминированная динамика и, соответственно, существует объективный фактор, определяющий исход измерения. С точки зрения внутреннего наблюдателя, этот фактор принципиально не обнаружим. Поэтому исход суперселекции может рассматриваться, либо, как случай (копенгагенская интерпретация), либо, как сознательный волевой акт (расширенная концепция Эверетта). В любом случае, этот скрытый фактор[44] (см. скрытые параметры), в соответствии с принципом наблюдаемости[45], не принадлежит эмпирической реальности (реальности субъективного наблюдателя).

Наш подход дает «парадоксальный» способ моделирования свободы выбора в рамках концепции детерминизма. В отличие от расширенной концепции Менского – Эверетта (РКЭ) [30], отождествляющей сознание и суперселекцию, наш метод вскрывает примордиальный механизм разделения альтернатив, и позволяет обосновать квантовую механику, основываясь на формализованном представлении о сознании.

---

[43] Гипотеза сильного искусственного интеллекта (ИИ) предполагает возможность создания физического устройства, обладающего субъективным опытом.

[44] см. «скрытые параметры» или «скрытые переменные».

[45] С этим принципом тесно связан принцип Джорджа Беркли «*esse est percipi*». Существовать значит быть воспринимаемым.

Литература

1. *Андрей Линде*. Теория инфляционной Вселенной, или теория Мультивселенной (Мультиверса). 10 июня 2007 года, Москва, ФИАН
2. *Xiaodong Chen* "A New Interpretation of Quantum Theory. Time as Hidden Variable". Department of Physics, University of Utah, Salt Lake City, UT 84112 (March 29, 2000)].
3. *P.V. Kurakin, and G.G. Malinetskii*. Toy quantum mechanics using hidden variables. Discrete Dynamics in Nature and Society., Volume 2004 (2004), Issue 2, Pages 357-361
4. *S. M. Barnett, D. T. Pegg*. On the Hermitian Optical Phase Operator. J. Mod. Opt. 36, № 1, pp. 7-19 (1989).
5. *Felix M. Lev* Quantum theory and Galois fields., arXiv:hep-th/0605294v1 31 May 2006
6. *Felix M. Lev* Why is quantum physics based on complex numbers? arXiv:hep-th/0309003 v1 29 Aug 2003
7. *Dummit, D. S., and R.M. Foote*. 2004. Abstract algebra. John Wiley & Sons. 932 p.
8. *Арнольд В. И.* Динамика, статистика и проективная геометрия полей Галуа. —М.: МЦНМО, 2005. — 72 с
9. *A. Heslot*, “Quantum mechanics as a classical theory”, Phys, Rev. D31, 1341–1348 (1985)
10. *Вейль Г.* О равномерном распределении чисел по модулю 1 // Вейль Г. Избранные труды. М.: Наука, 1984. С. 58–93
11. *Steven Peil*., Proposed Test of Relative Phase as Hidden Variable in Quantum Mechanics arXiv:1302.3787v1 [quant-ph] 15 Feb 2013
12. *Кулик С.П.* Физические основы квантовой информации Изд-во МГУ 2002
13. *Bialynicki-Birula, I.; Mycielski, J. (1975*), "Uncertainty Relations for Information Entropy in Wave Mechanics", Communications in Mathematical Physics, 44 (2): 129
14. *Everett H. III*, Rev. Mod. Phys.,**29**,454 (1957)
15. *P. Bocchieri and A. Loinger*, Phys. Rev. 107, 337
16. *Клейн Ф.* Элементарная математика с точки зрения высшей. Т.1-2. М.-Л., 1933
17. *Цих А.К.,* Многообразие геометрий, 1999, МАТЕМАТИКА
18. *Щербаков Р.Н., Пичурин Л.Ф.* От проективной геометрии - к неевклидовой. М.: Просвещение, 1979. 158 с
19. *М.Б. Менский,* Квантовые измерения, феномен жизни и стрела времени: связи между “тремя великими проблемами” (по терминологии В. Л. Гинзбурга). УФН, 177:4 (2007), 415–425
20. *W. Zurek.* Decoherence and Transition from Quantum to Classical - Revisited. 10b. В. Зурек. Seminaire Poincare 1 (2005) 1–23.
21. *Erik Verlinde.* On the Origin of Gravity and the Laws of Newton. arXiv:1001.0785v1 [hep-th] 6 Jan 2010
22. *Bengtsson I Br¨annlund J and Z ˙ yczkowski K* 2001 CPn, or, Entanglement Illustrated Preprint quantph/ 0108064
23. *Daniel M.,Viallet CM.* The Geometrical Setting of Gauge Theories of the Yang —Mills Type.— Rev. Mod. Phys., 1980, v. 52, No. 1, p. 175—197.—
24. *К.А.Бронников, С.Г.Рубин*. Лекции по гравитации и космологии.
25. *Ю.Б. Румер Ю.Б*., Исследования по 5-оптике, Физматгиз, М., 1956
26. *Gerard 't Hooft.* The Ontology Conservation Law as an Alternative to the Many World Interpretation of Quantum Mechanics., arXiv.org > quant-ph > arXiv:1904.12364
27. *Gregory J. Chaitin.* The Limits of Mathematics. Springer 2003.

28. *David H. Wolpert* (2008). "Physical limits of inference". Physica D. 237 (9): 1257–1281. arXiv:0708.1362. Bibcode:2008PhyD..237.1257W. doi:10.1016/j.physd.2008.03.040. full text
29. *Wheeler, John Archibald* (1990). *A Journey Into Gravity and Spacetime*. Scientific American Library. New York: W.H. Freeman. ISBN 0-7167-6034-7.
30. *Alexei V. Nesteruk A* "Participatory Universe" of J. A. Wheeler as an Intentional Correlate of Embodied Subjects and an Example of Purposiveness in Physics»., Journal of Siberian Federal University. Humanities & Social Sciences 3 (2013 6) 415-437
31. *М.Б.Менский.* Успехи физических наук. «Обзоры актуальных проблем. Квантовая механика: новые эксперименты, новые приложения и новые формулировки старых вопросов», Июнь 2000 г., Том 170. №6
32. *Gerard 't Hooft.* Determinism beneath quantum mechanics. arXiv:quant-ph/0212095 v1 16 Dec 2002
33. D. T. Pegg and S. M. Barnett, Phys. Rev. A 39, 1665 – Published 1 February 1989
34. *Ю.И. Воронцов*. Фаза осциллятора в квантовой теории. Что это такое «на самом деле»? УФН, том 172, N8. 2002г

Примечание 1:

Покажем, что $\Gamma^4_{\mu 4}$, и Γ^4_{44} равны нулю.

$$\Gamma^4_{\mu 4} = G^{4k}\Gamma_{k\mu 4} = G^{4\alpha}\Gamma_{\alpha\mu 4} + G^{44}\Gamma_{4\mu 4} = G^{4\alpha}\Gamma_{\alpha\mu 4} + G^{44}\frac{1}{2}\left(\frac{\partial G_{\mu 4}}{\partial x^4} + \frac{\partial G_{44}}{\partial x^\mu} - \frac{\partial G_{4\mu}}{\partial x^4}\right) = G^{4\alpha}\Gamma_{\alpha\mu 4};$$

Член в скобках по понятной причине равен нулю. Далее умножим левую и правую части полученного равенства на $G_{\alpha 4}$, получим:

$$G_{\alpha 4}\Gamma^4_{\mu 4} = G_{\alpha 4}G^{4\alpha}\Gamma_{\alpha\mu 4};$$

Здесь $G_{\alpha 4}G^{4\alpha} = 0$ так как:

$$\delta^4_4 \equiv G^{4m}G_{m4} = G_{\alpha 4}G^{4\alpha} + G_{44}G^{44} = G_{\alpha 4}G^{4\alpha} + 1 \equiv 1 \quad (\text{здесь принято } G_{44} = 1)$$

Следовательно: $G_{\alpha 4}\Gamma^4_{\mu 4} = 0$. Но так как $G_{\alpha 4} \neq 0$, значит $\Gamma^4_{\mu 4} = 0$;

$$\Gamma^4_{44} = G^{4m}\Gamma_{m,44} = G^{4m}\frac{1}{2}\left(\frac{\partial G_{m4}}{\partial x^4} + \frac{\partial G_{m4}}{\partial x^4} - \frac{\partial G_{44}}{\partial x^m}\right) = 0;$$

Первые 2 члена в скобке равны нулю по условию цилиндричности. Оно означает независимость наблюдаемых переменных от скрытой степени свободы x^4. Это условие чисто формально использовалось в ранних многомерных теориях. В нашем случае, цилиндричность является аналитическим выражением субъективной неполноты мира.

Покажем, что $\Gamma_{\mu 4,\alpha} = \Gamma^{\alpha}_{\mu 4}$

$$\Gamma_{\mu 4,\alpha} = G_{i\alpha}\Gamma^{i}_{\mu 4} = G_{\nu\alpha}\Gamma^{\nu}_{\mu 4} + G_{4\alpha}\Gamma^{4}_{\mu 4}$$

Учитывая, что $\Gamma^{4}_{\mu 4} = 0$, получим $\Gamma_{\mu 4,\alpha} = \Gamma^{\alpha}_{\mu 4}$