

Природа некоторых концептуальных проблем в геометрии и динамике частиц

Yuri A. Rylov

Институт проблем механики, РАН

Россия 117526, Москва, Пр. Вернадского 01-1

email: rylov@ipmnet.ru

Web site: [http : //gasdyn – ipm.ipmnet.ru/~rylov/yrylov.htm](http://gasdyn-ipm.ipmnet.ru/~rylov/yrylov.htm)

Аннотация

Концепция (математический формализм) динамики частиц изменяется довольно редко в процессе развития концепции динамики. Это связано с ассоциативными заблуждениями в существующей концепции динамики и логической перезагрузкой, которая является средством преодоления ассоциативных заблуждений (АЗ). Исследуется влияние ассоциативных заблуждений (АЗ) на развитие физики и математики. Ассоциативное заблуждение (АЗ) означает ошибку, появившуюся из-за неправильных ассоциаций, когда свойства одного объекта присваиваются другому. Примерами древних заблуждений являются: (1) связь направления гравитационного поля с выделенным направлением в пространстве (вместо направления на центр Земли), что приводило к парадоксу антиподов, (2) утверждение, что Земля (а не Солнце) является центром планетарной системы, что вело к доктрине Птолемея. Сейчас эти заблуждения преодолены. В работе рассматриваются четыре современных еще не преодоленных АЗ, следствиями которых являются неправильная геометрия пространства-времени и большинство проблем и трудностей квантовой теории поля (КТП). Показывается, что ассоциативные заблуждения имеют ряд интересных свойств: (1) АЗ оказываются долго живущими заблуждениями, потому что они частично компенсируются с помощью введения компенсирующих (Птолемеевых) концепций, (2) влияние АЗ на научные исследования, порождает особый прагматичный стиль исследований (П-стиль), напоминающий экспериментальный метод проб и ошибок. АЗ направляют развитие научных исследований в тупик. Рассматриваются конкретные свойства современных АЗ и методы их преодоления. С точки зрения приложений работа представляет собой анализ ошибок, сделанных в процессе развития квантовой теории. Анализируются причины этих ошибок и предлагаются методы их исправления.

Ключевые слова: логическая перезагрузка; ассоциативные ошибки; структурный подход; обоснование квантовой теории; многовариантная геометрия; геометризация физики; исследовательские стили

1 Введение

Логическая перезагрузка является новой логической операцией [1]. Она используется в классической динамике частиц и в собственно евклидовой геометрии. В классической динамике частиц логическая перезагрузка изменяет базовый объект динамики. Отдельные детерминированные частицы S_d заменяются статистическим ансамблем $\mathcal{E}[S_d]$ частиц S_d . В результате математический формализм динамики частиц изменяется. Динамика дискретных динамических систем преобразуется в динамику сплошной среды. В результате логической перезагрузки новый формализм динамики детерминированных частиц становится способным описывать динамику стохастических частиц S_{st} , потому что статистический ансамбль $\mathcal{E}[S_{st}]$ является динамической системой даже в том случае когда он состоит из стохастических частиц S_{st} . Движение стохастической частицы S_{st} не может быть описано точно. Можно описать только среднее движение стохастической частицы. например движение объема газа описывает среднее движение молекул газа, точное движение которых является стохастическим.

Изменение формализма динамики частиц очень редкое явление. В последний раз он изменялся в начале двадцатого века, когда классическая динамика была заменена квантовой механикой (обычные динамические переменные были заменены матричными динамическими переменными). Логическая перезагрузка сохраняет классическую динамику, но она преобразует динамику дискретных динамических систем в классическую динамику сплошной среды. В результате квантовая механика оказывается обоснованной как классическая динамика стохастических частиц (сплошной среды).

Современные исследователи не работают с преобразованием концепций динамики (с преобразованием формализма динамики). Они работают с различными лагранжианами в рамках одного и того же формализма (классической или квантовой концепции). Исправления выбора лагранжиана могут быть проверены на эксперименте. Решаются динамические уравнения, порожденные выбранным лагранжианом. Полученные рассчитанные результаты могут быть проверены экспериментально. Если рассчитанные результаты правильны, то заключают, что лагранжиан взят правильно.

Правильность изменения математического формализма динамики не может быть проверена одним экспериментальным тестом. Экспериментальный тест должен быть произведен для всех лагранжианов. Если результат, рассчитанный для конкретного лагранжиана не совпадает с экспериментом, то нельзя решить, что является причиной расхождения: новый математический формализм или выбор лагранжиана. Работая с новым математическим формализмом, мы вынуждены использовать другой критерий правильности, отличающийся от совпадения с экспериментом. Мы вынуждены искать дефекты или ошибки в существующем формализме динамики и исправлять эти ошибки. Такой подход облегчает выбор новой концепции динамики (нового математического формализма).

Таким образом, исследовательская стратегия при построении новой концепции динамики частиц (нового математического формализма динамики частиц) выглядит следующим образом. Ищем дефекты (ошибки) в существующей концепции динамики

частиц и исправляем обнаруженные ошибки. Поиск ошибки в существующей концепции динамики - это очень трудная задача. Большинство исследователей полагают, что в существующей концепции динамики ошибок нет. Тем не менее ошибка была найдена. Она состоит в том, что динамические уравнения для релятивистских частиц являются релятивистскими, а состояние частицы описывается как нерелятивистское [2, 3]. Исправление этой ошибки ведет к логической перезагрузке в классической динамике стохастических частиц.

Ошибка в определении состояния релятивистской частицы не имеет значения в динамике детерминированных релятивистских частиц, но она существенна в динамике стохастических релятивистских частиц, потому что в этом определении используется статистический ансамбль. Статистический ансамбль по существу представляет собой исчисление состояний частицы. В этом случае правильное определение состояния частицы важно.

Трудность восприятия обоснования квантовой механики связана также с тем, что преобразование от динамических уравнений для статистического ансамбля к уравнению Шредингера (или Клейна-Гордона) связано также с тем фактом, что преобразование от динамических уравнений для статистического ансамбля к уравнению Шредингера (или Клейна-Гордона) содержит частичное интегрирование, которое приводит к появлению трех произвольных функций $g^\alpha(\xi)$, $\alpha = 1, 2, 3$. Волновая функция в уравнении Шредингера строится из этих функций $g^\alpha(\xi)$. Переход от динамических уравнений для сплошной среды к уравнению Шредингера без этого интегрирования не возможен.

Логическая перезагрузка в евклидовой геометрии приводит к монистической концепции геометрии, которая полностью описывается в терминах единственной величины: метрики (мировой функции). Логическая перезагрузка связана также с некоторым исправлением геометрических представлений. В частности, после логической перезагрузки исключается аксиома треугольника, которая оказывается специальным свойством собственно евклидовой геометрии. Логическая перезагрузка в евклидовой геометрии приводит к изменению математического формализма геометрии. Полученный математический формализм оказывается более общим. Он может использоваться и в том случае, когда аксиома треугольника не выполняется.

Ошибки, устраняемые логической перезагрузкой являются ассоциативными ошибками (ассоциативными заблуждениями), которые появляются, когда свойства одного объекта приписываются другому объекту. В традиционном формализме геометрии свойство одномерности отрезка прямой линии (аксиома треугольника), которое является свойством собственно евклидовой геометрии, приписывается любой геометрии, вообще. Это ограничение устраняет из рассмотрения многие геометрии пространства-времени, в частности, дискретные геометрии.

На практике логическая перезагрузка в геометрии и в классической динамике были получены в результате обнаружения ассоциативных заблуждений. Я полагаю, что эта исследовательская стратегия наиболее эффективна в случае, когда теоретическая физика оказывается в тупике. В этом случае поиск эффективных лагранжианов, основанный на экспериментальных данных не эффективен, потому что в этом случае работа в рамках существующей концепции не эффективна. Изменяя лагранжиан, мы получаем описание отдельного физического явления, тогда как нужно

объяснить широкий класс физических явлений. Нужно изменить концепцию (существующий математический формализм). Это изменение может быть осуществлено только изменением концепции. Чтобы изменить существующую концепцию, нужно найти ассоциативные заблуждения в существующей концепции и использовать логическую перезагрузку. Это очень трудная задача, и нужно знать свойства ассоциативных заблуждений.

Настоящая работа посвящена изучению ассоциативных заблуждений, их роли в развитии естественных наук и проблемам их преодоления.

2 Ассоциативное заблуждение. Что это такое?

В этой работе обсуждаются ассоциативные заблуждения в естественных науках, главным образом, в физике. Ассоциативные заблуждения (АЗ) очень устойчивы. Они преодолеваются с трудом, потому что их нельзя опровергнуть логически. Но имеются дополнительные усложнения. Обычная ошибка преодолевается научным сообществом как только она преодолевается одним из членов сообщества. Публикуется соответствующая статья, и научное сообщество принимает ее во внимание. Ошибка считается исправленной.

Иная ситуация возникает с ассоциативными заблуждениями (АЗ). Обнаружение ассоциативного заблуждения (АЗ) и публикация соответствующей статьи не ведет к подтверждению АЗ как заблуждения или ошибки. Научное сообщество продолжает настаивать на утверждении, что АЗ, рассмотренное в статье не является на самом деле ошибкой и что автор этой статьи сам делает ошибку. Возникает долгий спор. Иногда это приводит к конфликту, как в случае конфликта между доктриной Птолемея и доктриной Коперника. Наконец правда одерживает победу, но путь к этой победе долг и труден.

По-видимому, причина устойчивости АЗ в очевидности и привычности тех утверждений, которые потом оказываются ассоциативными заблуждениями. На основе этих утверждений строятся научные концепции, которые согласуются с экспериментальными данными и наблюдениями. Провозглашая эти привычные утверждения заблуждениями, мы разрушаем существующие привычные конструкции и пытаемся построить новые концепции. Это всегда очень трудно для научного сообщества.

В истории науки известен ряд ассоциативных заблуждений. Перечислим их в хронологическом порядке.

АЗ.1. Парадокс антиподов порожденный тем, что направление действия гравитационного поля связывалось с выделенным направлением в пространстве, а не с направлением к центру Земли.

АЗ.2. Доктрина Птолемея в небесной механике, когда свойство быть центром "вселенной" приписывалось Земле, тогда как таким центром было Солнце.

АЗ.3. Предрассудки против римановой геометрии во второй половине XIX века, связанные с тем, что декартова система координат рассматривалась как атрибут геометрии, тогда как она была только методом описания евклидовой геометрии.

АЗ.4. Невозможность использования чисто метрической концепции геометрии, связанная с ассоциативным заблуждением, что понятие одномерной кривой рассмат-

ривалось как фундаментальное понятие любой геометрии. в то время как одномерная кривая является геометрическим объектом, который используется только в евклидовой и римановой геометрии.

А3.5. Стохастическая динамика частиц, когда базовым объектом динамики считается отдельная стохастическая частица. Всякое статистическое описание производится в терминах теории вероятностей, и понятие вероятности рассматривается как фундаментальное понятие статистического описания.

А3.6. Отождествление индивидуальной частицы S со статистически средней частицей $\langle S \rangle$, используемое при традиционной интерпретации квантовой механики. Такая интерпретация является разновидностью ассоциативного заблуждения, когда свойства отдельной частицы S присваиваются статистически усредненной частицы $\langle S \rangle$ и наоборот. Парадокс кота Шредингера и некоторые другие квантовомеханические парадоксы, связанные с редукцией волновой функции, являются следствиями этого отождествления.

А3.7. Принудительное отождествление энергии и гамильтониана, используемое в релятивистской квантовой теории поля (КТП), является ассоциативным заблуждением. Как любое ассоциативное заблуждение это отождествление связано с присвоением свойств одного объекта другому. Совпадение энергии и гамильтониана для свободной нерелятивистской частицы рассматривается как фундаментальное свойство любой частицы, тогда как это свойство имеет место только в случае, когда нет рождения пар.

Первые три из семи перечисленных ассоциативных заблуждений (А3.1 -А3.3) были преодолены к началу XX века, хотя детальный анализ этих преодолений, может быть, отсутствует в литературе. Что касается А3.4 - А3.7, то научному сообществу еще только предстоит преодолеть их. Кроме того эти АЗ присутствуют одновременно, и порядок их перечисления соответствует скорее их важности, чем хронологии.

Чисто метрическая концепция геометрии (КГ), где вся информация о геометрии задается с помощью расстояния между двумя точками пространства, является наиболее общей концепцией геометрии (КГ). Она порождает наиболее общий список геометрий, пригодных для описания пространства-времени. А3.4 дискриминирует чисто метрическую КГ. В результате вместо нее используется римановская КГ, порождающая неполный список возможных геометрий. Правильная геометрия пространства-времени отсутствует в этом списке, и мы обречены использовать геометрию Минковского для описания пространства-времени. Геометрия Минковского некорректна для малых масштабов пространства-времени, т.е в микромире. В правильной геометрии пространства-времени микрочастицы движутся изначально стохастически, и свойства геометрии являются источником этой стохастичности. В геометрии Минковского движение любой частицы, описываемой времениподобной мировой линией, является детерминированным, и некорректность геометрии Минковского связана с этим фактом.

А3.5 связано с невозможностью построения последовательного статистического описания случайно движущихся микрочастиц (электронов, позитронов и т.п), хотя нет сомнений, что квантовая механика, описывающая регулярную составляющую этого движения, является статистической теорией. А3.4 и А3.5 создают такую ситуацию, когда мы вынуждены использовать серию дополнительных гипотез (принципов

квантовой механики) для правильного описания квантовых явлений. Это напоминает ситуацию, когда Птолемей использовал ряд дополнительных конструкций (эпициклов, дифферентов) для объяснения наблюдаемого движения небесных тел. Эти конструкции нужны были для компенсации АЗ.2.

Преодоление АЗ.5 позволяет устранить принципы квантовой механики и построить теорию квантовых явлений как последовательную классическую динамику стохастических частиц. При таком описании стохастичность микрочастиц имеет геометрическую основу, т.е. она порождается геометрией пространства-времени. Последовательное классическое описание стохастических частиц оказывается результатом изменения базового объекта динамики (*отдельная частица заменяется статистическим ансамблем*). Статистический ансамбль является динамической системой даже в том случае, когда он состоит из стохастических частиц.

Преодоление АЗ.5 и АЗ.4 позволяет использовать структурный подход к теории элементарных частиц [1, 6], когда исследуется устройство элементарных частиц. Структурный подход отличается от традиционного эмпирического подхода, который не может исследовать устройство элементарных частиц. Он может только приписывать квантовые числа каждой элементарной частице. Различие между структурным подходом и эмпирическим подходом можно увидеть на примере исследования химических элементов. Структурный подход (атомная физика) исследует устройство атома (ядро, электронная оболочка), тогда как эмпирический подход (химия) приписывает некоторые свойства (атомный вес, валентность и т.п.) каждому химическому элементу без проникновения в устройство атома. Математический формализм оказывается более развитым в случае структурного подхода.

АЗ.6 не имеет такого глобального характера как АЗ.4 и АЗ.5. Оно касается главным образом интерпретации понятия измерения в квантовой механике.

АЗ.7 тоже не имеет глобального характера. Оно действует только в рамках релятивистской квантовой теории (КТП). Сама по себе КТП напоминает Птолемеевскую концепцию, т.е. концепцию, которая использует дополнительные гипотезы (принципы квантовой механики) которые компенсируют неправильный выбор модели пространства-времени. АЗ.7 (отождествление энергии и гамильтониана $E = H$) порождает ряд трудностей в КТП (нестационарность вакуума, теорию возмущений и некоторые другие). По существу нет необходимости в отождествлении энергии и гамильтониана $E = H$. Вторичное квантование можно осуществить без наложения этого ограничения [7, 8]. Условие $E = H$ оказывается несовместимым с динамическими уравнениями. Наложение этого условия делает КТП непоследовательной. С одной стороны, такая непоследовательность ведет к вышеупомянутым трудностям, но с другой стороны, такая непоследовательность позволяет объяснить эффект рождения пар, потому что непоследовательная теория позволяет объяснить все, что угодно. Нужно только проявить достаточную изобретательность. С одной стороны, устранение ограничения $E = H$ приводит к теории, которая последовательна в рамках квантовой теории и свободна от вышеупомянутых трудностей, но с другой стороны, она приводит к тому, что теория перестает описывать эффект рождения пар. Этот прискорбный факт означает только, что предпринятая попытка построения КТП на основе объединения принципов теории относительности и принципов квантовой механики оказалась неудачной, и следует поискать альтернативную концепцию.

Учтем, что квантовая механика является компенсирующей (птолемеевской) концепцией, т.е. квантовые принципы были придуманы для компенсации АЗ.4 и АЗ.5, точно так же, как птолемеевские эпициклы были придуманы для компенсации АЗ.2. Тогда попытка объединения принципов квантовой механики с принципами теории относительности столь же бесполезна, как введение эпициклов Птолемея в механику Ньютона.

По-видимому, концепция, появившаяся после преодоления АЗ.4 и АЗ.5 будет естественной альтернативой КТП. Такая концепция, будет последовательно релятивистской и квантовой (в том смысле, что она содержит квантовую постоянную $\hbar$, явно содержащуюся в описании пространства-времени). Она не содержит принципов квантовой механики и не нуждается в их объединении с принципами теории относительности. Мы будем ссылаться на эту концепцию как на модельную концепцию квантовых явлений, отличая ее от традиционной квантовой механики, которую будем называть аксиоматической концепцией квантовых явлений. Различие между аксиоматической концепцией и модельной концепцией примерно такое же как различие между термодинамикой и статистической физикой. Термодинамику можно квалифицировать как аксиоматическую концепцию тепловых явлений, тогда как статистическая физика может быть квалифицирована как модельная концепция тепловых явлений. Переход от аксиоматической концепции к модельной происходит после построения модели "тепловой жидкости" (хаотического движения молекул) и связи модели с термодинамическими аксиомами, описывающими свойства фундаментального термодинамического объекта – "тепловой жидкости". Понятие "тепловой жидкости" обычно не используется в статистической физике, но если оно введено, то свойства жидкости определяются из ее модели (хаотического движения молекул).

Похожая ситуация возникает при взаимодействии между аксиоматической концепцией и модельной концепцией квантовых явлений. В аксиоматической концепции имеется фундаментальный объект, называемый волновой функцией. Его свойства определяются принципами квантовой механики. Волновая функция - это такой объект, который отличает квантовую механику от классической, где волновой функции нет. В модельной концепции строится "модель волновой функции" [9]. После этого свойства волновой функции получаются из модели, и нужда в квантовых принципах отпадает. Аксиоматическая и модельная концепции приводят к одним и тем же результатам в нерелятивистском случае, но в релятивистском случае результаты, вообще говоря, различны. Например, применение модельной концепции к исследованию динамической системы $\mathcal{S}_D$, описываемой уравнением Дирака приводит к другому результату [10, 11, 12], чем исследование, производимое традиционными методами в рамках аксиоматической концепции. В первом случае классическим аналогом дираковской частицы $\mathcal{S}_D$ является релятивистский ротатор, состоящий из двух заряженных частиц, вращающихся вокруг их центра масс. Во втором случае классическим аналогом является точечная частица, имеющая спин и магнитный момент. Существование ассоциативного заблуждения не позволяет построить строгую научную концепцию. Построенная концепция оказывается компенсирующей (птолемеевской) концепцией, где неправильные положения компенсируются добавочными предположениями. Вообще говоря, птолемеевская концепция неправильна. Однако существуют такие области ее применения, где ее использование приводит к правиль-

ным результатам. Например, в рамках доктрины Птолемея можно выбрать так те эпициклы и дифференты для любой планеты, что можно рассчитать ее движение в течение достаточно длительного времени, и расчет будет согласовываться с наблюдениями. Но существует класс проблем небесной механики, которые не могут быть решены в рамках доктрины Птолемея. Например, в рамках этой доктрины нельзя решить такую задачу, когда и с какой скоростью надо бросить камень с поверхности Земли, чтобы он упал на Луну. В рамках доктрины Птолемея нельзя открыть закон гравитации и построить механику Ньютона. Ассоциативные заблуждения, внедренные в доктрину Птолемея и замаскированные компенсирующими гипотезами, препятствовали развитию небесной механики. Поскольку в то время небесная механика была единственной точной естественной наукой, то АЗ препятствовали нормальному развитию естественных наук. Развитие естественных наук шло в тупик. После преодоления АЗ.2 развитие естественных наук сильно ускорилось.

Та же самая ситуация имеет место в квантовой механике. Хотя при первом знакомстве с квантовой механикой она производит впечатление беспорядочного набора правил для расчета математических ожиданий, тем не менее в нерелятивистском случае использование этих правил приводит к результатам, которые согласуются с экспериментом. После принятия принципов квантовой механики нерелятивистская квантовая механика как целое представляет собой последовательную концепцию, которая отлично описывает широкий класс физических явлений. Но при переходе к релятивистским явлениям (рождение пар, теория элементарных частиц) квантовые принципы перестают быть достаточными. Оказывается нужным вводить новые предположения. Чем дальше квантовая теория продвигается в область релятивистских явлений, тем больше нужно вводить новых предположений для описания наблюдаемых явлений. Это косвенное указание на то, что традиционный способ развития квантовой теории ведет в тупик.

Предметом данной работы является исследование возможных методов преодоления ассоциативных заблуждений. С одной стороны, преодоление любых ассоциативных заблуждений требует знания предмета исследований и профессионального подхода к исследованию явления. С другой стороны, птолемеевские концепции имеют некоторые общие свойства, и работа с ними имеет некоторый специфический характер, который следует знать, если мы хотим эффективно преодолевать АЗ.

Во-первых, очень трудно обнаружить ассоциативное заблуждение. Косвенным указанием на АЗ является возрастающая сложность теории и необходимость новых дополнительных предположений. Эти указания свидетельствуют о том, что ассоциативное заблуждение существует, но они не позволяют определить, в чем состоит АЗ.

Во-вторых, работа с птолемеевскими концепциями, т.е. с концепциями, содержащими АЗ, порождает особый прагматичный стиль (П-стиль) исследований. П-стиль основан на том, что ищутся все возможные способы объяснения и расчета рассматриваемого явления. Разумеется, различные версии, рассматриваемые при таком подходе, ограничены существующим математическим формализмом и воображением исследователей. Но эти ограничения существенно слабее, чем ограничения, налагаемые классическим стилем (К-стилем) исследований. Классический стиль исследований (К-стиль) был полностью развит в естественных науках к концу XIX века.

Наша классификация стилей исследования довольно близка к классификации Ли Смолина [13], который так классифицировал типы теорий: (1) теория принципов и (2) конструктивная теория. По определению теория принципов должна быть универсальной: она должна быть применима ко всем явлениям, потому что она устанавливает основной язык, который используется для описания природы. Существование двух разных теорий принципов невозможно.

Конструктивные теории описывают некоторые отдельные явления в терминах специфических моделей или уравнений. Конструктивные теории ассоциируются с П-стилем, описывающим компенсирующие концепции, тогда как теории принципов ассоциируются с К-стилем, описывающим концепции, где ассоциативные заблуждения не существенны.

Непредубежденный читатель согласится, что заблуждения АЗ.1 - АЗ.3, которые были преодолены, действительно являются заблуждениями и что действительно стоило их преодолевать. Но довольно сомнительно, что он согласится с тем, что, АЗ.4 - АЗ.7 также являются заблуждениями. Если бы это было так, то они были бы преодолены много лет назад. Разумеется, ассоциативные заблуждения не желательны, как и всякие другие заблуждения. Их следует устранять, если это возможно. Но не следует рассматривать их как недоразумения или проявления глупости исследователей. Ассоциативные заблуждения являются неизбежным атрибутом познавательных процессов. АЗ были в прошлом, существуют сейчас и, по-видимому, будут существовать в будущем. Нам следует знать, как с ними жить и проводить исследования. Положение напоминает ситуацию с шумом. Мы передаем информацию в присутствии шума. Мы знаем, что шум не желателен, что шум следует устранять и что полностью устранить шум невозможно.

Следует изучать ассоциативные заблуждения, их свойства, влияние на стиль мышления и на работу исследователей, которые вынуждены работать в условиях присутствия ассоциативных заблуждений. Исследование свойств АЗ и возможностей их преодоления является целью этой работы. Мы начнем с детального исследования АЗ.4 - АЗ.7, чтобы показать, что они действительно являются заблуждениями и чтобы понять, как можно их преодолеть. Это очень важно, потому, что опыт преодоления АЗ.2 (доктрина Птолемея) показывает, что процесс преодоления очень труден для научного сообщества.

Обычно эти проблемы преодоления связывают с негативной ролью католической церкви. Б.В.Раушенбах [14] считал, что дело не в позиции католической церкви. Она была некомпетентна в проблемах небесной механики. Она просто соглашалась с мнением большинства тогдашних ученых. Большинство ученых того времени были священниками, и Б.В.Раушенбах полагает, что они использовали католическую церковь просто как инструмент борьбы против сторонников доктрины Коперника. Опыт автора в попытках преодоления АЗ.4 - АЗ.7 показывает, что Б.В.Раушенбах был прав.

В разделах 2 – 5 рассматриваются свойства АЗ.4 - АЗ.7. В шестом разделе рассматривается влияние ассоциативных заблуждений на стиль исследований.

3 Концепция геометрии и правильный выбор геометрии пространства-времени

Концепция геометрии (КГ) представляет собой набор правил, с помощью которых строится геометрия. Собственно евклидова геометрия¹ может быть построена на основе разных концепций геометрии.

Например можно использовать евклидову аксиоматическую концепцию (евклидовы аксиомы), или риманову концепцию геометрии (размерность, многообразие, метрический тензор, кривая). Можно использовать тополого-метрическую концепцию геометрии (топологическое пространство, метрика, кривая). В любом случае получится одна и та же собственно евклидова геометрия. С этой точки зрения неважно, какая из возможных концепций геометрии используется для построения геометрии..

Если мы собираемся выбрать геометрию для реального пространства-времени, то очень важно, чтобы список всех возможных геометрий, пригодных для описания пространства-времени, был полным. Если реальная геометрия пространства-времени отсутствует в этом списке, то мы обречены на выбор неправильной геометрии независимо от того, какой метод используется для выбора геометрии пространства-времени. Таким образом, определение полного списка всех возможных геометрий является необходимым условием правильного выбора реальной геометрии пространства-времени. В свою очередь определение списка возможных геометрий зависит от концепции геометрии(КГ), которая используется для определения списка возможных геометрий. Любая из возможных КГ содержит информацию двух сортов: (1) не-числовая информация в виде понятий, аксиом и предположений, формулируемых словесно, (2) числовая информация в виде чисел и числовых функций от пространственных точек. В различных КГ эта информация представлена по-разному.

<i>название КГ</i>	<i>не-числовая информация</i>	<i>числовая информация</i>
евклидова КГ	евклидовы аксиомы	$\emptyset$
риманова КГ	многообразие, кривая система координат	$n, g_{ik}(x)$
тополого-метрическая КГ	топологическое пространство, кривая	$\rho(P, Q) \geq 0,$ $\rho(P, Q) = 0, \text{ iff } P = Q$ $\rho(P, Q) + \rho(Q, R) \geq \rho(P, R)$
чисто метрическая КГ	$\emptyset$	$\sigma(P, Q) = \frac{1}{2}\rho^2(P, Q) \in \mathbb{R}$

Варьируя непрерывно числа и функции, образующие числовую информацию концепции геометрии, получаем непрерывный ряд геометрий в рамках одной КГ. Каж-

¹Мы используем термин "евклидова геометрия" как коллективное понятие по отношению терминам "собственно евклидова геометрия" и "псевдо-евклидова геометрия". В первом случае собственные значения матрицы метрического тензора имеют один и тот же знак. Во втором случае они имеют разные знаки.

дая из них мало отличается от соседней. Каждая допустимая числовая информация относится к некоторой геометрии в рамках данной КГ. Можно конечно изменять не-числовую информацию, заменяя одну аксиому другой. Но при такой замене геометрия меняется скачком, и нужно следить, чтобы замена одной аксиомы на другую не приводила к противоречиям. Это очень сложно и неудобно. Проще получать новые геометрии в рамках одной концепции, изменяя только числовую информацию.

Можно видеть из приведенной таблицы, что разные КГ имеют различную мощность числовой информации и порождают классы геометрий различной мощности. Евклидова концепция геометрии вообще не содержит числовой информации. Наоборот чисто метрическая КГ содержит только числовую информацию и порождает наиболее мощный класс геометрий, которые мы будем называть физическими геометриями.

Физическая геометрия имеет много привлекательных черт. Во-первых, она очень проста и реализует простую и привлекательную идею, что для определения геометрии на множестве Ω точек P достаточно задать расстояние $\rho(P, Q)$ между всеми парами $\{P, Q\}$ точек множества Ω . Практически расстояние $\rho(P, Q)$ определяется с помощью мировой функции $\sigma = \frac{1}{2}\rho^2$ на множестве $\Omega \times \Omega$. Несмотря на простоту и привлекательность этой идеи существование чисто метрической концепции геометрии долго было проблематичным. К. Menger [15] и J.L. Blumenthal [16] пытались построить так называемую дистантную геометрию, которая основывалась на понятии расстояния в большей степени, чем в тополого-метрической КГ. Но им не удалось построить чисто метрическую КГ. Причиной неудачи было АЗ.4. Формулировка необходимого и достаточного условия евклидовости в терминах мировой функции σ , заданной на множестве $\Omega \times \Omega$, была ключевым моментом в построении чисто метрической КГ. Доказательство [17, 18, 19] того факта, что евклидова геометрия может быть построена в терминах только σ означало возможность построения любой физической геометрии в терминах σ . Это означало существование чисто метрической концепции геометрии (КГ), которая является монистической концепцией.

В рамках чисто метрической концепции геометрии вся информация о геометрии получается из мировой функции. В частности, если можно ввести размерность пространства $\{\Omega, \sigma\}$, то эта информация может быть получена из мировой функции [19]. Из мировой функции можно получить информацию о непрерывности или дискретности пространства $\{\Omega, \sigma\}$. В случае непрерывной геометрии информация о системе координат и метрическом тензоре тоже может быть получена из мировой функции. В физической геометрии имеется абсолютный параллелизм (который отсутствует в римановой геометрии). Кроме того, физическая геометрия обладает ранее неизвестным свойством многовариантности (невыврожденности).

Геометрия многовариантна (невыврождена), если в точке P_0 имеется много векторов $P_0Q, P_0Q', P_0Q'', \dots$ которые эквивалентны вектору AB в точке A , но векторы $P_0Q, P_0Q', P_0Q'', \dots$ не эквивалентны между собой. В вырожденной (одновариантной) геометрии имеется только один такой вектор $P_0Q, \forall P_0 \in \Omega$.

Многовариантность физической геометрии можно понимать следующим образом. Любая физическая геометрия может быть получена из собственно евклидовой геометрии с помощью ее деформации (т.е. изменения расстояния $\rho(P, Q)$ между точками пространства). При такой деформации геометрические объекты евклидовой геомет-

рии изменяют свою форму. Если физическая геометрия вырождена, евклидовы прямые преобразуются в линии, которые могут быть, вообще говоря кривыми линиями. Но возможна и такая деформация, что прямые n -мерного евклидова пространства превращаются в $(n-1)$ -мерные трубки. Для этого нужно, чтобы прямая была определена как множество точек, обладающее свойством евклидовой прямой. Определение прямой как кривой, обладающей свойством одномерности, автоматически запрещает деформацию евклидовой прямой в $(n-1)$ -мерную трубку и дискриминирует невырожденные геометрии.

Легко видеть, что отрезок $\mathcal{T}_{[P_0 P_1]}$ прямой в евклидовой геометрии $\mathcal{G}_E$ описывается следующим образом

$$\mathcal{T}_{[P_0 P_1]} = \{R | \rho(P_0, R) + \rho(R, P_1) - \rho(P_0, P_1) = 0\}, \quad \rho(P_0, P_1) = \sqrt{2\sigma(P_0, P_1)} \quad (3.1)$$

где $\rho(P_0, P_1)$ есть расстояние в $\mathcal{G}_E$ между точками P_0 и P_1 .

Если рассматривать невырожденную физическую геометрию пространства-времени, то движение свободных частиц в таком пространстве-времени оказывается стохастическим, хотя сама по себе геометрия (т.е. мировая функция) является детерминированной. Другими словами, многовариантность (невырожденность) геометрии пространства-времени порождает индетерминизм.

В римановой концепции геометрии деформация, превращающая одномерную линию в трубку, запрещена. Это связано с АЗ.4, в соответствии с которым кривая есть фундаментальный объект геометрии, и не существует таких геометрий, где кривая заменялась бы поверхностью. Это именно то место, где АЗ.4 дискриминирует чисто метрическую концепцию геометрии и физические геометрии, порожденные этой КГ. Как следствие список возможных геометрий сильно уменьшается. Правильная геометрия пространства-времени выпадает из этого списка возможных геометрий, и выбирается ошибочная модель для пространства-времени.

В настоящее время для получения геометрии пространства-времени используется риманова концепция геометрии. В простейшем случае, когда можно пренебречь гравитацией, пространство-время однородное, изотропное и плоское. В рамках римановой геометрии существует только одна плоская однородная и изотропная геометрия. Это геометрия Минковского, для которой мировая функция имеет вид:

$$\sigma_M(x, x') = \sigma_M(t, \mathbf{x}; t', \mathbf{x}') = \frac{1}{2} \left(c^2 (t - t')^2 - (\mathbf{x} - \mathbf{x}')^2 \right) \quad (3.2)$$

где c есть скорость света, и $x = \{t, \mathbf{x}\}$, $x' = \{t', \mathbf{x}'\}$ суть координаты двух произвольных точек в пространстве-времени.

Таким образом, в случае римановой КГ проблема выбора геометрии пространства-времени не возникала. Она определялась однозначно.

Тополого-метрическая КГ не может быть применена к пространству-времени, потому что она предполагает, что $\sigma(P, Q) = \frac{1}{2}\rho^2(P, Q) \geq 0$, тогда как в пространстве-времени имеются пространственноподобные интервалы, для которых $\sigma(P, Q) < 0$.

Чисто метрическая КГ порождает целый класс однородных, изотропных физических геометрий, маркируемых функцией одного аргумента. В этом классе мировая функция имеет вид

$$\sigma(x, x') = \sigma_M(x, x') + D(\sigma_M(x, x')), \quad (3.3)$$

где σ_M есть мировая функция геометрии Минковского (3.2), и функция D есть произвольная функция, маркирующая возможные однородные изотропные геометрии. Эти геометрии различаются одна от другой формой трубок, получаемых в результате деформации евклидовой прямой. Следовательно они различаются характером стохастичности движения свободных частиц. Для чисто метрической КГ проблема выбора геометрии пространства-времени очень важна, потому что имеется много однородных изотропных геометрий. Положить $D \equiv 0$ в (3.3) и выбрать геометрию Минковского, было бы неправильно, потому что в геометрии Минковского движение свободных частиц является детерминированным. Но хорошо известно, что движение реальных микрочастиц (электронов, позитронов и т.п.) является стохастическим. Другими словами, эксперименты с отдельными частицами не воспроизводимы. Воспроизводимы только распределения результатов, т.е. результаты массовых экспериментов с многими одинаково приготовленными частицами. Эти распределения результатов описываются квантовой механикой, построенной на основе некоторых дополнительных гипотез, известных как принципы квантовой механики.

Когда имеются такие геометрии пространства-времени, где движение свободных частиц стохастично изначально, нельзя считать разумным такой подход, когда сначала выбирают геометрию Минковского с детерминированным движением свободных частиц, а потом вводят дополнительные предположения (принципы квантовой механики), обеспечивающие описание стохастического движения свободных частиц. Было бы правильно выбрать геометрию пространства-времени таким образом, чтобы динамика (статистическое описание) стохастического движения свободных частиц правильно описывала бы экспериментальные данные. Поскольку квантовая механика очень хорошо описывает все нерелятивистские эксперименты, достаточно выбрать геометрию пространства-времени таким образом, чтобы статистическое описание стохастического движения свободных частиц согласовывалось бы с предсказаниями квантовой механики.

На первый взгляд, кажется, что квантовые эффекты не могут быть объяснены особенностями геометрии, потому что интенсивность квантовых эффектов существенно зависит от массы частицы, а масса - это такая характеристика частицы, которая не связана с геометрией. Кажется, что влияние геометрии на движение частицы должно быть одинаковым для любых масс. На самом деле, влияние геометрии не зависит от массы частицы только в вырожденной геометрии (геометрии Минковского). В пространстве-времени с невырожденной геометрией движение свободной частицы зависит от ее массы.

Мировая трубка частицы с массой m описывается ломаной мировой трубкой $\mathcal{T}_{br}$, которая определяется как последовательность точек излома $\{P_i\}$, $i = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$. Смежные точки P_i, P_{i+1} связаны между собой отрезками $\mathcal{T}_{[P_i P_{i+1}]}$ прямой. Эти отрезки определяются соотношением (3.1)

$$\mathcal{T}_{[P_i P_{i+1}]} = \{R | \rho(P_i, R) + \rho(R, P_{i+1}) = \rho(P_i, P_{i+1})\} \quad (3.4)$$

где $\rho(P_i, P_{i+1}) = \sqrt{2\sigma(P_i, P_{i+1})}$ есть расстояние между точками P_i и P_{i+1} . Множество точек $\{P_i\}$, $i = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ называется каркасом трубки $\mathcal{T}_{br}$.

В собственно евклидовой геометрии, так же как и в геометрии Минковского (для времениподобных интервалов, где $\rho^2(P_i, P_{i+1}) > 0$) множество точек (3.4) образует

отрезок прямой линии, соединяющей точки P_i, P_{i+1} . В невырожденной геометрии множество $\mathcal{T}_{[P_i P_{i+1}]}$ образует трехмерные сигарообразные поверхности с концами в точках P_i, P_{i+1} .

Вектор $\mathbf{P}_i \mathbf{P}_{i+1} = \{P_i, P_{i+1}\}$ интерпретируется как 4-импульс частицы на отрезке $\mathcal{T}_{[P_i P_{i+1}]}$ мировой трубки частицы $\mathcal{T}_{\text{br}}$

$$\mathcal{T}_{\text{br}} = \bigcup_i \mathcal{T}_{[P_i P_{i+1}]}. \quad (3.5)$$

Длина $|\mathbf{P}_i \mathbf{P}_{i+1}| = \rho(P_i, P_{i+1}) = \sqrt{2\sigma(P_i, P_{i+1})}$ вектора $\mathbf{P}_i \mathbf{P}_{i+1}$ есть геометрическая масса μ частицы, выраженная в единицах длины. Универсальная постоянная b связывает геометрическую массу μ с обычной массой m частицы.

$$m = b\mu = b\rho(P_i, P_{i+1}), \quad i = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad [b] = \text{г/см} \quad (3.6)$$

Все отрезки $\mathcal{T}_{[P_i P_{i+1}]}, i = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ имеют одну и ту же длину $\mu = m/b$. Таким образом, m есть геометрическая характеристика частицы, но в случае геометрии Минковского, нельзя определить массу частицы по форме ее мировой линии, потому что нельзя определить точки P_i каркаса мировой линии $\mathcal{T}_{\text{br}}$ на основе формы мировой линии. В случае многовариантной (невырожденной) геометрии пространства-времени точки P_i каркаса являются концами сигарообразных отрезков $\mathcal{T}_{[P_i P_{i+1}]}$. Они могут быть определены через представление ломаной трубки (3.5). Интервал $\rho(P_i, P_{i+1})$ между смежными точками P_i каркаса мировой трубки определяет геометрическую массу μ частицы.

Для свободной частицы 4-импульсы $\mathbf{P}_i \mathbf{P}_{i+1}$ и $\mathbf{P}_{i+1} \mathbf{P}_{i+2}$ двух смежных звеньев $\mathcal{T}_{[P_i P_{i+1}]}$ и $\mathcal{T}_{[P_{i+1} P_{i+2}]}$ параллельны $\mathbf{P}_i \mathbf{P}_{i+1} \uparrow \uparrow \mathbf{P}_{i+1} \mathbf{P}_{i+2}$. В геометрии Минковского имеется только один вектор $\mathbf{P}_{i+1} \mathbf{P}_{i+2}$ длины μ , параллельный временноподобному вектору $\mathbf{P}_i \mathbf{P}_{i+1}$. Следовательно, если вектор $\mathbf{P}_0 \mathbf{P}_1$ фиксирован, все другие векторы $\mathbf{P}_i \mathbf{P}_{i+1}$ $i = 1, 2, \dots$ определены однозначно. Другими словами, в геометрии Минковского полная мировая линия $\mathcal{T}_{\text{br}}$ определена однозначно, если одно звено фиксировано. Это означает, что движение свободной частицы в пространстве-времени Минковского детерминировано.

В пространстве-времени с многовариантной геометрией имеется много векторов $\mathbf{P}_{i+1} \mathbf{P}_{i+2}$ длиной μ , параллельных временноподобному вектору $\mathbf{P}_i \mathbf{P}_{i+1}$. Это означает, что конец P_{i+2} вектора $\mathbf{P}_{i+1} \mathbf{P}_{i+2}$ не определяется однозначно, даже если вектор $\mathbf{P}_i \mathbf{P}_{i+1}$ фиксирован. Другие точки $P_{i+3}, P_{i+4}, \dots$ тоже не определены однозначно. Это означает, что ломаная трубка $\mathcal{T}_{\text{br}}$ является стохастической. Таким образом, движение свободной частицы в пространстве-времени с многовариантной (невырожденной) геометрией стохастично. Характер интенсивности стохастичности зависит от вида функции $D(\sigma_M)$ в соотношении (3.3).

Предполагая, что статистическое описание стохастической мировой трубки дает тот же результат, что и квантово-механическое описание в терминах уравнения

Шредингера, можно рассчитать функцию дисторсии $D(\sigma_M)$. Расчет дает [20]

$$D = D(\sigma_M) = \begin{cases} d & \text{если } \sigma_M > \sigma_0 \\ f(\sigma_M) & \text{если } |\sigma_M| \leq \sigma_0 \\ -d & \text{если } \sigma_M < -\sigma_0 \end{cases} \quad (3.7)$$

$$d = \frac{\hbar}{2bc} = \text{const} \approx 10^{-21} \text{cm}, \quad \sigma_0 = \text{const} \approx d$$

Здесь $\hbar$ есть квантовая постоянная и $b \approx 10^{-17} \text{g/cm}$ есть новая универсальная постоянная. $f(\sigma_M)$ есть произвольная функция порядка σ_0 .

С трехмерной точки зрения частица представляет собой пульсирующую сферу. Период пульсаций зависит от массы m частицы. Он определяется соотношением $T = \mu/c = m/(bc)$, где b есть универсальная постоянная. Максимальный радиус сферы $R_{\text{max}} \approx \sqrt{d}$ не зависит от массы частицы. Можно приближенно принять, что за период T радиус сферы возрастает от нуля до максимального значения R_{max} , а затем уменьшается до нуля. В течение периода T центр сферы движется равномерно вдоль прямой линии. в момент коллапса происходит случайное скачкообразное изменение импульса. В системе координат, где сфера покоится скачок скорости примерно равен $R_{\text{max}}/T \approx \sqrt{d}/T \approx m^{-1}(\hbar bc/2)^{1/2}$. Чем меньше масса частицы, тем больше скачок скорости. В результате для частиц малой массы случайные скачки скорости происходят чаще и имеют большую величину. Таким образом, выбирая геометрию пространства-времени в виде (3.3), (3.7), можно описать нерелятивистские квантовые эффекты, не ссылаясь на принципы квантовой механики. Такая геометрия пространства-времени более правильна, чем геометрия Минковского, потому что в этом случае не нужны дополнительные гипотезы в виде квантовых принципов. В такой геометрии квантовая постоянная появляется в теории вместе с функцией дисторсии (3.7). Она является атрибутом пространства-времени что согласуется с универсальным характером квантовой постоянной $\hbar$.

4 Динамическая концепция статистического описания

Как мы упоминали, выбор геометрии пространства-времени определяется условием того, что статистическое описание стохастического движения свободных частиц совпадает с нерелятивистским квантово-механическим описанием. Это означает, что квантовая механика представляется как статистическое описание случайно движущихся частиц. В конце XIX века термодинамика была представлена как статистическое описание хаотически движущихся молекул. После такого представления многие исследователи полагали, что нечто подобное можно сделать с квантовой механикой. Принято считать, что любое статистическое описание может быть произведено в терминах теории вероятностей. В этом месте мы сталкиваемся с АЗ.5, где предполагается, что не существует статистического описания без теории вероятностей. Попытки [21, 22] формулирования квантовой механики в терминах теории вероятностей успеха не имели. Пытаясь представить квантовую механику как статистическое описание, обычно упускают из виду, что стохастическая составляющая движения

частицы может быть релятивистской, тогда как регулярная составляющая остается нерелятивистской. Теория вероятностей, успешно примененная для статистического описания хаотического движения молекул, не годится для описания стохастического движения релятивистских частиц. Дело в том, что использование плотности вероятности предполагает расщепление всех возможных состояний системы на множества одновременных независимых событий. В релятивистской теории это нельзя сделать для непрерывных динамических систем, поскольку в релятивистской теории нет абсолютной одновременности. Одновременность в некоторой системе координат тоже нельзя использовать, потому что система координат - это способ описания. Применение теории вероятностей и условной одновременности (одновременности в некоторой системе координат) означает применение статистики к методам описания вместо необходимого расчета состояний динамической системы.

Можно преодолеть появившееся препятствие, отказавшись от использования теории вероятностей при статистическом описании. В самом деле, термин "статистическое описание" означает только, что рассматривается много тождественных или почти тождественных объектов. Использование теории вероятностей в статистическом описании не является необходимым, потому что оно накладывает некоторые ограничения на метод описания, что нежелательно. Например, плотность вероятности должна быть неотрицательна, и иногда это ограничение может быть не выполнено.

В нерелятивистской физике физическим объектом является частица, т.е. точка в обычном пространстве или в фазовом пространстве. Плотность точек (частиц) в пространстве является неотрицательной. Это является основой понятия плотности вероятности. В релятивистской теории физическим объектом является мировая линия в пространстве-времени. Плотность мировых линий в окрестности некоторой точки x является 4-вектором, который не может быть основой для введения плотности вероятности.

$$dN = j^k dS_k \quad (4.1)$$

где dS_k есть пространственноподобная площадка вблизи точки x , dN есть поток мировых линий через площадку dS_k . Вектор j^k описывает плотность мировых линий в окрестности точки x . Альтернативный подход, когда каждая мировая линия рассматривается как точка в некотором пространстве $\mathcal{V}$ мировых линий, позволяет ввести понятие плотности вероятности в пространстве $\mathcal{V}$ мировых линий. Но такое описание не локально, поскольку две мировые линии, совпадающие везде кроме некоторых удаленных областей, представляются различными точками в $\mathcal{V}$, и эти точки не являются, вообще говоря, близкими. Другими словами, такое введение вероятности очень неудобно.

Чтобы выйти из этой ситуации, нужно отказаться от использования теории вероятностей в статистическом описании. Вместо вероятностной концепции следует использовать динамическую концепцию статистического описания (ДКСО). Вместо стохастической системы $\mathcal{S}_{st}$, для которой не существует динамических уравнений, следует использовать множество $\mathcal{E}[N, \mathcal{S}_{st}]$, состоящее из большого числа N тождественных независимых систем $\mathcal{S}_{st}$. Оно известно как статистический ансамбль систем $\mathcal{S}_{st}$. Статистический ансамбль $\mathcal{E}[N, \mathcal{S}_{st}]$ образует детерминированную динамическую систему, для которой существуют динамические уравнения, хотя они могут не существовать для элементов $\mathcal{S}_{st}$ статистического ансамбля. Статистическое описание

основывается на том, что исследуя свойства $\mathcal{E}[N, \mathcal{S}_{\text{st}}]$ как детерминированной динамической системы, можно на основе этого исследования сделать некоторые заключения о свойствах элементов статистического ансамбля (стохастических системах $\mathcal{S}_{\text{st}}$). Поскольку исследуется динамическая система (статистический ансамбль) и ее свойства, то нет необходимости использовать понятие вероятности.

Понятие статистического ансамбля было введено Дж.В.Гиббсом [23]. В соответствии с его определением ансамбля (также статистического ансамбля) ансамбль – это идеализация, состоящая из большого числа виртуальных копий (иногда бесконечно большого числа) систем, рассматриваемых одновременно, каждая из которых представляет возможное состояние, в котором может находиться реальная система. Другими словами, статистический ансамбль есть вероятность распределения по состояниям системы.

Наряду со статистическим ансамблем $\mathcal{E}[N, \mathcal{S}]$ систем $\mathcal{S}$, или даже вместо него можно ввести статистически среднюю динамическую систему $\langle \mathcal{S} \rangle$, которая формально определяется как статистический ансамбль $\mathcal{E}[N, \mathcal{S}]$, $(N \rightarrow \infty)$, нормированный на одну систему. Математически это означает, что если $\mathcal{A}_E[N, d_N \{X\}]$ есть действие для $\mathcal{E}[N, \mathcal{S}]$, то

$$\langle \mathcal{S} \rangle : \mathcal{A}_{\langle \mathcal{S} \rangle}[d \{X\}] = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \mathcal{A}_E[N, d_N \{X\}], \quad d \{X\} = \lim_{N \rightarrow \infty} d_N \{X\}$$

есть действие для $\langle \mathcal{S} \rangle$, где X есть состояние отдельной системы $\mathcal{S}$, и $d_N \{X\}$ есть распределение, описывающее в пределе $N \rightarrow \infty$ состояние статистического ансамбля $\mathcal{E}[N, \mathcal{S}]$ и состояние статистически усредненной системы $\langle \mathcal{S} \rangle$.

Замена статистического ансамбля $\mathcal{E}[N, \mathcal{S}]$ статистически усредненной системой $\langle \mathcal{S} \rangle$ основано на нечувствительности статистического ансамбля к числу N его элементов при условии, что N достаточно велико. Статистически усредненная система $\langle \mathcal{S} \rangle$ является разновидностью статистического ансамбля. Формально это проявляется в том, что состояние динамической системы $\langle \mathcal{S} \rangle$, так же как состояние статистического ансамбля $\mathcal{E}[N, \mathcal{S}]$ описывается распределением $d_N \{X\}$, $N \rightarrow \infty$, тогда как состояние отдельной системы $\mathcal{S}$ описывается величинами X , а не их распределением. Используя этот формальный критерий, можно различить между индивидуальной системой $\mathcal{S}$ и статистически усредненной системой $\langle \mathcal{S} \rangle$.

Чтобы получить квантовую механику как статистическое описание стохастического движения частиц, нужно сделать еще один важный шаг. Нужно ввести волновую функцию ψ , которая является главным объектом квантовой механики. Обычно волновая функция вводится аксиоматически, т.е. как объект, удовлетворяющий системе аксиом (принципам квантовой механики). По этой причине смысл волновой функции остается неясным. Чтобы прояснить это, нужно ввести волновую функцию как атрибут некоторой модели.

Если $\mathcal{S}$ есть частица (детерминированная или случайная), то статистический ансамбль $\mathcal{E}[N, \mathcal{S}]$ частиц $\mathcal{S}$, или статистически усредненных частиц $\langle \mathcal{S} \rangle$ суть непрерывные динамические системы типа жидкости или газа. Хорошо известно [24], что уравнение Шредингера может быть представлено как уравнение, описывающее потенциальное течение некоторой идеальной жидкости. Другими словами, волновая функция может рассматриваться как атрибут потенциального течения жидкости.

Можно показать [9], что обратное утверждение также верно (любое течение идеальной жидкости может быть описано в терминах волновой функции). Завихренное течение описывается многокомпонентной волновой функцией. Другими словами, при завихренном течении появляется спин.

Поскольку статистически усредненная частица $\langle S \rangle$ является динамической системой типа жидкости, волновая функция оказывается методом описания этой жидкости $\langle S \rangle$. Чтобы статистическое описание частицы S совпадало с квантовым описанием, нужно найти уравнение состояния жидкости $\langle S \rangle$, которое в свою очередь определяется функцией дисторсии D . Соответствующий расчет был сделан в работе [20]. Этот расчет определяет вид (3.7) функции дисторсии. Тогда возникает концепция, которую можно назвать модельной концепцией квантовых явлений (МККЯ). Для традиционного представления квантовой механики используется термин "аксиоматическая концепция квантовых явлений" (АККЯ).

Динамическая концепция статистического описания (ДКСО) порождает менее информативное описание, чем вероятностное описание в том смысле, что некоторые заключения и оценки, которые можно сделать при вероятностном описании, не могут быть сделаны в рамках ДКСО. Мы вынуждены принять это, потому что не удастся получить более информативное описание. Тот факт, что квантовая механика воспринимается как динамическая (а не статистическая, т.е. вероятностная) концепция связан с использованием ДКСО. В свою очередь применение ДКСО обусловлено "релятивистскими корнями" нерелятивистской квантовой механики. "Динамическое восприятие" квантовой механики имеет место в рамках обеих концепций МККЯ и АККЯ. Заметим, что ДКСО является универсальной концепцией в том смысле, что она может использоваться в релятивистском и нерелятивистском случаях.

5 Отождествление индивидуальных частиц со статистически усредненными частицами

"Динамическое восприятие" квантовой механики приводит к тому, что статистически усредненная частица $\langle S \rangle$, описываемая волновой функцией, рассматривается просто как реальная частица S . На вопрос, почему реальная частица S описывается волновой функцией ψ , т.е. непрерывной переменной (а не положением и импульсом как обычная частица), обычно отвечают, что это обусловлено квантовым характером частицы. Обычно ссылаются на принципы квантовой механики, в соответствии с которыми квантовая частица описывается волновой функцией ψ , тогда как классическая частица описывается положением и импульсом. В этом месте мы встречаемся с АЗ.6, когда не различают между статистически усредненной частицей $\langle S \rangle$ и индивидуальной частицей S .

Как следствие такого отождествления путаются свойства $\langle S \rangle$ и S , и появляется объект с противоречивыми свойствами [25]. Пока мы работаем с математическим формализмом квантовой механики, имеющим дело только с $\langle S \rangle$, не возникает ни противоречий, ни парадоксов. Но как только описывается процесс измерения, где появляются оба объекта $\langle S \rangle$ и S , возникает основа для противоречий и парадоксов. Комбинации противоречивых свойств могут быть очень экзотичными.

Имеется, по крайней мере, два различных процесса измерения. Измерение (S -измерение), производимое над индивидуальной системой $\mathcal{S}$, приводит обычно к неопределенному результату и не влияет на волновую функцию, которая является атрибутом статистически усредненной системы $\langle \mathcal{S} \rangle$. Измерение (M -измерение), проводимое над статистически усредненной системой $\langle \mathcal{S} \rangle$, представляет собой много S -измерений производимых над индивидуальными системами $\mathcal{S}$, образующими статистически усредненную систему $\langle \mathcal{S} \rangle$. M -измерение изменяет волновую функцию системы $\langle \mathcal{S} \rangle$ и не приводит к определенному результату. Оно приводит к распределению результатов.

Часто возникает следующая ситуация. Считают, что волновая функция описывает состояние индивидуальной системы, и измерение, производимое над индивидуальной системой, изменяет состояние (волновую функцию) этой системы. В результате возникает, известный кот Шредингера. Следствием такого подхода является так называемая много-мировая интерпретация квантовой механики [26, 27].

6 Отождествление энергии и гамильтониана при вторичном квантовании релятивистского поля

Энергия замкнутой динамической системы определяется как интеграл от компоненты T^{00} тензора энергии-импульса

$$E = \int T^{00} d\mathbf{x} \quad (6.1)$$

Энергия очень важная сохраняющаяся величина. Функция Гамильтона (гамильтониан) системы есть величина, канонически сопряженная времени, т.е. величина определяющая эволюцию системы. По определению гамильтониан H и энергия E две совершенно разные величины. Но в нерелятивистской физике (классической и квантовой) эти величины во многих случаях совпадают. Например энергия частицы в заданном потенциальном поле $U(\mathbf{x})$ имеет вид $E = \mathbf{p}^2/2m + U(\mathbf{x})$. Гамильтониан частицы имеет тот же самый вид. На основе этого совпадения возникает иллюзия, что энергия E динамической системы играет роль величины, определяющей эволюцию, т.е. роль гамильтониана H . Появляется иллюзия, что энергия и гамильтониан синонимы, т.е. два разных названия одной и той же величины. На самом деле, если частица описывается в терминах мировых линий, и мировая линия (а не частица) является главным объектом динамики, то энергия E и гамильтониан являются разными величинами [28]. Отождествление энергии и гамильтониана свободной частицы допустимо, если нет рождения пар.

Отождествление энергии и гамильтониана было использовано в релятивистской квантовой теории, где имеется рождение пар, и такое отождествление нельзя было использовать. Например, было принято считать [29], что в динамической системе $\mathcal{S}_{\text{KG}}$, описываемой уравнением Клейна-Гордона, энергия частицы может быть положительной и отрицательной. Основанием для такого утверждения является тот факт, что плоская волна в $\mathcal{S}_{\text{KG}}$ имеет вид

$$\psi = A e^{\frac{i}{\hbar}(k_0 t - \mathbf{k} \cdot \mathbf{x})}, \quad c = 1 \quad (6.2)$$

где величина $k_0 = \sqrt{m^2 + \mathbf{k}^2}$ интерпретируется как энергия. (Скорость света выбрана $c = 1$). k_0 может быть положительной и отрицательной. Утверждение что энергия может быть отрицательной сделано несмотря на то, что составляющая тензора энергии-импульса

$$T^{00} = m^2 \psi^* \psi + \nabla \psi^* \nabla \psi \quad (6.3)$$

которая входит в выражение (6.1), принимает только неотрицательные значения. На самом деле, величина k_0 является временной составляющей канонического импульса (или гамильтонианом). Она может иметь любой знак. Но энергия частицы всегда неотрицательна.

Таким образом, в данном случае имеется ассоциативное заблуждение (АЗ.7), которое заключается в том факте, что свойства гамильтониана приписываются энергии. Пока такое отождествление производится на вербальном уровне, это приводит только к путанице в интерпретации и ни к чему больше. Но в квантовой теории поля (КТП) такое отождествление имеет математический вид, и оно ведет к далеко идущим последствиям для вторичного квантования скалярного поля ψ . Дополнительное ограничение $E = H$ ведет к тому, что зигзагообразная мировая линия, описывающая рождение пар, делится на отрезки. Каждый отрезок является времениподобным. Некоторые отрезки имеют $H = k_0 = \sqrt{m^2 + \mathbf{k}^2} > 0$. Они описывают частицы. Другие отрезки имеют $H = k_0 = \sqrt{m^2 + \mathbf{k}^2} < 0$. Они описывают античастицы. Проблема, которая может описываться конечным числом объектов (мировых линий) описывается в современной теории неопределенным числом объектов (частиц и античастиц). В результате такая проблема может быть решена только методами теории возмущений. Вакуумное состояние оказывается нестационарным для случая вторичного квантования нелинейного уравнения Клейна-Гордона. Нестационарное вакуумное состояние, описывающее пустое пространство, это нонсенс. Для того, чтобы устранить абсурдную ситуацию, считают, что вакуумное состояние наполнено виртуальными частицами. Таким образом, таинственные виртуальные частицы - это следствие дополнительного ограничения $E = H$.

Вторичное квантование без ограничения $E = H$ позволяет свести проблему рождения пар к ряду проблем, содержащих одну мировую линию, две мировые линии и т.д. [7]. Эти проблемы можно решать без использования теории возмущений. Ограничение $E = H$ является ассоциативным заблуждением, когда соотношение, справедливое в случае, когда нет рождения пар, распространяется на случай, когда рождение пар существует.

Преодоление АЗ.7 было первым преодолением (1970) среди всех преодолений АЗ.4-АЗ.7. Оно было важным, поскольку оно показало, что в современной теоретической физике могут быть ассоциативные заблуждения. Большинство современных физиков считают, что в фундаменте современной физики нет ошибок. Они верят, что нужно придумывать новые идеи, которые помогут преодолеть проблемы современной теоретической физики. Преодоление АЗ.7 продемонстрировало существование ассоциативных заблуждений в фундаменте современной теоретической физики. Их преодоление является наиболее важной задачей теоретической физики, которое может изменить направление фундаментальных исследований.

Позвольте мне описать, как мне удалось преодолеть АЗ.7. Это преодоление произошло в 1970 году. Это описание интересно также тем, что оно показывает, сколь

трудно научное сообщество преодолевает ассоциативные заблуждения. Это преодоление произошло сознательно на основе понимания, что в релятивистской теории физическим объектом является мировая линия (МЛ)² Я заимствовал эту истину из книги В.А.Фока [30]. Позже я нашел подтверждение этой точки зрения в работах Штюкельберга [31] и Фейнмана [32]. Вообще, такая точка зрения находилась в согласии с моим стилем геометрического мышления. Я поднял вопрос: "Возможно ли описание рождения пар в терминах классической релятивистской механики?" Процесс рождения пар описывается поворотом мировой линии во временном направлении. Это было хорошо известно. Нужно было придумать такое внешнее поле, которое могло бы осуществить это поворот. Было ясно, что добавляя произвольное поле к действию для заряженной частицы в заданном электромагнитном поле A_i

$$\mathcal{A}[q] = \int \left\{ -mc\sqrt{g_{ik}\dot{q}^i\dot{q}^k} + \frac{e}{c}A_i\dot{q}^i \right\} d\tau, \quad \dot{q} \equiv \frac{dq}{d\tau} \quad (6.4)$$

нельзя осуществить такой поворот. Дело в том, что при повороте во времени мировая линия становится пространственноподобной вблизи точки поворота. С одной стороны, под знаком радикала в (6.4) должна быть неотрицательная величина. Это означает, что $g_{ik}\dot{q}^i\dot{q}^k \geq 0$ и, следовательно, мировая линия должна быть времениподобной (или изотропной). Для того, чтобы мировая линия могла быть пространственноподобной, внешнее поле надо было ввести под радикал в (6.4). Тогда выражение под знаком радикала могло быть положительным, даже когда $g_{ik}\dot{q}^i\dot{q}^k < 0$. Я ввел внешнее поле под знак радикала, записав действие в виде

$$\mathcal{A}[q] = \int \left\{ -mc\sqrt{g_{ik}\dot{q}^i\dot{q}^k - \alpha f(q)} + \frac{e}{c}A_i\dot{q}^i \right\} d\tau, \quad (6.5)$$

где f есть внешнее скалярное поле, а α есть малый параметр, который стремится к нулю в конце вычислений. При надлежащим образом выбранном поле f выражение под радикалом может быть положительным даже при $g_{ik}\dot{q}^i\dot{q}^k < 0$. Оказывается что при надлежащем поле f мировая линия действительно повернет во времени. Этот поворот сохраняется и в пределе $\alpha \rightarrow 0$. Прямой расчет [28] показывает, что при таком описании энергия частицы всегда положительна, но временная составляющая p_0 канонического импульса и заряд частицы $Q = e \operatorname{sgn}(\dot{q}^0)$ зависят от знака производной $\dot{q}^0$, т.е. от различны для частицы и античастицы. Было довольно неожиданно, что заряд Q мировой линии, определенный как источник электромагнитного поля соотношением $Q = \int \delta\mathcal{A}/\delta A_0(\mathbf{x})d\mathbf{x}$, не совпал с постоянной e , входящей в действие, хотя корректное описание этого должно было быть именно таким, потому что частица и античастица имеют противоположный знак заряда на участках ответственных за частицы и античастицы. Можно получить совпадение энергии E и p_0 , если разрезать мировую линию на отрезки, и изменить направление возрастания параметра τ на отрезках ответственных за античастицы, оставив τ без изменений на отрезках, ответственных за частицы. После изменения знака τ отрезки с измененным знаком τ перестают быть решениями динамической системы (6.5). Частицы и античастицы начинают описываться различными динамическими системами.

²Обозначение МЛ используется для мировой линии, понимаемой как физический объект, а не точечная частица в трехмерном пространстве.

Этот пример показывает, что имеются две возможности описания:

- (1) Рассматривать мировую линию (МЛ) как физический объект. Тогда частица и античастица будут двумя различными состояниями МЛ, отличающимися знаком заряда Q и знаком составляющей p_0 канонического импульса. Энергия положительна в обоих случаях, так что, вообще говоря, $E \neq H$.
- (2) Рассматривать частицу и античастицу как два различных физических объекта, описываемых двумя различными динамическими системами.

Наложение ограничения $E = H$ автоматически обеспечивает фрагментацию мировой линии на частицы и античастицы, описывая их как разные физические объекты, т.е. в терминах различных динамических систем. Это верно в классической физике. Это должно быть верным и в квантовой теории.

Для меня было не ясно, какая польза от отождествления энергии с гамильтонианом. Почему разрезают МЛ, чтобы получить неопределенное несохраняющееся число частиц и античастиц вместо фиксированного числа физических объектов (МЛ)? С формальной точки зрения более удобно работать с постоянным числом объектов, чем с их переменным числом. Для меня было очевидно, что невозможность работы в КТП без теории возмущений прямо связана с тем фактом, что число частиц и античастиц не сохраняется по отдельности. Для чего нужно накладывать условие $E = H$ и ограничивать свои возможности, если можно не накладывать никаких ограничений? (Тогда я не рассматривал случай, что условие $E = H$ может оказаться несовместимым с динамическими уравнениями).

Нужно было обсудить работу с коллегами, имеющими дело с КТП. Я заявил доклад в теоретический отдел ФИАН, где было много хороших теоретиков. Во время моего доклада на заседании семинара я был удивлен следующим обстоятельством. Никто не верил, что эффект рождения пар может быть описан в терминах классической механики. Хотя мои расчеты были очень просты, они вызвали сомнения в их правильности. Было решено перенести мой доклад на следующее заседание. Одного из участников семинара попросили проверить мои расчеты и доложить об этом на следующем заседании семинара вместе с продолжением моего доклада. Ошибок в моих расчетах не было обнаружено, и я успешно закончил свой доклад на следующем заседании. После заседания мне показалось, что внимание участников семинара было привлечено к проблеме возможности описания рождения пар в терминах классической физики, тогда как главная проблема, т.е. применение ограничения $E = H$ в КТП осталась вне поля зрения. Соответствующая моя работа была опубликована [28], но, насколько мне известно, никто не обратил на нее внимания.

Нужно было квантовать нелинейное релятивистское поле без использования условия $E = H$ и проверить, имеются ли при таком квантовании какие-нибудь преимущества перед обычным способом квантования. Так получилось, что такое квантование было осуществлено без использования нормального упорядочения и теории возмущений [7]. Вакуумное состояние оказалось стационарным. Возможность квантования без теории возмущений производила впечатление. Но я не буду лукавить и скажу прямо, что у меня не было иллюзий относительно результатов моей работы. В то время (начало семидесятых) я полагал, что проблема релятивизации квантовой механики (объединение квантовой механики с теорией относительности) не имеет решения. Я полагал, что квантовая механика представляет собой нечто вроде релятивистского

броуновского движения и релятивистскую квантовую теорию следует развивать в направлении статистического описания этого релятивистского движения. [2].

Моя работа по вторичному квантованию нелинейного релятивистского поля была предпринята с целью продемонстрировать, что традиционный путь развития КТП ведет в тупик. Логика моих действий была следующая. Квантуем нелинейное поле, используя только принципы нерелятивистской квантовой механики и игнорируя всякие дополнительные предположения. Продвигаемся настолько далеко насколько это возможно. Была надежда, что квантование без теории возмущений позволит прояснить реальные проблемы КТП и, может быть, решить некоторые из них.

Дело в том, что использование теории возмущений не позволяло ни поставить точно проблемы КТП, ни решить их. Проблема столкновений была главной проблемой КТП. Для того, чтобы поставить проблему столкновений, нужно было точно сформулировать, что такое частица и что такое античастица. В соответствии с принципами квантовой механики для этого нужно было определить оператор N_p^i 4-тока частиц и оператор N_a^i 4-тока античастиц. После таких определений можно было формулировать проблему столкновений, Удивительно, но никто не пытался ввести эти операторы. Вместо этого были туманные рассуждения о выключении взаимодействия на больших временах $t \rightarrow \pm\infty$. После этого рассмотрения выключения заменились манипуляциями с *in*- и *out*-операторами, что не проясняло постановки проблемы столкновений.

Даже в отличной математически строгой книге Березина [33] проблема столкновений ставилась в терминах возмущенного H и невозмущенного H_0 гамильтонианов системы. Гамильтониан H_0 описывал динамическую систему с выключенным взаимодействием при $t \rightarrow \pm\infty$. Разумеется, все это было лишь отражением ситуации в КТП в целом. Я спрашивал своих коллег, работавших с КТП, как они могут мыслить в терминах приближенной теории. Они отвечали туманно. Я понимал, что некоторые проблемы не могут быть решены точно. Я был готов использовать любые приближенные методы (включая теорию возмущений) при том обязательном условии, что проблема поставлена точно, а не в приближенных терминах. Ставит проблему в приближенных понятиях было выше моего понимания.

Как только нелинейное поле было проквантовано [7], результаты моей работы были доложены на семинаре теоретического отдела ФИАН. Хотя вторичное квантование было произведено без теории возмущений, большинство участников семинара считали мои результаты неудовлетворительными на том основании, что при квантовании было нарушено условие

$$[\psi(x), \psi^*(x')]_- = 0, \quad (x - x')^2 < 0 \quad (6.6)$$

где ψ суть переменные, описывающие частицу. Условие (6.6) интерпретировалось как принцип причинности. В самом деле, если при квантовании условие $E = H$ не налагалось, коммутатор между динамическими переменными в точках, разделенных пространственноподобным интервалом $x - x'$ не мог (а в некоторых случаях не должен был) обращаться в нуль. Позвольте мне объяснить это на примере рождения пар, описываемого в терминах классической физики, где рождение пар описывается зигзагом мировой линии.

В этом случае коммутатор (6.6) ассоциируется со скобкой Пуассона. Если условие $E = H$, налагаемое на квантование, осуществляется в терминах частиц и античастиц, то динамические переменные X и X' в точках разделенных пространственноподобным интервалом $x - x'$, всегда относятся к динамическим переменным различных динамических систем. Соответствующие скобки Пуассона $\{X, X'\}$ между любыми динамическими переменными X и X' в этих точках обращаются в ноль. В случае квантования в терминах мировых линий динамические переменные X и X' в точках, разделенных пространственноподобным интервалом $x - x'$, принадлежат одной и той же мировой линии, т.е. одной и той же динамической системе. Тогда переменные X и X' соответствуют различным значениям τ и τ' эволюционного параметра τ . В этом случае динамические переменные X в точке x выражаются через динамические переменные X' в точке x' , и существуют такие динамические переменные X_1 в x и X'_2 в x' , что скобка Пуассона $\{X_1, X'_2\}$ не обращается в ноль. Условие (6.6) с необходимостью нарушается.

Таким образом, выполнение или нарушение условия (6.6) является атрибутом описания. Оно совпадает с принципом причинности (т.е. с объективно существующим условием) только при наложении условия $E = H$. К сожалению, мне не удалось убедить моих оппонентов в зависимости соотношения (6.6) от способа описания, хотя я пытался сделать это на заседании семинара и в дискуссии после него. Позже я понял, что в этом случае я столкнулся ассоциативным заблуждением, когда свойства описания объекта присваиваются самому объекту. К сожалению, так получается, что многие исследователи встречают трудности при преодолении АЗ, и как я теперь понимаю, П-стиль, обычно используемый большинством исследователей КТП, является причиной этих трудностей. Кроме того, формулируя условие (6.6) в терминах квантовой теории, очень трудно обнаружить, что это условие является атрибутом описания.

Таким образом, я преодолел АЗ.7, но научное сообщество как целое не преодолело его. Я не видел необходимости убеждать моих коллег отказаться от наложения условия $E = H$ при квантовании. Во-первых, я был убежден, что сам по себе отказ от наложения условия $E = H$ не решит главных проблем КТП. Стало более сильным мое убеждение в том, что КТП не способна решить проблему объединения квантовой теории с теорией относительности и что постановка этой проблемы неправильна сама по себе. Во-вторых, я сам не знал точно, чем можно заменить эту проблему объединения. На этот счет у меня были только догадки. Я не мог убеждать людей, имеющих дело с КТП и посвятивших этому значительную часть своей жизни, в том, что они избрали неправильный путь. Без указания правильного пути такое убеждение было бесполезным.

Было еще одно важное обстоятельство, которое сильно влияло на мое взаимоотношение с коллегами, имеющими дело с КТП. Дело в том, что после обнаружения некорректности в наложении условия $E = H$, у меня возникли трудности при чтении работ по КТП. Когда я начинал читать работу и обнаруживал, что там используется условие $E = H$ (это было практически во всех работах по КТП) мое внимание бесосознательно отключалось, и я не мог продолжать сознательное чтение. Мое чтение становилось рассеянным, и мне нужно было прилагать усилия, чтобы подключить мое внимание и продолжить осознанное чтение. Я не знаю, в какой степени такая ре-

акция является моим индивидуальным свойством, но отключение внимания от работ, использовавших условие $E = H$ постепенно привело к аллергии на чтение работ по КТП. Я перестал их читать, хотя у меня сохранился интерес к ним и я расспрашивал моих коллег о развитии КТП во всех подходящих случаях.

Почему я относительно легко преодолевал ассоциативные заблуждения? По-видимому, это связано с тем, что я был приверженцем К-стиля и инстинктивно игнорировал подходы, когда используется П-стиль. Мне трудно сказать, была ли моя приверженность к К-стилю врожденной, или она была результатом воспитания.

Вначале я не думал о стилях исследования. Я полагал, что нужно честно исследовать физические явления, а не ловчить, заменяя расчеты догадками. Возможно, что моя инстинктивная приверженность к К-стилю порождала мою аллергию к чтению работ по КТП.

Может быть, мой успех в преодолении различных ассоциативных заблуждений обусловлен последовательным применением К-стиля, существо которого может быть выражено словами Ньютона: "Я гипотез не измышляю." (правда сказанных им по другому поводу).

7 О стилях исследования

Рассмотрение стилей исследования выглядит примерно следующим образом. Введем дополнительное предположение и изучим его последствия для теории и эксперимента. Если последствия положительны, то принимаем дополнительное предположение и вводим его в теорию. Если последствия негативны, дополнительное предположение удаляется и рассматривается новое дополнительное предположение. Такими дополнительными предположениями были: нормальное упорядочение, ренормализация, увеличение размерности пространства-времени с надлежащей компактизацией, струны и т.д. Этот стиль исследований: дополнительное предположение с последующей проверкой его последствий будем называть П-стилем (прагматичным стилем) исследования. Такой стиль характерен не только для развития КТП. В начале XX века развитие квантовой механики также осуществлялось с помощью П-стиля. Квантовая механика развивалась, борясь с классическим стилем (К-стилем), установившимся к концу XIX века. В этой борьбе П-стиль одержал победу над К-стилем, который играл роль представителя классической (неквантовой) физики. Последователи Птолемея, использовали П-стиль, тогда как последователи Коперника использовали К-стиль. Соревнование последователей Птолемея и последователей Коперника было в тоже время соревнованием между П-стилем и К-стилем. Тогда К-стиль одержал победу. К-стиль достиг своего расцвета к концу XIX века. В XX веке при исследовании квантовых явлений К-стиль уступил дорогу П-стилю.

Почему существовали два стиля исследований? Почему К-стиль исследований и П-стиль исследований поочередно выигрывали соревнование? Ответ будет такой.

К-стиль есть стиль исследований в рамках последовательной теории. Он выдвигает на первый план последовательность теории. К-стиль ограничивает предложение добавочных предположений (гипотез), настаивая на совместности добавочных предположений с первыми принципами теории. (Напомним слова Ньютона: "Я гипотез

не измышляю”). В силу этого требования К стиль имеет большую предсказательную силу, чем П-стиль, где эти требования не столь жестки. Среди требований К-стиля имеются этические ограничения для исследователей. Например, исследователь, опубликовавший недостаточно обоснованную работу, содержащую произвольные (т.е. не следующие из первых принципов) предположения рискует потерять свое научное лицо.

Приверженцы К-стиля обращают внимание на фундаментальные проблемы теории и, в частности, на результаты предсказаний теории, которые важны для ее дальнейшего развития. Решения конкретных практических проблем считаются не столь важными, потому что решение каких-либо специальных проблем является формальным применением первых принципов и математического формализма к условиям новой проблемы и ничего сверх этого. Такое отношение исследователя, использующего К-стиль, к решению специальных проблем основано на его уверенности, что первые принципы верны и теория последовательна.

Предсказательность К-стиля, жесткость его требований и самоуверенность верны при условии, что первые принципы теории верны. Если первые принципы содержат ошибку, некоторые предсказания теории оказываются ошибочными. Это вынуждает искать ошибку, которая может оказаться в первых принципах или в получении следствий из них. Наиболее часто ошибка возникает из-за неправильного применения первых принципов.

Но если ошибка в заключениях теории (расхождение между предсказаниями теории и экспериментом) не обнаруживается в течении длительного времени, (расхождение заключений теории и эксперимента) необходимость прогресса в познании и необходимость улучшения терминологии для описания экспериментальных данных порождают более прагматичный стиль исследований (П-стиль).

П-стиль выдвигает на первый план необходимость объяснения экспериментальных данных, что достигается обычно введением дополнительных предположений. Последовательность теории считается не такой важной. Хотя представители П-стиля провозглашают, что они стремятся устранить непоследовательность, но это не всегда удается, и это считается меньшим дефектом, чем невозможность объяснения эксперимента. П-стиль позволяет введение дополнительных предположений, даже если они оказываются несовместимыми с первыми принципами. Это важно, если только они полезны и ведут к объяснению экспериментальных данных. П-стиль использует существенно более слабые требования к исследователю. Например, репутация исследователя не страдает или страдает незначительно, если, написав очень хорошую работу, он после этого пишет посредственную или даже ошибочную работу. Предсказательность П-стиля существенно меньше, чем предсказательность К-стиля, поскольку П-стиль допускает только “короткую логику” (короткую цепь логических заключений). Например, среди исследователей имеющих дело с КТП широко распространено такое мнение, что существенно новый результат может быть получен только после предложения существенно нового предположения в рамках квантовой теории. Нереальной считается идея, что новизна может быть найдена в первых принципах (т.е. вне принципов квантовой теории) и новые результаты являются следствием длинной логической цепи рассуждений..

Прагматизм П-стиля проявляет себя в выдвигании на первый план решения кон-

кретных практических проблем. Предполагается, что молодой талантливый исследователь должен решать конкретные проблемы, тогда как решение фундаментальных проблем считается работой для старших опытных исследователей. В соответствии с такой точкой зрения обычно игнорируются и не обсуждаются результаты, важные для дальнейшего развития теории, но которые не имеют прямого отношения к приложениям. За таким отношением можно усмотреть неопределенность представителей П-стиля в их отношении к принципам теории и ее непротиворечивости. Если практическую проблему не удастся решить, то представители П-стиля готовы сделать дополнительные предположения или даже пересмотреть первые принципы.

П-стиль оказывается более эффективным, если только К-стиль оказывается неэффективным. Последний случай имеет место, если первые принципы содержат ошибку или дефект. Другими словами, К-стиль более эффективен, чем П-стиль в отсутствии препятствий (систематического шума). П-стиль является шумоустойчивым, в присутствии "систематического шума" он оказывается более эффективным, чем К-стиль. В период долгого доминирования П-стиля теория вырождается. Накопив много дополнительных предположений, противоречащих одно другому, теория шаг за шагом теряет свою предсказательную силу и способность к правильному развитию. Такой была ситуация во время доминирования доктрины Птолемея. Такую же ситуацию мы имеем в квантовой теории поля.

Вообще говоря, К-стиль является более эффективным и предсказательным, при условии, что верны первые принципы. П-стиль полезен в том отношении, что он работает даже в случае, когда есть ошибка в первых принципах, и К-стиль не может работать. В этом случае П-стиль позволяет ввести новые адекватные принципы и терминологию для описания экспериментов, которые не могут быть объяснены теорией, основанной на первых принципах. Наконец, исследования, реализованные с помощью П-стиля, помогают обнаружить ошибку в выборе первых принципов и осуществить необходимую ревизию.

Любой стиль исследований очень консервативен. Он вырабатывается исследователем в течение всей его исследовательской активности. Если исследователь использует П-стиль, т.е. он по существу использует метод проб и ошибок, он с трудом привыкает к жестким требованиям К-стиля. Наоборот, исследователь, использующий К-стиль в своей работе, привыкает работать с непротиворечивыми концепциями. Ему трудно перейти к более свободному П-стилю и изобрести новые дополнительные объяснения для новых экспериментов. Консерватизм стиля исследований приводит к конфликтам, когда изменяется доминирующий стиль исследований. Например, в время Птолемея и долгое время после доминировал П-стиль. Обнаружение АЗ.2 требовало построения последовательной концепции небесной механики, которая была бы свободна от произвольных допущений. Конфликт между приверженцами Птолемея и приверженцами Коперника был в то же время конфликтом между исследовательскими стилями.

Сейчас практически все исследователи, имеющие дело с релятивистской КТП, используют П-стиль. Они с трудом воспринимают аргументы сторонников К-стиля, нашедших противоречия и ошибки в принципах квантовой теории.

Чтобы кратко описать мою исследовательскую активность следует сказать что *используя К-стиль я последовательно проводил идею геометризации физики, [35] и*

это полностью согласовывалось с генеральной линией развития физики в XIX – XX столетиях.

8 Преодоление ассоциативных заблуждений в современной теоретической физике

Ли Смолин сформулировал пять важных нерешенных проблем современной теоретической физики [13]:

Проблема 1: Объединение общей теории относительности и квантовой теории (квантовая гравитация)

Проблема 2: Обоснование квантовой механики.

Проблема 3: Объединение частиц и полей.

Проблема 4: Объяснение как выбрать свободные постоянные в стандартной модели физики элементарных частиц.

Проблема 5: Объяснение феномена темной материи и темной энергии.

Ли Смолин полагает, что эти проблемы следует решать в рамках конструктивной теории (теории развиваемой в рамках П-стиля). Однако обнаружение АЗ.4 – АЗ.7 и их преодоление позволяет решить эти проблемы, используя К-стиль исследований. Реально только АЗ.5 и АЗ.4 используются при решении этих проблем. АЗ.6 и АЗ.7 являются специфическими ассоциативными заблуждениями квантовой теории. Они не используются, когда преодоление АЗ.5 позволяет обосновать квантовую механику и решить вторую проблему Смолина. Обоснование квантовой механики как статистического описания классических стохастических частиц решает первую проблему Смолина, потому что в рамках ДКСО гравитационное поле не квантуется. Первой проблемы Смолина просто не существует. Третья проблема тоже существует только в рамках квантовой теории. Четвертая проблема является специфической проблемой стандартной модели. Она отсутствует в каркасной концепции элементарных частиц [34]. Пятая проблема решается обнаружением и преодолением АЗ.4. В результате общая теория относительности расширяется на случай физических геометрий пространства-времени [36]. В расширенной общей теории относительности нет черных дыр, потому что коллапс звезд и других космических объектов останавливается индуцированной антигравитацией [37]. Антигравитация отсутствует в общей теории относительности. В результате мы вынуждены изобретать темную энергию, чтобы объяснить ускоренное расширение вселенной. В расширенной общей теории относительности есть антигравитация, и нет причин для изобретения темной энергии.

Что касается темной материи, то она представляет собой тахионный газ. Преодоление АЗ.4 позволяет рассматривать геометрию Минковского как физическую геометрию, где пространственноподобные векторы многовариантны. Тогда тахионы существуют, но отдельный тахион не может быть обнаружен из-за бесконечной амплитуды вихляния его мировой линии. Однако тахионный газ может быть обнаружен по его гравитационному полю [38]. Тахионный газ образует темную материю [39].

Таким образом, преодоление ассоциативных заблуждений позволяет решить важные проблемы теоретической физики. Оказывается, что есть несуществующие проблемы (подобные проблеме 1). Это проблема только с точки зрения исследователей,

использующих П-стиль. Кроме того, могут существовать проблемы, порожденные ассоциативными заблуждениями.

9 Заключительные замечания

Таким образом, ассоциативные заблуждения (АЗ) сопровождали процесс познания. Хотя следует стремиться устранить АЗ, но, по-видимому, полное устранение их невозможно. В случае невозможности устранения АЗ они приводят к появлению дополнительных компенсирующих гипотез и к построению компенсирующих (птолемеевских) концепций. Появление птолемеевских концепций приводит к порождению особого П-стиля исследований, пригодного для работы с птолемеевскими концепциями. П-стиль является одновременно и стилем исследований и стилем мышления. С одной стороны П-стиль является шумоустойчивым (подходящим для работы с птолемеевскими конструкциями, содержащими неправильные предположения), но с другой стороны, он менее предсказателен, чем К-стиль. В течение некоторого времени можно вести исследования, используя П-стиль. Но потом птолемеевская концепция перестает быть эффективной. Становится необходимым найти и преодолеть соответствующие ассоциативные заблуждения, возвратившись к К-стилю. Поскольку П-стиль существовал долгое время в КТП и несколько поколений исследователей воспитывались на его применении, то преодоление ассоциативных заблуждений и возвращение к К-стилю будет трудным процессом. Нужно быть готовы к этому.

После обнаружения ассоциативных заблуждений последующая ревизия существующей теории может оказаться очень существенной. Если это касается геометрии пространства-времени, ревизия может привести даже к изменению мировоззрения. Переход от пространства-времени с изначально детерминированным движением частиц к пространству-времени с изначально стохастическим движением уже является основой для изменения мировоззрения. Если раньше нужно было объяснить стохастичность, исходя из детерминизма мира, то теперь следует объяснять детерминированные явления, исходя из изначальной стохастичности мира.

Список литературы

- [1] Yu.A. Rylov, Logical reloading. What is it and what is a profit from it? *Int. J. Theor. Phys.* DOI: 10.1007/s10773.014.2039 .3
- [2] Yu. A. Rylov "Quantum Mechanics as a theory of relativistic Brownian motion" *Ann. Phys. (Leipzig)*. **27**, 1-11, (1971).
- [3] Yu.A.Rylov, Quantum mechanics as relativistic statistics.I: The two-particle case. *Int. J. Theor. Phys.* **8**, 65-83.
- [4] Yu. A. Rylov, Non-Euclidean method of the generalized geometry construction and its application to space-time geometry in *Pure and Applied Differential geometry* pp.238-246. eds. Franki Dillen and Ignace Van de Woestyne. Shaker Verlag, Aachen, 2007. Available at *e-print Math.GM/0702552*

- [5] Yu.A.Rylov, Metrical conception of the space-time geometry. *Int. J. Theor, Phys.* DOI: 10.1007/s10773-014-2228-0
- [6] Yu. A. Rylov, Structural approach to the elementary particle theory. in *Space-Time Geometry and Quantum Events* Ed.Ignazio Licata. pp.227-315, Nova Science Publishers Inc. ISBN 978-1-63117-455-1
- [7] Yu. A. Rylov, "On quantization of non-linear relativistic field without recourse to perturbation theory".*Int. J. Theor. Phys.*, **6**, 181-204, (1972).
- [8] Yu. A. Rylov, "Pair production problem and canonical quantization of nonlinear scalar field in terms of world lines", e-print hep-th/0106169.
- [9] Yu. A. Rylov, "Spin and wave function as attributes of ideal fluid", *J. Math. Phys.* **40**, 256-278, (1999).
- [10] Yu. A. Rylov, "Dynamic disquantization of Dirac equation", e-print quant-ph/0104060.
- [11] Yu. A. Rylov, Is the Dirac particle composite?.*e-print physics/0410045*.
- [12] Yu. A. Rylov, Is the Dirac particle completely relativistic?.e-print */physics/0412032*.
- [13] : L.Smolín, *The trouble with physics: the rise of string theory, the fall of science, and what comes next*. Houghton Mifflin, Boston, 2006.
- [14] B. V. Raushenbach, "Let experts dispute", *Christianity and science*, IX International Christmas educative readings. Collection of conference reports. Moscow, 2001, pp. 153-170. (in Russian)
- [15] K. Menger, Untersuchen über allgemeine Metrik, *Mathematische Annalen*, **100**, 75-113, (1928).
- [16] L. M. Blumenthal, *Theory and Applications of Distance Geometry*, Oxford, Clarendon Press, 1953.
- [17] Yu. A. Rylov, "Extremal properties of Synge's world function and discrete geometry." *J. Math. Phys.* **31**, 2876-2890, (1990).
- [18] Yu.A. Rylov "Metric space: classification of finite subspaces instead of constraints on metric." *Proceedings on analysis and geometry*, Novosibirsk, Publishing House of Mathematical institute, 2000. pp. 481-504, (in Russian), English version *e-print math.MG/9905111*.
- [19] Yu.A. Rylov, "Description of metric space as a classification of its finite subspaces", *Fundamental'naya i Prikladnaya Matematika*, **7**, no.4, 1147-1175, (2001). (in Russian)
- [20] Yu. A. Rylov, Non-Riemannian model of space-time responsible for quantum effects. *J. Math. Phys.* **32**, 2092-2098, (1991).

- [21] J. E. Moyal, Quantum mechanics as a statistical theory. *Proc. Cambr. Phil. Soc.*, **45**, 99,
- [22] I. Fényes, Probability-theoretical foundations and interpretation of quantum theory. *Zs. f. Phys.*, **132**, 81, (1952).
- [23] J.W.Gibbs, *Elementary Principles in Statistical Mechanics*. 1902, New York: Charles Scribner's Sons.
- [24] E. Madelung, "Quanten theorie in hydrodynamischer Form *Z.Phys.* **40**, 322-326, (1926).
- [25] Yu. A.Rylov, Incompatibility of the Copenhagen interpretation with quantum formalism and its reasons *Concepts of Physics* **5**, iss.2, 323-328, (2008). ISSN1897-2357. See also *e-print /physics/0604111*.
- [26] H. Everett *Rev. Mod. Phys* **29**, 454, (1957); Reprinted in *Quantum Theory and Measurement* (Eds J A Wheeler, W H Zurek) (Princeton, N.J.: Princeton University Press. 1983)
- [27] B. S. DeWitt, N. Graham (Eds) *The Many-Worlds Interpretation of Quantum Mechanics* (Princeton, N.J.: Princeton University Press, 1973)
- [28] Yu. A. Rylov "On connection between the energy-momentum vector and canonical momentum in relativistic mechanics". *Teoreticheskaya i Matematicheskaya Fizika.* **2**, 333-337.(in Russian). *Theor. and Math. Phys. (USA)* **5**, 333, (1970) (translated from Russian)
- [29] S. S. Schweber, *An introduction to relativistic quantum field theory*. Row, Peterson and Co. N.Y. 1961.
- [30] V. A. Fock, *Theory of space, time and gravitation*. GITTL, Moscow, 1955.
- [31] E. C. G. Stueckelberg, *Helv. phys. Acta*, **15**, (1942).
- [32] R. P. Feynman , *Phys. Rev.* **76**, 749-759, (1949).
- [33] F. A. Berezin, *Method of secondary quantization*. Nauka, Moscow, 1965. (in Russian).
- [34] Yu. A. Rylov, Discrete space-time geometry and skeleton conception of particle dynamics . *Int. J. Theor. Phys.* **51**, 1847-1865, (2012), See also *e-print 1110.3399v1*
- [35] Yu. A.Rylov , Physics geometrization in microcosm: discrete space-time and relativity theory (Review) *Hypercomplex numbers in physics and geometry* **8**, iss. 2 (16,) pp.88-117 (2011). In Russian. Available at <http://arXiv.org/abs/1006.1254v2>
- [36] Yu. A. Rylov, General relativity extended to non-Riemannian space-time geometry. *e-print 0910.3582v7*
- [37] Yu. A. Rylov, Induced antigravitation in the extended general relativity . *Gravitation and Cosmology*, Vol. **18**, No. 2, pp. 107–112, (2012)

- [38] Yu. A. Rylov, Dynamic equations for tachyon gas, *Int. J. Theor. Phys.* **52**, 3683-3695, (2013).
- [39] Yu. A. Rylov, Tachyon gas as a candidate for dark matter, *Vestnik RUDN ser. Mathematics. Informatics, Physics* (2013), iss 2 pp.159-173 (In Russian)