ОСНОВАНИЯ ФИЗИКИ
И
ГЕОМЕТРИИ

Москва
Издательство Российского университета дружбы народов
2008

Содержание

Предисловие редактора

Настоящим сборником открывается серия сборников статей, посвященных анализу оснований фундаментальной теоретической физики и геометрии. Последняя уже давно, со времен Н.И. Лобачевского и Б. Римана, справедливо рассматривается как раздел физики. Этот сборник издается под эгидой Российского гравитационного общества, опирающегося на Институт гравитации и космологии при Российском университете дружбы народов.

К основаниям физики относится довольно широкий круг вопросов. Во главу угла данного сборника поставлена проблема вывода классических пространственно-временных представлений из неких более фундаментальных физических или даже метафизических закономерностей. Среди предлагавшихся идей о путях решения данной проблемы центральное место занимает идея макроскопической (статистической) природы классического пространства-времени. Эта идея высказывалась рядом авторов XX века: П.К. Рашевским, Д. ван Данцигом, Е. Циммерманом, Р. Пенроузом и другими. В последнее время данная проблема приобрела особую актуальность, во-первых, в связи с поиском путей преодоления затруднений в теории суперструн, во-вторых, благодаря новым возможностям, открывшимся в рамках исследований реляционного подхода к физике и геометрии, в-третьих, из-за поиска альтернативных путей преодоления трудностей в интерпретации последних астрофизических данных, в-четвертых, в связи с возросшим интересом к проблемам интерпретации квантовой механики. Кроме того, этот вопрос тесно связан с многолетними (пока неудачными) попытками решить проблему совмещения принципов общей теории относительности и квантовой теории (часто именуемой как проблема «квантования гравитации»). Она оказалась значительно более серьезной, нежели это представлялось исследователям в предыдущем столетии. Стало очевидным, что для ее решения необходимо вернуться к анализу оснований наших представлений о сущности классического пространства-времени.

Таким образом, тематика предлагаемого сборника оказалась значительно шире круга внутренних проблем эйнштейновской теории гравитации, ее обобщений и проблем релятивистской астрофизики. Однако следует напомнить, что вопросы оснований пространственно-временных представлений и их обобщений традиционно примыкали к тематике отечественных исследований в области теории гравитации. Это неизменно проявлялось на наших гравитационных конференциях, начиная с первой советской гравитационной конференции 1961 года, где наряду с непосредственно гравитационной тематикой обсуждались возможные обобщения свойств пространства и времени: переходы к дискретному пространству-времени, аксиоматика геометрии, ее возможные изменения и т. д. Видимо, это объясняется тем, что в лице общей теории относительности мы имеем не только теорию гравитации, как одного из видов физических взаимодействий, а скорее, теорию современных представлений о пространстве и времени, даже более того, важную составную часть геометрического миропонимания, согласно которому пространство-время – не только арена, а вся физика. Такой взгляд впервые был сформулирован еще в XIX веке В. Клиффордом и развивался в XX веке Эйнштейном, Дж. Уиллером и рядом других авторов.

Предлагаемый читателю сборник состоит из трех частей. В первой части содержатся работы отечественных авторов, в которых предлагаются пути вывода классических пространственно-временных отношений из неких иных понятий физического, математического или даже метафизического характера. Вторая часть содержит статьи, в которых обсуждается соотношение двух программ реляционного описания физики – бинарной геометрофизики и теории физических структур, – в которых предлагаются альтернативные подходы к сущности пространственно-временных отношений. Третья часть содержит две работы зарубежных авторов, в которых ставится под сомнение применимость классических представлений о пространстве и времени в физике микромира и высказываются предложения о возможных путях их замены.

Надеемся, что данный сборник будет способствовать активизации исследований и дискуссий по затронутой в нем тематике современной фундаментальной теоретической физики.

Ю. С. Владимиров
А. П. Ефремов

I. Природа пространства-времени

Природа пространства и времени

А. П. Ефремов

Институт гравитации и космологии Российского университета дружбы народов

Введение. О причинах и пользе

В повседневной жизни вопрос, какова истинная сущность пространства и времени, вообще говоря, не ставится. Подавляющему большинству людей в их практической деятельности достаточно лишь с определенной точностью знать положение объектов и последовательность событий. А чувственно пространство воспринимается – и мысленно осознается – как вместилище вещей, тогда как время можно представить как своего рода равномерное движение (изменение) всех объектов вдоль некой невидимой шкалы, деления которой маркируются стандартными движениями некоторых из этих объектов. И стоит заметить, что при всей незамысловатости таких представлений, наблюдается более или менее успешное развитие и умножение человеческой цивилизации. В связи с этим возникает ряд вопросов. А есть ли убедительные причины изыскивать некую глубинную сущность там, где и так все достаточно понятно? И если все же пространство и время устроены не столь просто, как это кажется, то какая может быть польза от более точного знания? Ведь старые представления, безусловно, удовлетворяют миллиарды представителей населения Земли. Думается, что на каждый из этих вопросов можно ответить весьма содержательно.

Стремление к раскрытию сущности вещей можно трактовать как императив удовлетворения человеческого любопытства, однако вряд ли можно с надежностью объяснить сам факт возникновения этого императива. Ясно, что интерес к сущностному (не «прикладному») познанию мира у людей выражен не одинаково сильно. Но проявляющие такой интерес с наибольшей интенсивностью, едва ли смогут определить источник того беспокойства, которое изо дня в день и из года в год заставляет их углубляться в исследования. Здесь, конечно, имеются в виду совсем не те, кто рационально делает научную карьеру и рассчитывает на вознаграждение. Речь идет о людях, которые не в состоянии остановить в самих себе процесс поиска истины. Автор этой статьи определенно знает, что такие люди есть, и действуют они так, будто бы исполняют некое предназначение по получению все более и более точных сведений об устройстве мира. Поэтому ответ на первый вопрос о причинах поиска истины следует искать, пожалуй, не в рациональном объяснении, а в наличии трансцендентного явления – действии скрытого, по-видимому, в каждом представителе земных мыслящих существ «императива бескорыстного познания», но вплоть до сегодняшнего дня проявляющегося в индивидуумах с различной степенью интенсивности. Иными словами, постижение сути вещей как один из видов (скорее всего, основных) сознательной деятельности является родовым признаком человека, изначально заложенным в его информационной системе. Пространство и время – наиболее общие, хотя и ускользающие от частного анализа сущности, не составляют исключения и также являются объектами познания, так что процесс этого познания неизбежен.

Но если само познание – не зависящий от личности императив, то второй вопрос – о его пользе – может показаться бессмысленным. Но это не так. Понятие «польза», конечно, может иметь два знака (как любое качество), но поскольку в целом это понятие рационально, оно применимо для оценки результата и нелогической акции. И тому много исторических и практических примеров, хотя, конечно, все они базируются на представлениях определенных общественных групп. Так, наблюдая звезды, египтяне уточнили временную периодику гибельных разливов Нила, а приняв в качестве пространственной модели Земли ее шарообразность, европейцы «открыли» Америку – и с немалой для себя пользой. Но, отвлекаясь от материальной конкретики, автор берется утверждать, что все более настойчивое и внимательное изучение столь фундаментальных объектов как пространство и время, непременно приведет к качественному скачку в представлениях об устройстве мира и роли в нем и отдельного человека, и всей человеческой цивилизации в целом. Поскольку процесс познания – и разумного преобразования – мира осуществляется человеком, по-видимому, не случайно, то и результаты этого должны быть для человечества благотворны.

О времени и точности познания

Говоря о пространстве и времени, следует сделать оговорку: если пространство чувственно воспринимается как реальный физический объект, допускающий визуальное наблюдение и измерение, то время как физический объект невидимо, понятие о нем оказывается абстрактным и требует уточнений.

Исторически устоявшийся и наиболее общепринятый метод введения времени состоит в договоренности между людьми, или конвенции: время представляется как физическая величина, которую можно «наблюдать» косвенным образом – как определенное изменение пространственных объектов. При этом стоит подчеркнуть, что каким бы ни был хронометр – атомным, кварцевым, пружинным, солнечным, песочным или водяным – во всех случаях в итоге визуально наблюдается и измеряется опять-таки пространственная длина. Этим «надежным» способом время измерялось в течение тысячелетий – и для бытовых нужд, и в научных опытах. «Договорное», или «условное» время можно назвать также статистическим, во-первых, потому, что в определении этой величины непременно должны участвовать многочисленные группы ее потребителей, так что результирующее представление зависит от распределения мнений.

Но есть и вторая причина назвать это время статистическим (или даже «энтропийным»). И на бытовом уровне, и в строгой экспериментальной науке присутствует общее представление о невозвратности мгновений. Правда, в классической физике оговаривается возможность обратимости «стрелы» времени (здесь не хочется писать «вектора») и, следовательно, обратимости того или иного физического процесса. Однако все знают, что подобного рода допущение есть идеализация реальности, и на самом деле движение тела по ньютоновской траектории абсолютно неповторимо. Изменяется и наблюдаемое тело, и наблюдатель, могут измениться свойства пространства, наконец, нет гарантий, что ход самого времени не претерпевает изменений. В казалось бы примитивный процесс движения тела вмешивается бесчисленное множество физических факторов, действие которых также подчиняется некой статистике. Наконец, опыт с «отрицательно направленным» временем поставить вряд ли получится, ибо человеку до сих пор не удавалось произвольно менять ход истории. В результате проще всего оказывается считать, что время направлено «только вперед», и что оно «течет равномерно», что с неизбежностью привело к выделению более или менее стабильных циклических процессов в качестве базы для определения временных единиц. Это представление о времени доминировало в сознании людей многие столетия, и в основном продолжает доминировать.

Однако сравнительно недавно, в новейшей истории физики, появилось существенно иное представление о времени. Его становление началось с определения Вильгельмом Вебером новой физической величины – электродинамической постоянной; эта константа оказалась ничем иным как скоростью света в вакууме. Постулат Альберта Эйнштейна о ее универсальности – в смысле независимости от системы отсчета – позволил задавать время в виде отрезков длины, то есть пути, проходимого светом за одну секунду. Эту идею тут же реализовал Герман Минковский, добавив к декартовой системе пространственных координат еще одну ось – ось времени. И с этого момента возникла совершенно новая – геометрическая – интерпретация времени. Для определения геометрического временного интервала не нужно отсчитывать число каких-либо колебательных циклов, достаточно на оси времени измерить лов, достаточно на оси времени измерить линейкой длину интересующего отрезка и разделить результат измерения на скорость света. Как видно из этого описания, никаких договоренностей о циклических единицах времени здесь не требуется, достаточно условиться только о единицах длины, что, с одной стороны, проще, а с другой – делать так или иначе приходится. Таким образом, благодаря Эйнштейну и Минковскому в начале XX века появилась новая физическая сущность «пространство-время», где время приобрело статус дополнительной геометрической размерности, по существу, равноправный со статусом направлений в пространстве.

Стоит подчеркнуть существенное различие моделей статистического времени и времени геометрического. Статистическое время – величина, «сильнее» зависящая от субъектов наблюдения, поскольку приходится не только согласовывать эталоны длины, но и договариваться о физических процессах, циклы которых будут приняты за единицу времени. И если наша цивилизация исчезнет, то следующее поколение мыслящих существ окажется перед проблемой создания своих собственных представлений о времени. Геометрическое время в этом смысле «стабильнее», так как для его отсчета достаточно договориться только об эталоне длины. Последующее деление на скорость света, которую естественно считать равной единице, немедленно даст значение геометрического времени. Иначе говоря, интервал времени оказывается просто равным длине пространственного отрезка; именно так чаще всего и считают при решении задач, связанных с пространственно-временными отношениями, например, в общей теории относительности.

Введение в начале XX века геометрического времени представляло собой акцию, явно не угрожающую доминантной роли «договорного» времени, поскольку в единственном дополнительном измерении сложно что-либо, кроме времени, разместить. К тому же в редакции Минковского линейное время считалось мнимым по отношению к пространству; говоря образно, время всего лишь «мнилось» как геометрическая размерность. Но вскоре от мнимого времени отказались: возвели «мнимость» в квадрат и полученное отрицательное значение присвоили временному параметру базового объекта – метрическому тензору пространства-времени. Теория относительности довольно быстро приобрела популярность, особенно после появления геометрической версии гравитационного взаимодействия. И когда физики стали пытаться отобразить в формализме четырехмерия все известные физические величины, выяснилось, что введение дополнительной – временной – размерности не прошло бесследно: у ряда ранее чисто пространственных величин появились так называемые временные компоненты. Для некоторых таких компонент более или менее удовлетворительная трактовка нашлась, например, временной компонентой четырехмерного импульса частицы была признана ее энергия. Другие компоненты пришлось вводить искусственно; так появилась временная компонента скорости частицы – величина безразмерная. А от части величин, таких как временные компоненты момента импульса столь же искусственно стараются избавиться, поскольку очевидного физического смысла они не имеют. Подобного рода проблемы интерпретации являются характерным следствием введения именно геометрического представления времени.

У статистического и геометрического времени (в четырехмерной вселенной) есть одна общая черта – необратимость. Хотя причины этого различны. О необратимости условного времени сказано выше, а проблему обратимости геометрического времени стоит обсудить особо. Образом геометрического времени является линия, и потому, казалось бы, нет препятствий для изменения временного направления на обратное: достаточно физически двигаться вдоль этой оси в противоположную сторону. Однако в четырехмерии эта процедура реально неосуществима, так как направление времени обычно считается ортогональным всем пространственным координатам, и наблюдателю в трехмерном пространстве «некуда пойти» так, чтобы знак времени изменился на противоположный.

Из вышесказанного видно, что время, как, впрочем, и любой другой объект, может быть представлено в сознании людей совершенно разными моделями. Иными словами, «информация сознания» – изложенное на языке данного сознания представление об объекте – (С-информация) оказывается множественной. Существенно также отметить, что собственно формированием такой общепринятой С-информации занимается весьма ограниченный круг людей – узких специалистов, остальные готовы воспринять это представление на веру. Тем не менее, если объект присутствует во вселенной независимо от сознания людей, то он, очевидно, имеет некоторую собственную сущность, которая может быть описана термином «абсолютная информация» (А-информация), доступная для восприятия. Это предположение является естественным «аналитическим продолжением» представления о «вещи в себе», известного со времен Иммануила Канта. Оттенок авторского звучания этой базисной концепции объективизма состоит в принципиальной возможности усвоения А-информации хотя бы о некоторой части реально существующих объектов.

Автор считает экстремальную позицию солипсизма интересной, но неприемлемой и полагает, что пространство и время существуют объективно и не зависят от сознания одного человека, группы людей и всего человечества в целом. Тогда их истинной сущности адекватна некая абсолютная информация о пространстве и времени. Сегодня человечество, безусловно, такой информацией не обладает, а, как показано выше, имеет в своем сознании лишь приближенные отображения – «смазанные реплики» – этих сущностей. Только кропотливое исследование может приблизить нас к истине. Но возникает вопрос: каким образом подобное исследование следует осуществлять? Должен ли это быть тончайший эксперимент, построение физико-теоретической модели, новаторское философское размышление или что-то иное? И как возможно оценить – если вообще это возможно – степень истинности понимания сути объекта? Безусловно точно ответить на поставленные выше вопросы сегодня вряд ли удастся, однако известная история физики прозрачно намекает на возможный путь решения проблемы.

Математика и «непрактичные» пространства

Уже в XX веке стало понятно, что эмпирический поход к познанию оснований мироустройства постепенно сменяется теоретическими методиками. Причин к тому оказалось несколько. Наиболее очевидные причины связаны с требованиями высокой технологичности, следовательно, стоимости современных экспериментов. Кроме того, возможно, – на интуитивном уровне – вмешалось и ощущение безнадежности приложения усилий, возникшее как следствие формулировки квантовомеханического принципа неопределенности: точность определения координаты частицы и ее скорости, времени существования системы и ее энергии «завязалась» на малую, но конечную константу Планка. Наконец, все более становятся очевидными несовершенство и ограниченность возможностей самого человека. И не только органы чувств, фиксирующие данные наблюдений, оказываются слишком «грубо настроенными» и дающими не точное представление об объекте или явлении. Не исключено, что и вся система человеческого мышления изначально неважно приспособлена для формулировки адекватных истине выводов, подводящих итог аналитическому осмыслению эмпирических фактов. Именно по этой причине сознание исследователей порождало информацию о геоцентрическом устройстве мира, о флогистоне, о различии законов электричества и магнетизма, о планетарной модели атома. Эта С-информация в надлежащее время овладевала общественным сознанием и начинала самостоятельную «жизнь» в народных массах, но уже не как пробная модель, построенная на наборе проверяемых опытных фактов, а как безусловная научная вера. До сих пор в школьном курсе физики законы механики Ньютона изучаются как непреложная истина, хотя давно известно, что они неточны и область их применения весьма и весьма ограничена.

Осознанное или интуитивно ощущаемое несовершенство эмпирического метода познания с необходимостью вовлекло исследователей в сферы фундаментальной математики. Вначале используемая, в основном, для расчетов, математика все более расширяла свое присутствие в «точных науках» и, демонстрируя способность не только описывать факты, но и выходить на логически строгие обобщения, сама стала в итоге одним из основных инструментов исследования физических закономерностей. Что же касается эксперимента, то акцент его применения все более смещается в область контроля теоретических предсказаний, так что теперь эксперимент следует за теорией; совсем недавно наблюдалась обратная последовательность, которую сегодня можно заметить лишь на низкопрофессиональном или любительском уровне. Роль математики в изучении законов природы возрастает не только из соображений удобства анализа или возможностей обобщения. Есть еще одно следующее обстоятельство.

Позиция автора данной работы состоит в том, что математика является независимым от человека идеальным объектом, и это, пожалуй, один из тех объектов, абсолютная информация о котором в силу точности математических соотношений с неизбежностью оказывается тождественной информации сознания. Это означает, что в ходе освоения человеком математических структур осуществляется процесс познания абсолютной истины. Конечно, здесь речь идет о безошибочном освоении. При этом можно говорить (и часто говорится) о том, что именно люди развивают математику. Да, человек – непременный участник возникновения в частном и общественном сознании новых или устоявшихся математических конструкций. Но совершенно недоказуемо то, что эти конструкции придуманы человеком. Более того, есть множество исторических примеров появления абсолютно новой для человечества математики в сознании отдельных людей – великих и гениальных математиков – совсем не логическим путем[1].

В связи с этим вполне допустима идея, что все расширяющееся и углубляющееся проникновение чисто математических методов в сферу познания есть лишь одно из проявлений всеобщей закономерности – первоосновы мирового порядка[2].

Если ранее представление о пространстве обычно связывалось с местом размещения реальных физических объектов, то в результате развития логически-абстрактного мышления в математике (возможно, не без влияния физики) появилось новое понятие о пространствах – весьма «непрактичных». В таких идеальных пространствах могут содержаться математические объекты различной природы, однако правила построения этих абстрактных пространств достаточно общие. Одно из главных общих свойств математического пространства – возможность измерить в нем некоторую длину (опять длину!), характерную для включенных в этом пространстве объектов. Это, тем не менее, не означает, что все такие объекты модельно представимы и могут быть изображены в виде неких геометрических фигур, как физические тела в обычном пространстве. Хотя некото-

---

[1] См. А.П.Ефремов, «Метафизика кватернионной математики» в альманахе «Метафизика век XXI» т.2, под редакций Ю.С.Владимирова, М., Бином, 2007 г., С. 223-269.

[2] Другое (не обсуждаемое здесь) свидетельство этой гипотезы состоит в «тотальной оцифровке» современной цивилизации.

рые математические величины, например, векторы, составляющие векторные пространства, можно визуально представить в виде направленных отрезков прямой линии.

Влияние абстрактного математического мышления сказалось и на физических представлениях. Одним из первых математически абстрактных, но имеющих физическое содержание и интерпретацию пространств явилось понятие физического поля, введенное Майклом Фарадеем. Это понятие в известном смысле даже предвосхитило представление о математическом векторном пространстве, поскольку уравнения электродинамики Джеймс Максвелл строил на основе механистической модели эфира и кватернионной математики Уильяма Гамильтона, а понятие вектора формировалось исторически параллельно. Следующий пример – уже упомянутое выше пространство-время Минковского с его геометрическим временем. Собственно эта модель мира и последующее за ней создание общей теории относительности и явилось тем отправным пунктом, с которого началась тотальная математизация – и, в частности, геометризация – физики. Настоящую сумятицу в представления о пространствах внесла квантовая механика. Мало того, что определенные в ее рамках функции состояния физической системы оказались принадлежащими особым (чисто математическим) пространствам, названным именем математика Давида Гильберта и существенно эксплуатирующих множество комплексных чисел (действительных и мнимых). Оказалось также, что эти функции описывают совершенно непредставимый с точки зрения визуальной геометрии объект: амплитуду вероятности нахождения системы в данном состоянии. Собственно значение вероятности (кстати, тоже величины ненаблюдаемой) получается, говоря упрощенно, при возведении этой амплитуды в квадрат. И в целом квантовая механика явилась весьма экзотическим физико-теоретическим объектом. Предсказания этой теории подтверждаются экспериментом с высочайшей точностью, и в то же время имеются, по крайней мере, три ее различные формулировки, данные Эрвином Шредингером – в терминах переменной функции состояния, Вернером Гейзенбергом – в терминах переменных операторов, и Ричардом Фейнманом – в терминах интегралов по путям. Однозначной трактовки физической сути квантовой механики нет до настоящего времени. Однако высокая точность ее предсказаний, с позиций рассматриваемого в данной работе подхода, скорее всего, свидетельствует о том, что эта информация сознания, множественным образом выраженная в строгих математических соотношениях, достаточно адекватна абсолютной информации об устройстве микромира и возможности в нем физических измерений.

Но, как известно, квантовая механика «конфликтует» с общей теорией относительности Эйнштейна, и это означает, что если одна из этих теорий верна, то другая, очевидно, имеет границы применимости; впрочем, не исключено, что обе эти модели не вполне отражают «истинное положение вещей». Спорить с квантовой механикой сложно – подтверждений справедливости ее предсказаний множество; что же касается теории относительности, ее развитие как геометрической модели можно продолжить в целом ряде направлений, что и было сделано. Появились теории относительности в пространствах с кручением, многомерные теории, теории с компенсационными полями, заодно учитывающие и другие фундаментальные взаимодействия, теории с компактными (свернутыми) размерностями и иные модификации пространств. Все эти пространства были введены в теорию уже не из эмпирических соображений (как пространство-время Минковского, где каждая размерность связывается с реальными физическими объектами), а в рамках чистой эвристики. Этот подход иногда может дать положительный результат, но многолетняя практика создания искусственных теорий показывает, что вероятность успеха здесь весьма невелика. Дело в том, что большинство современных теорий строятся на базе принципа экстремума действия, предлагающего океан возможностей. Для создания «новой» теории достаточно предложить некий оригинальный лагранжиан, из которого процедурой варьирования, получаются искомые уравнения. Так, варьируя скалярную кривизну четырехмерного пространства-времени Гильберт получил уравнения общей теории относительности даже раньше Эйнштейна[3]. Понятно, что в силу огромного богатства и разнообразия геометрических объектов в математических пространствах многих размерностей, число таких геометризованных теорий почти не ограничено. Однако есть и еще одно соображение по поводу тотальной веры в могущество принципа экстремума действия и процедуры варьирования. Как хорошо известно физикам и математикам, связь вариационного принципа с уравнениями физики была открыта Пьером де Мопертюи в середине XVIII века. Выяснилось, что уравнения Ньютона можно получить, варьируя абстрактную математическую конструкцию – разность кинетической и потенциальной энергии тела (понятно, что такая разность не только не наблюдаема, но и не имеет физического смысла). Это частное наблюдение получило детальное развитие в рамках классической механики и вскоре приобрело статус всеобщего и неоспоримого закона, годного для описания всех без исключения физических взаимодействий. Представляется, что некоторое противоречие общего и частного здесь все же есть, тем более что механика Ньютона является приближенной теорией, и универсальной процедуры построения функционала действия не существует.

Осторожное отношение к вариационному принципу в физике подсказывает и история: практически все великие уравнения современной физи-

[3] См., например, С.Хокинг, Мир в ореховой скорлупе. СПб, Амфора, 2007.

ки появились не из функционала действия. Ньютон математически смоделировал результаты опытов с механическими системами; Максвелл, добавив свое, свел воедино уже известные экспериментальные формулы; Эйнштейн, зная результаты Лоренца, нашел иной путь вывода известных преобразований и позже эвристическим путем пришел к геометрическим уравнениям гравитации; Шредингер в рассуждениях также шел за экспериментом. Джозайя Гиббс сформулировал соотношения статистической физики без использования вариационной процедуры. И только в середине XX века теория электрослабого взаимодействия усилиями Стивена Вайнберга, Абдуса Салама и Шелдона Глэшоу явила собой более или менее успешный пример применения принципа экстремума действия.

Читатель скажет: критиковать легко! Но где конструктивные предложения насчет пути познания сущности пространства, времени и соотношения этих фундаментальных составляющих мироустройства? Верно. Не стоило начинать обсуждения проблемы, если нет варианта ее решения. Но такой вариант у автора есть.

Кватернионы и бикватернионы, порождающие параллельные миры

Видимо, не сложно догадаться, что ответ на поставленный выше вопрос вновь будет связан с математикой, которую автор считает реально существующим идеальным объектом, не зависящим от сознания людей. Изучение математики, в первую очередь ее фундаментальных разделов и соотношений, – и есть тот путь, который должен привести к адекватному пониманию устройства вселенной, включая, конечно, ее базовые понятия – время и пространство. Этот путь сегодня представляется единственно возможным, поскольку возможности феноменологии практически исчерпаны, и еще потому, что некоторый опыт в этом направлении за последнее столетие человечество уже накопило. Недетектируемые кварки сегодня теоретически связываются с порожденными математикой пространствами Калаби-Яу, этапы развития ранней вселенной (которые никогда нельзя будет проверить на опыте) моделируется на базе чисто математических объектов – супербран, – и все это притом, что величину гравитационной постоянной экспериментально определить удается лишь с точностью до третьего знака после запятой. Одно из новых, но многообещающих направлений – бинарная геометрофизика Ю.С.Владимирова[4], базирующаяся на теории отношений. Этот, по сути, чисто математический объект содер-

[4] См., например: Ю.С.Владимиров, Реляционная теория пространства-времени и взаимодействий, Часть1, М., Изд. МГУ, 1996; Часть 2, М., Изд. МГУ, 1998.

жит в себе целый ряд уже известных физических теорий – признанных, но возникших в рамках эвристического метода.

Другое, с точки зрения автора, также перспективное направление – исследование фундаментальных математических объектов, базирующихся на исключительных алгебрах высших размерностей. Таких алгебр две – алгебра кватернионов (размерности 4) и алгебра октав (размерности 8). Объекты, построенные на алгебре октав, не ассоциативной по умножению, как представляется, пока еще изучены поверхностно. Исследования октонионов ждут своего времени, и это можно уверенно утверждать, зная ситуацию с математикой, базирующейся на более простой алгебре кватернионов. Еще совсем недавно считалось, что «с кватернионами все понятно», однако, пристальные исследования последних 20 лет позволили установить, что в кватернионной математике есть и малоизученные области. Интересно, что эти новые области имеют непосредственное отношение к пониманию сути пространственно-временных отношений, а, возможно, и собственно структуры пространства и времени.

Тесную связь свойств физического пространства и кватернионной алгебры заметил еще ее автор Гамильтон, и эта связь оказалась особого свойства. Достаточно вспомнить, что Рене Декарт в своей работе «Рассуждение о методе» (1637 г.) ввел систему трех ортогональных осей для маркировки точек пространства «искусственно», т.е. эвристически. В открытой почти через 200 лет алгебре кватернионов оказалось, что «векторных» ее единиц с абсолютной необходимостью может быть только три, как и размерностей физического пространства. Более того, эти единицы имеют однозначный геометрический смысл: они являются направляющими векторами декартовой системы координат, некоторым образом неизменно расположенной в трехмерном пространстве. В кватернионах идея Декарта уточнилась: оси его системы координат оказались направленными, а сама система – правой (условная «направленность» системы, например, правая система координат, определяется изначально и в дальнейшем она меняться уже не может). Таким образом, с открытием Гамильтона предыдущая – «интуитивная» – информация сознания (по Декарту) трансформировалась в абсолютную математически достоверную информацию. По сути дела, кватернионная математика строго структурирует трехмерное физическое пространство. Хотя, видимо, в этом случае можно говорить и о генерации математическими соотношениями собственно идеи трехмерного пространства. Если субъект осознает эти соотношения, то, даже не имея возможности экспериментального контроля, он получает внятное представление о геометрической (физической) сущности математически описываемого объекта.

Последующий анализ связи кватернионов с пространством и временем оказался подчиненным достаточно жесткой логике. Ведь кроме трех векторных единиц алгебра кватернионов обладает четвертой – скалярной. Тут же возникает вопрос: если векторная триада маркирует направленные пространственные измерения, то какой смысл имеет четвертое скалярное измерение? Этот вопрос возник за полвека до того, как Минковский сформулировал идею четырехмерия, и надо заметить, внятного ответа не было. Кстати, Максвелл, делая первую запись своих уравнений электродинамики в кватернионах, использовал лишь векторные величины и смыслом скалярного «направления» не озадачивался. С появлением теории относительности немедленно возникло искушение считать скалярную единицу ответственной за координату времени: четыре единицы в кватернионах, четыре координаты пространства-времени – вроде все сходится. Более того, любой четырехмерный вектор-кватернион имеет определитель по форме в точности совпадающий с записью в пространстве. Этот серьезный аргумент в пользу тезиса о связи координаты времени и скалярной кватернионной единицы заслуживает более пристального внимания.

Пусть из некоторого четырехмерного вектора $A^{\lambda} = (a, x, y, z)$ построен кватернион $A = A^{\lambda} q_{\lambda} = a q_0 + x\mathbf{q}_{\tilde{1}} + y\mathbf{q}_{\tilde{2}} + z\mathbf{q}_{\tilde{3}}$, где

$$q_0 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{q}_{\tilde{1}} = -i\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{q}_{\tilde{2}} = -i\begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{q}_{\tilde{3}} = -i\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}.$$

Несложно проверить, что квадрат любой из этих векторных матриц есть скалярная матрица со знаком минус, а циклическое произведение двух векторных матриц друг на друга дает в точности третью матрицу – это простейший базис кватернионных единиц (построенный на матрицах Паули). В таком представлении кватернион A приобретает вид матрицы

$$A = \begin{pmatrix} a+z & x-iy \\ x+iy & a-z \end{pmatrix},$$

определитель которой, как нетрудно подсчитать, есть квадрат нормы четырехмерного вектора в пространстве Минковского

$$\det A = a^2 - x^2 - y^2 - z^2.$$

Так математически демонстрируется взаимосвязь временной компоненты a и скалярной единицы q_0. Однако возникает вопрос: почему понадобился и какой смысл здесь имеет детерминант? Ответ «так получается» не кажется удовлетворительным, и в целом подобная математическая эвристика, как представляется, может приводить к упрощенным или искаженным физическим трактовкам. И это можно показать на рассматриваемом примере.

С начала XX века известно, что квадрат четырехмерного вектора инвариантен относительно преобразований Лоренца – в этом-то и состояло одно из основных наблюдений Эйнштейна, приведшее к созданию специальной теории относительности. И если пространственные повороты группы Лоренца приводят к изменению только трех пространственных компонент (x, y, z), то гиперболические повороты, кроме пространственных, непременно «захватывают» и временную компоненту a. В развитии специальной теории относительности – общей теории относительности (теории гравитации Эйнштейна) допустим широкий класс преобразований координат и компонент геометрических величин. В эти изменения вовлечены и временные компоненты, и – в ряде формулировок теории – все четыре направляющие векторы ортонормированного репера (тетрады), включая, конечно, и ту, что задает направление времени.

Иначе преобразуются кватернионные единицы. Не так давно[5] выяснилось, что важнейшее для кватернионов действие – умножение – остается стабильным (форм-инвариантным) только в том случае, когда скалярная единица q_0 строго неизменна, а три векторные единицы $(\mathbf{q}_1, \mathbf{q}_2, \mathbf{q}_3)$ могут испытывать как обычные пространственные, так и гиперболические повороты. И эта взаимосвязь инвариантности умножения и преобразований единиц в данном случае является не интерпретационным приемом, а фундаментальным математическим свойством алгебры кватернионов. Но тогда оказывается, что «указатель направления времени» – скалярная единица – никак не реагирует на изменения четырехмерных координат, что очевидно противоречит ситуации, имеющей место в стандартной теории относительности, в которой ось времени движущегося объекта, как видно на диаграммах Минковского, расположена под углом к оси времени покоящегося наблюдателя. В то же время векторные кватернионные единицы, являясь вроде бы чисто пространственными ортами системы координат, тем не менее, вынуждены участвовать в гиперболических поворотах, которые связываются с относительным движением систем отсчета, приводящим к изменению направления времени.

Это наблюдение привело к иной геометрической трактовке кватернионных единиц. Стало ясно, что постоянная скалярная единица играет пассивную роль, а в структуре геометрии пространства и времени участвует лишь векторная кватернионная триада. Но эта позиция вынудила перейти из множества обычных кватернионов (где множители единиц являются действительными числами) в более широкое множество так называемых бикватернионов (где множители единиц – комплексные числа). Это множество не образует алгебру, потому что в нем, вообще говоря, нельзя оп-

---

[5] См., например монографию А.П.Ефремов, Кватернионные пространства, системы отсчета и поля, М., изд. РУДН, 2005.

ределить норму числа (длину отрезка!). Однако для описания геометрии понадобились не любые, но лишь такие бикватернионные числа, у которых действительные компоненты составляют вектор, направленный перпендикулярно по отношению к вектору, заданному мнимыми компонентами. У таких векторов норма без проблем определяется, и что самое интересное, квадрат такого бикватерниона, по сути, есть квадрат нормы идентичного вектора в пространстве Минковского. В частности, легко определяется вид вектора-бикватерниона, квадрат нормы которого представляет собой линейный элемент пространства-времени. Иными словами, математическая логика с необходимостью приводит к кватернионному объекту, который является специфическим «корнем квадратным» из базовой величины теории относительности Эйнштейна. Этот объект оказывается форм-инвариантным относительно допустимых преобразований кватернионных единиц, и именно это свойство гарантирует инвариантность получаемого в дальнейшем числа – «длины» пространственно-временного интервала.

В этом наблюдении, или, если угодно, математическом открытии не было бы ничего особенного, если бы не одно обстоятельство: пространственно-временной вектор-бикватернион оказывается построенным не на четырех, а только на трех кватернионных единицах. Более того, изменение времени, соответствующее изменению пространственного положения наблюдаемой частицы также оказывается вектором, но, во-первых, строго перпендикулярным скорости частицы, а во-вторых – и это очень существенно – этот вектор времени располагается в трехмерном пространстве, мнимом по отношению к пространству, в котором производятся наблюдения. Таким образом, кватернионная математика настойчиво подсказывает новый вариант теории относительности со всеми теми же эффектами, что и теория Эйнштейна, но с совершенно иной структурой времени и пространства. Вселенная в новой теории оказывается не четырехмерной, а шестимерной, но при этом состоящей из двух трехмерных миров, каждый из которых является мнимым по отношению к другому. Если в нашем физическом мире измеряется расстояние (длина), то в «параллельном» мнимом мире измеряется геометрическое время.

Здесь может возникнуть недоумение: как всего лишь на трех векторах кватернионной триады возможно разместить все пространственные размерности и определить направление времени, тем более, что вектор последнего должен быть ортогонален пространственным направлениям? На самом деле это понять несложно, если заметить, что здесь речь идет не о координатах, а об изменении координат. Действительно, сами по себе координаты представляют собой набор скалярных величин, значение которых в значительной степени зависит от произвола наблюдателя. Но разность координат являет собой уже не субъективно-произвольную, а объективную величину, именно она в итоге определяет длину минимального отрезка между двумя точками пространства. Понятно, что разность координат определяет вектор перемещения частицы, а отношение этого вектора к соответствующему промежутку времени определяет ее скорость. Итак, в кватернионном варианте теории относительности векторное время должно быть ортогонально пространственной плоскости, в которой лежит вектор скорости наблюдаемой частицы. Какой же второй пространственный вектор, неколлинеарный скорости, образует эту плоскость? Нетрудно догадаться, что таким вектором является ускорение этой частицы, и больше физических векторов не нужно, потому что свободных направлений нет. И это обстоятельство можно трактовать как вариант объяснения того до сих пор загадочного факта, что почти во всех уравнениях математической физики – уравнениях второго порядка в частных производных - ускорение (тела или поля) является «предельным» вектором. Этот факт есть следствие трехмерности физического пространства и ортогональности направления изменения времени измеряемым пространственным величинам.

Исключение из общего правила, как известно, являет собой спинорное поле, уравнения которого содержат производные только первого порядка. Однако на это есть причины, и они также выявляются при изучении кватернионов. Даже если на время абстрагироваться от факта существования параллельного «мнимого» трехмерного пространства, а говорить только о «нашем» физическом трехмерном мире, представление о его «устройстве» приходится уточнить. Дело в том – и это есть следствие свойств кватернионной алгебры, – что наблюдаемые размерности физического пространства можно интерпретировать как всего лишь «грубую структуру» трехмерного мира, то есть ту его «внешнюю» сторону, которая доступна чувственному восприятию человека. Математика подсказывает, что есть еще и «тонкая» структура: векторы кватернионной триады, задающие три направления физического мира, сами по себе оказываются не фундаментальными, а производными величинами. Каждый из таких векторов можно построить из более простых математических объектов, которые располагаются в некоторой двумерной плоскости и обладают свойствами спинорных функций. Упрощенно говоря, каждой размерности пространства – линии – может быть геометрически сопоставлена некоторая элементарная плоскость (поверхность), в которой располагаются наиболее фундаментальные объекты – «половинные векторы» (спиноры). Эта структура действительно оказывается более чувствительной, нежели сама линия размерности. Так, при вращении прямой «вдоль самой себя» (вместе с направляющим вектором) никаких изменений в трехмерном пространстве не происходит. Это отмечено и в знаменитой Механике Л.Д.Ландау и Е.М.Лифшица (М., Наука, 1973) на стр. 129: «говорить о вращении прямой вокруг самой себя, очевидно, не имеет смысла». Однако базовые спинорные функции, из которых этот вектор строится, такое вращение замечают: они изменяются – в своем двумерном пространстве испытывают так называемый фазовый поворот.

Более детальный анализ спинорных пространств показывает, что каждому направлению физического мира можно поставить в соответствие даже не одну, а две элементарные плоскости, притом, вообще говоря, каждая из них является комплексной. И поскольку физический мир трехмерен, то таких комплексных элементарных плоскостей всего насчитывается шесть; они-то и формируют эту чувственно не воспринимаемую «тонкую» структуру пространства. Понятно, что к этому нужно добавить еще шесть элементарных плоскостей, соответствующих трем направлениям мнимого трехмерного мира; при этом спиноры, лежащие в этих плоскостях, для «наблюдателя» из физического мира будут иметь совсем иные свойства, чем «его собственные» спиноры. Именно поэтому, говоря об уравнениях спинорного поля и порядке их производной, следует иметь в виду, что спинорные функции «находятся», так сказать, «не совсем» в том трехмерном пространстве, которое мы привыкли считать абсолютно конечным «вместилищем вещей».

Здесь все же нужно сказать о том, что вышеописанная спинорная структура пространства еще очень мало изучена, и геометрически модельно ее пока трудно представить. Тем не менее, это направление исследований представляется весьма перспективным, поскольку общие свойства кватернионных спиноров тождественны общим свойствам функций состояния, порожденных математикой квантовой механики. Не исключено, что детальное изучение «тонкой структуры» элементарных плоскостей посодействует и более глубокому пониманию физического смысла того, что в квантовой механике называется амплитуды вероятности.

Заключение: модель или реальность?

Временно завершая развитие обсуждаемой темы, осталось задать самим себе ключевой вопрос: является ли математическое описание базовых пространственно-временных объектов представлением лишь некоторой возможной модели или же проникновение в суть математических соотношений есть акт восприятия абсолютной информации о реальном объекте? Если говорить о физике, даже теоретической, то сомнений в модельности ее подходов нет. Известные сегодня законы физики не точны. Полученные как математические обобщения наблюдательных данных эти законы, безусловно, отображают несовершенство человеческого аппарата чувственного восприятия. Но так ли это по отношению к математике? В этом случае автор склонен отнести различные варианты ответов на вопрос о модельности и реальности к проблеме научной веры. Если человек – пусть даже ученый-специалист – верит в антропогенное происхождение математики и считает, что у другого сообщества мыслящих существ может быть радикально иная математика, то для него все вышеизложенное останется примером мыслительной игры, может быть, даже не слишком забавной. Убеждение же в абсолютной объективности математических соотношений легко сопровождается верой в получение из этих соотношений столь же абсолютной информации; тогда можно (и хочется) говорить о реальных явных и скрытых свойствах пространства и времени.

Бытует мнение, что критерием истины является практика. Однако в случае понимания глубинной сущности широчайшего спектра физических объектов и явлений, как хорошо известно, прямой и очевидной практики может не быть. Приходится довольствоваться косвенными методами проверок и доказательств. Точно так же детальный анализ фундаментальных математических объектов представляет возможность выявить закономерности, вполне совпадающие или обобщающие те, что уже известны из научной феноменологии и анализа ее статистики. И такой косвенный метод изучения физики посредством изучения математики, по мнению автора, является одним из наиболее мощных и надежных инструментов для постижения сущности устройства мира.

Макроскопическая природа классического пространства-времени

Ю. С. Владимиров

Физический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова

Предложен путь построения (вывода) классического пространства-времени, исходя из системы более первичных понятий, имеющих место в физике микромира. Этот подход опирается на несколько групп идей: 1) макроскопической (статистической) природы классического пространства-времени, 2) концепции дальнодействия (теории прямого межчастичного взаимодействия Фоккера – Фейнмана), 3) теории бинарных систем комплексных отношений. Охарактеризованы ключевые моменты формирования классического пространства-времени, исходя из понятий новой теории, названной бинарной геометрофизикой.

1 Введение

Идея макроскопической (статистической) природы классического пространства-времени и других сопутствующих понятий общепринятой физики состоит в том, что классические понятия справедливы лишь для достаточно больших (сложных) систем из элементарных частиц – макросистем – и возникают в результате своеобразного наложения (суммирования) огромного количества факторов, присущих микрообъектам. Эта идея возникла, во-первых, из внутренней логики развития представлений о природе классического пространства-времени (о происхождении метрики и его размерности). Во-вторых, эта идея оказалась востребованной в физике в связи с рядом нерешенных проблем в квантовой теории поля и теории элементарных частиц.

Как известно, все теоретические построения физики опираются на априорно заданное классическое пространство-время. Это касается не только квантовой теории поля, но и модной ныне теории суперструн (бран): для задания как понятия поля, так и струны, необходим пространственно-временной фон. Однако все более настойчивыми становятся вопросы типа: доколе это обстоятельство будет сохраняться в физике? Можно ли отказаться от готового классического пространства-времени? Чем физически обусловлено возникновение пространственно-временных отношений? Если отказаться от пространства-времени, то чем более элементарным его можно заменить?

Над этими вопросами задумывались многие физики-теоретики. Так, А. Эйнштейн отмечал, что "введение пространственно-временного континуума может считаться противоестественным, если иметь в виду молекулярную структуру всего происходящего в микромире", однако в то же время полагал, что отказ от пространственно-временного континуума "смахивает на попытку дышать в безвоздушном пространстве"[1, с. 223]. Действительно, вряд ли возможно отказаться от априорного пространственно-временного фона в рамках доминировавшего в XX веке теоретико-полевого подхода (парадигмы) к физике, поскольку «нельзя рубить сук, на котором сидишь». Примерно то же самое можно сказать и о геометрической парадигме, в рамках которой строится как общая теория относительности, так и многомерные геометрические модели типа теорий Калуцы и Клейна.

Решить подобные задачи можно лишь в рамках реляционного подхода, который опирается не на готовый фон, а на числовые отношения между событиями или физическими объектами. Этот подход, соответствующий концепции дальнодействия, развивается еще с XIX века, однако, ввиду успехов теории поля, в XX веке оказался на обочине магистрального пути развития физики. Тем не менее он не был забыт и был представлен, главным образом, в виде теории прямого межчастичного взаимодействия Фоккера – Фейнмана (см. [2, 3, 4]). В последнее время возникли новые возможности для развития этого подхода, благодаря формированию теории бинарных систем комплексных отношений (БСКО) (см. [4]). На ее основе строится своеобразная предгеометрия в виде бинарной геометрофизики.

Только в итоге формирования (вывода) категории пространственно-временных отношений приобретает смысл использование категории полей переносчиков взаимодействий и проявляются свойства категории частиц, описываемые квантовой теорией. Данный подход к физическому мирозданию позволяет под новым углом зрения взглянуть на ряд принципиальных проблем общей теории относительности и квантовой теории, а также на путь совмещения их принципов.

1.1 Идея макроскопической природы пространства-времени

Сегодня трудно сказать, кому принадлежит приоритет выдвижения идеи макроскопической природы классического пространства-времени. Некий намек можно усмотреть уже в известном мемуаре Б. Римана, где он писал: "Эмпирические понятия, на которых основывается установление пространственных метрических отношений, – понятия твердого тела и светового луча, – по-видимому, теряют всякую определенность в бесконечно малом. Поэтому вполне мыслимо, что метрические отношения пространства в бесконечно малом не отвечают геометрическим допущениям; мы действительно должны были бы принять это положение, если бы с его помощью более просто были объяснены наблюдаемые явления. Вопрос о том, справедливы ли допущения геометрии в бесконечно малом, тесно связан с вопросом о внутренней причине возникновения метрических отношений в пространстве. Этот вопрос, конечно, также относится к области учения о пространстве, и при рассмотрении его следует принять во внимание сделанное выше замечание о том, что в случае дискретного многообразия принцип метрических отношений содержится уже в самом понятии этого многообразия, тогда как в случае непрерывного многообразия его следует искать где-то в другом месте. Отсюда следует, что или то реальное, что создает идею пространства, образует дискретное многообразие, или же нужно пытаться объяснить возникновение метрических отношений чем-то внешним – силами связи, действующими на это реальное"[5, с. 32].

Эти мысли Римана следует связать с рядом высказываний известных физиков-теоретиков и математиков XX века. Более определенно о происхождении метрических отношений высказывался Д. ван Данциг: "Можно быть склонным рассматривать метрику, как описывающую некое «нормальное» состояние материи (включая излучение), и дать ей *статистическую* интерпретацию как некоторый вид среднего физических характеристик окружающих событий, вместо того, чтобы класть ее в основу всей физики"[6].

О том же писал Е. Циммерман в своей работе с характерным названием «Макроскопическая природа пространства-времени»: "Пространство и время не являются такими понятиями, которые имеют смысл для отдельных микросистем. (...) Наиболее фундаментальным следствием взаимодействия огромного числа таких микросистем является образование пространственно-временной решетки, которая приводит к справедливости классических понятий пространства и времени, но только в макроскопической области"[7].

Неоднократно высказывался по этому вопросу наш соотечественник, известный геометр П.К. Рашевский, пришедший к данной идее со стороны геометрии. В монографии «Риманова геометрия и тензорный анализ» он писал: "Между тем трудно сомневаться в том, что макроскопические понятия, в том числе и наши пространственно-временные представления, на самом деле уходят своими корнями в микромир. Когда-нибудь они должны быть раскрыты как некоторый статистический итог, вытекающий из закономерностей этого мира – далеко еще не разгаданных – при суммарном наблюдении огромного числа микроявлений"[8, с. 258]. Далее он повторяет эту мысль: "Возможно, что и сам четырехмерный пространственно-временной континуум с его геометрическими свойствами окажется в конечном счете образованием, имеющим статистический характер и возникающим на основе большого числа простейших физических взаимодействий элементарных частиц"[8, с. 658].

В последней трети XX века была предпринята попытка вывести модель классического пространства-времени из физики микромира на основе твисторной программы Р. Пенроуза [9, 10]. В одной из статей Р. Пенроуза с сотрудниками писалось: "В предшествующих работах (Р. Пенроуза – Ю.В.) было показано, что можно ввести понятие евклидова пространства, исходя из предела вероятности взаимодействия большой сети частиц, квазистатически обменивающихся спинами. При таком подходе евклидова структура возникает из комбинаторных правил, которым удовлетворяет полный угловой момент в релятивистской квантовой механике. (...) Мы надеемся, что развитие твисторной теории приведет в конечном счете к построению лоренцевых многообразий, которые будут служить моделями пространства-времени"[10, с. 132]. Однако следует отметить, что твисторный подход пока не привел к ощутимым успехам в данном направлении.

К необходимости вывода классических пространственно-временных отношений из физических закономерностей приходят и приверженцы суперструнного подхода. Так, в известной книге Б. Грина «Элегантная Вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории» [11] один из последних разделов назван «Что есть пространство и время на самом деле, и можем ли мы без них обойтись?». В нем, в частности, сказано: "Мы не должны ограничивать теорию, заставляя ее действовать в уже существующих рамках пространства-времени. Вместо этого, так же, как мы должны позволить нашей художнице работать с чистого листа, мы должны позволить теории струн *создавать* ее собственную пространственно-временную арену, начиная с конфигурации, в которой пространство и время отсутствуют. (...) Нахождение корректного математического аппарата для формулировки теории струн без обращения к изначальным понятиям пространства и времени является одной из наиболее важных задач, с которыми сталкиваются теоретики. Разобравшись в том, как возникают пространство и время, мы смогли бы сделать огромный шаг к ответу на ключевой вопрос, какая геометрическая структура возникает *на самом деле* [11, с. 244].

В наших работах [4, 12] предложен путь к решению этой задачи. В исходных положениях отсутствует априорно заданное классическое пространство-время, нет также полей, – им в принципе не по чему распространяться. По этой причине при построении теории можно было опереться лишь на реляционный подход, т. е. на концепцию дальнодействия, альтернативную концепции близкодействия.

1.2 Соотношение предгеометрии и классической физики (геометрии)

Охарактеризуем с самых общих позиций соотношение предгеометрии с имеющимися физическими теориями.

1. Прежде всего, отметим, что в любой физической теории единый мир расщепляется на три взаимосвязанные части: рассматриваемый объект, субъект, относительно которого рассматривается объект, и весь остальной окружающий мир.

1) Рассматриваемые в теории *объекты* могут быть как отдельными элементарными частицами, так и достаточно сложными макрообъектами. Будем исходить из положения, что наиболее глубокие свойства мироздания проявляются при рассмотрении взаимодействий простейших элементарных частиц.

2) В качестве *субъекта* в физических теориях выступает тело отсчета, на базе которого определяется система отсчета.

3) *Окружающий мир* неявно входит в любую теорию, однако широко распространена иллюзия, что можно от него отвлечься и рассматривать явления локально, учитывая лишь обстановку в непосредственной близости. Идея учета всего окружающего мира обычно ассоциируется с принципом Маха.

2. Разделы физики (теории) принято различать в зависимости от масштаба (сложности) рассматриваемых в них объектов: в классической физике (механике) рассматриваются *макрообъекты*, а в квантовой механике и физике микромира описывается поведение *микрочастиц*. Исходя из этого, все теории можно разделить на два класса – на име-

ющие дело с макрообъектами (обозначим их латинской буквой m) и на описывающие микрообъекты (обозначим их греческой буквой μ). Физическим теориям присвоим коренной символ R, тогда два названных класса теорий можно обозначать символами $R(m)$ и $R(\mu)$.

3. Оба класса теорий существенно отличаются друг от друга, но их роднит общее, – в них чрезвычайно важную роль играет понятие *системы отсчета*. В нерелятивистской механике имеет место принцип относительности Галилея, основу релятивистской механики составляет специальная теория относительности. В общей теории относительности оказалось необходимым развить специальные методы описания систем отсчета. Современная квантовая теория сформулирована в релятивистски инвариантном виде. В ней понятие системы отсчета с необходимостью включает нечто большее. Имеется тесная аналогия между системами отсчета в теории относительности и макроприбором в квантовой механике. В современной квантовой механике и физике микромира всегда подразумевается, что описание микрообъектов производится относительно макроприбора. Даже тогда, когда в квантовой теории описывается взаимодействие микрочастиц друг с другом, всегда подразумевается существование макрообъектов, – микрообъекты описываются терминами отношений микрообъектов к макрообъектам. Подчеркнем это обстоятельство, записав снизу символ макрообъекта m во введенном выше символическом обозначении теории. Тогда классической физике будет соответствовать символ $R_m(m)$, а теориям, описывающим микрочастицы, – символ $R_m(\mu)$.

4. Для построения макроскопической теории классических пространственно-временных отношений необходимо исходить из теории микромира, опирающейся на самостоятельную систему понятий и представлений, в которой не должно присутствовать чуждое микромиру понятие макроприбора. Микрообъекты должны рассматриваются относительно также микрообъектов. Следовательно, в предгеометрии (в бинарной геометрофизике) должен быть микроаналог понятия классической системы отсчета, а сама теория должна обозначаться символом $R_\mu(\mu)$.

5. Для получения из бинарной геометрофизики общепринятой геометрии и физики необходимо учитывать весь окружающий мир. Избрав для обозначения окружающего мира символ M, введем его, – справа сверху, – в символ соответствующей теории R. Тогда квантовая теория может быть обозначена символом $R_m^M(\mu)$, а классическая механика – символом $R_m^M(m)$.

6. Соотношение названных теорий пояснено на блок-схеме рисунка 1. На представленной блок-схеме стрелками обозначены переходы от

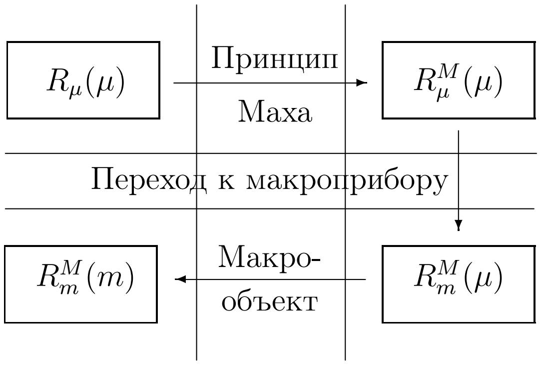


Рис. 1: Блок-схема бинарной геометрофизики

самого элементарного уровня описания физики микромира (в рамках бинарной геометрофизики $R_\mu(\mu)$) к квантовой теории и классической механике. В некотором смысле эти переходы можно трактовать как этапы своеобразного «творения» привычных понятий окружающего мира из более первичных сущностей, которые уже не обладают наглядными свойствами окружающей нас материи.

7. Самое существенное, отличающее классическую физику от физики микромира, состоит в том, что классическая физика и соответствующая ей геометрия имеют дело с огромной совокупностью уже осуществившихся (или мыслимых в будущем) событий и описывает отношения между ними, тогда как физика микромира описывает не отношения между уже свершившимися событиями, а элементарные звенья процессов творения новых событий, которые, в принципе, являются вероятностными. В этом состоит смысл квантовой механики, описывающей вероятностные переходы между состояниями микросистем. В ней оказались оформленными и развитыми те идеи, которые высказывались еще мыслителями древности. Так, Аристотель, размышляя о сути движения тел, писал, что тело не может сразу пребывать в двух состояниях, – в прошлом и в будущем, – должно быть нечто третье – возможность, связывающая эти состояния.

Это обстоятельство призвана отобразить предгеометрия. В ней идея эволюции должна быть заложена уже в самом основании – она должна описывать элементарное звено перехода («миг» перехода) «между прошлым и будущим» мировой системы.

8. Для микросистем можно допустить лишь возможность дискрет-

ных переходов между состояниями. Это проявилось уже в боровской модели атома, где постулировались переходы электронов между атомными уровнями, но ничего не говорилось о промежуточных этапах этих переходов. Впоследствии эта идея нашла свое воплощение в теории S-матрицы.

В основании предгеометрии не должно быть континуума точек (элементов). Уже теория относительности показала, что всякая физическая теория описывает лишь соотношения между событиями, происходящими с материальными объектами, а использование континуума означает добавление к реально осуществившимся событиям непрерывного множества лишних точек (событий). Однако, как писал Р. Фейнман: "Теория, согласно которой пространство непрерывно, мне кажется неверной, потому что она приводит к бесконечно большим величинам и другим трудностям"[13, с. 184].

9. То третье, что связывает между собой состояния микросистем, является отношениями между ними, описываемыми комплексными числами. Об этом свидетельствует квантовая теория. Эти комплексные числа являются прообразами амплитуды вероятности возможных переходов между состояниями. Это также важное обстоятельство, отличающее предгеометрию от классической геометрии и физики.

В процессе построения бинарной геометрофизики самого элементарного уровня $R_\mu(\mu)$ будут названы и другие иллюзии и представления, от которых приходится избавляться.

2 Предгеометрия

Для реализации идеи макроскопической природы классического пространства-времени, т. е. его вывода из неких более элементарных понятий, прежде всего, необходимо развить теорию исходных понятий, опирающуюся на самосогласованную систему представлений и принципов. Ниже излагаются основные идеи такой теории $R_\mu(\mu)$, имеющей смысл предгеометрии. Она строится в рамках реляционного подхода к физике. Как показано ниже, в ней уже на самом элементарном уровне можно усмотреть истоки таких ключевых понятий классического пространства-времени, как размерность, сигнатура, метрика и ряд других.

2.1 Исходные понятия математического аппарата бинарной геометрофизики

Перейдем к математической формулировке предгеометрии, или, в нашей терминологии, бинарной геометрофизики.

1. Бинарная геометрофизика, предназначенная для описания элементарного звена («мига») перехода системы из одного в другое состояние, строится на **двух множествах элементов** $\mathcal{M}$ и $\mathcal{N}$, характеризующих соответственно начальное и конечное состояния системы. Условимся обозначать элементы первого множества $\mathcal{M}$ латинскими буквами, а элементы второго множества $\mathcal{N}$ – греческими буквами.

В развиваемой теории два множества элементов выступают равноправно, что соответствует обратимости прообраза времени на самом элементарном уровне.

2. Реляционное описание элементарного звена процесса означает задание для каждого процесса гигантской **мировой матрицы** (1):

$$M_{world} = \left(\begin{array}{c|cccccccccc} & \mu & \nu & \rho & \cdots & \alpha & \beta & \gamma & \delta & \sigma & \cdots \\ \hline a & u_{a\mu} & u_{a\nu} & u_{a\rho} & \cdots & u_{a\alpha} & u_{a\beta} & u_{a\gamma} & u_{a\delta} & u_{a\sigma} & \cdots \\ b & u_{b\mu} & u_{b\nu} & u_{b\rho} & \cdots & u_{b\alpha} & u_{b\beta} & u_{b\gamma} & u_{b\delta} & u_{b\sigma} & \cdots \\ c & u_{c\mu} & u_{c\nu} & u_{c\rho} & \cdots & u_{c\alpha} & u_{c\beta} & u_{c\gamma} & u_{c\delta} & u_{c\sigma} & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ i & u_{i\mu} & u_{i\nu} & u_{i\rho} & \cdots & u_{i\alpha} & u_{i\beta} & u_{i\gamma} & u_{i\delta} & u_{i\sigma} & \cdots \\ j & u_{j\mu} & u_{j\nu} & u_{j\rho} & \cdots & u_{j\alpha} & u_{j\beta} & u_{j\gamma} & u_{j\delta} & u_{j\sigma} & \cdots \\ k & u_{k\mu} & u_{k\nu} & u_{k\rho} & \cdots & u_{k\alpha} & u_{k\beta} & u_{k\gamma} & u_{k\delta} & u_{k\sigma} & \cdots \\ l & u_{l\mu} & u_{l\nu} & u_{l\rho} & \cdots & u_{l\alpha} & u_{l\beta} & u_{l\gamma} & u_{l\delta} & u_{l\sigma} & \cdots \\ m & u_{m\mu} & u_{m\nu} & u_{m\rho} & \cdots & u_{m\alpha} & u_{m\beta} & u_{m\gamma} & u_{m\delta} & u_{m\sigma} & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \end{array} \right), \quad (1)$$

где $u_{i\alpha}$ – **парные отношения** – комплексные числа, заданные для пар элементов из двух разных множеств.

Очевидно, что работать с такой матрицей чрезвычайно трудно.

3. Анализ известных представлений о физической реальности дает основания принять **постулат, согласно которому, во-первых, бинарная мировая матрица обладает нулевым детерминантом и, во-вторых, имеется выделенное число (порядок) – ранг r, начиная с которого и выше миноры равны нулю**. Поскольку рассматриваются элементы двух множеств, то ранг будем характеризовать двумя числами, соответствующими числам элементов в каждом из двух множеств. В бинарной геометрофизике оба множества являются экви-

валентными, следовательно, будут использоваться лишь симметричные[1] ранги (r, r).

Забегая вперед, укажем, что бинарная геометрофизика строится на основе ранга (6,6), однако в ней рассматриваются и случаи меньших рангов как некие упрощенные или идеализированные варианты.

4. Равенство нулю миноров данного критического порядка r назовем **законом бинарного мира или бинарных систем отношений**. Согласно изложенному, для ранга (r, r) закон записывается в виде равенства нулю определителя, образованного всеми возможными парными отношениями между произвольными r элементами множества $\mathcal{M}$ и произвольными r элементами множества $\mathcal{N}$:

$$\Phi_{(r,r)}(u_{i\alpha}, u_{i\beta}, \ldots) = \begin{vmatrix} u_{i\alpha} & u_{i\beta} & \cdots & u_{i\gamma} \\ u_{k\alpha} & u_{k\beta} & \cdots & u_{k\gamma} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ u_{j\alpha} & u_{j\beta} & \cdots & u_{j\gamma} \end{vmatrix} = 0. \tag{2}$$

Отметим, что этот закон соответствует одному из вариантов диагональных бинарных структур, найденных в работах Ю.И. Кулакова [14] и Г.Г. Михайличенко [15], где показано, что парные отношения $u_{i\alpha}$ представляются в виде:

$$u_{i\alpha} = \sum_{s}^{s=r-1} i^s \alpha^s, \tag{3}$$

где i^s означают $r-1$ параметров элементов первого множества, а α^s – также $r-1$ параметр элементов второго множества.

5. Особо подчеркнем, что закон (2) содержателен лишь при постулировании **фундаментальной симметрии** элементов в каждом из двух множеств, что означает, что этот закон не изменится при полной или частичной замене выделенных наборов из r элементов на любые другие r элементов.

6. Для построения бинарной геометрофизики оказалось необходимым обобщить теорию бинарных физических структур Ю.И. Кулакова с вещественными парными отношениями на случай бинарных систем **комплексных отношений**, когда парные отношения и параметры элементов описываются комплексными числами. Легко убедиться, что в комплексифицированной теории законы и парные отношения имеют тот же самый вид.

[1]В принципе, возможны обобщения теории на несимметричные системы отношений, однако пока такие обобщения не рассматривались.

Следует более подробно остановиться на необходимости использования комплексных парных отношений. В аксиоматике геометрии, как известно, всегда подразумевается блок неявно заданных аксиом арифметики. Именно там заложено понятие вещественных чисел. В частности, вещественные числа тесно связаны с аксиомой Архимеда, позволяющей сравнивать два отрезка, вводить понятия «больше» или «меньше». Квантовая механика и вообще закономерности микромира описываются на основе комплексных чисел, поскольку для комплексных чисел нельзя сказать, какое из них больше или меньше.

В этой связи напомним позицию Р. Пенроуза. При обсуждении оснований физики и своей теории твисторов он говорил о «магии комплексных чисел»: "Особая магия этих чисел проявляется не только в математике, но и сама Природа использует эту магию в устройстве Вселенной на самых глубоких уровнях. Можно задаться вопросом: действительно ли это является особенностью нашего мира, или просто эти числа настолько полезны в математическом отношении, что находят широкое применение в физической теории. Многие физики, я полагаю, склоняются ко второму варианту. Но тогда им придется объяснить, почему оказывается столь универсальной роль этих чисел в квантовой теории, где они лежат в основе фундаментального принципа квантовой суперпозиции и в несколько ином облике в основе уравнений Шредингера, условия положительной частоты и бесконечномерной «комплексной структуры», которая появляется в квантовой теории поля. Таким физикам вещественные числа кажутся «естественными», а комплексные – «таинственными». Однако с чисто математической точки зрения вещественные числа ничуть не «естественнее» комплексных. Учитывая несколько магический математический статус комплексных чисел, вполне можно занять противоположную позицию и считать их более «естественными» (или, если угодно, «данными Богом»), нежели вещественные числа"[16, с. 855].

7. Прообразом классического тела отсчета в бинарной геометрофизике выступает **система эталонных элементов** или, иначе говоря, **элементарный базис БСКО.** Из отношений элементов к набору эталонных элементов определяются *параметры элементов, являющиеся аналогами понятий координат в обычной геометрии.* Чтобы к ним прийти, в законе (2) нужно выделить $r-1$ элементов множества $\mathcal{M}$ и $r-1$ элементов множества $\mathcal{N}$ и считать их *базисными или эталонными.* На рис. 2 эти элементы обозначены буквами m, n, μ, ν. На этот закон

можно смотреть как на соотношение, определяющее парное отношение между двумя неэталонными элементами (пусть ими будут элементы i и α) через их отношения к эталонным элементам. Отношения же между самими эталонными элементами можно считать раз и навсегда заданными. Тогда оказывается, что парное отношение $u_{i\alpha}$ характеризуется $r-1$ параметрами элемента i (его отношениями к $r-1$ эталонным элементам множества $\mathcal{N}$) и аналогичными $r-1$ параметрами элемента α.

Итак, здесь мы видим замену понятия макроприбора m в обозначении квантовой теории $R_m(\mu)$ на его аналог – элементарный базис μ в символе бинарной геометрофизики $R_\mu(\mu)$.

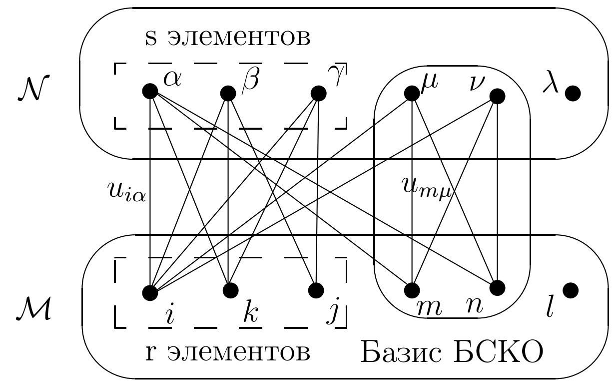


Рис. 2: Бинарная система отношений (структура) ранга (r, s)

8. В бинарной геометрофизике ключевую роль играют миноры максимального порядка в законе БСКО (2), т. е. в общем случае отличные от нуля определители порядка $(r-1)$. Они названы **фундаментальными** $(r-1)\times(r-1)$**-отношениями** и для них принято специальное обозначение в виде двух этажей из символов двух групп элементов первого и второго множеств, заключенных в квадратные скобки. Можно показать, что в БСКО произвольного ранга (r,r) фундаментальные отношения обладают замечательным свойством:

$$\begin{bmatrix} \alpha\,\beta\cdots \\ i\;k\cdots \end{bmatrix} \equiv \begin{vmatrix} u_{i\alpha} & u_{i\beta} & \cdots \\ u_{k\alpha} & u_{k\beta} & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} i^1 & k^1 & \cdots \\ i^2 & k^2 & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \alpha^1 & \beta^1 & \cdots \\ \alpha^2 & \beta^2 & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots \end{vmatrix}, \qquad (4)$$

т. е. записываются через произведения из определителей, составленных из параметров одного сорта. Забегая вперед, отметим, что *специальные комбинации из фундаментальных отношений определяют прообраз действия (лагранжиана) пары взаимодействующих частиц.*

Легко видеть, что элементарный базис характеризуется именно фундаментальным $(r-1)\times(r-1)$-отношением. Как и в классической физике, в бинарной геометрофизике используются привилегированные элементарные базисы, т. е. удовлетворяющие специальным условиям.

9. Можно показать, что *в бинарной геометрофизике переходы от одного элементарного базиса к другому описываются линейными преобразованиями параметров элементов двух множеств*:

$$i'^s = C^s_r i^r; \quad \alpha'^s = \overset{*}{C}{}^s_r \alpha^r, \tag{5}$$

где C^s_r и $\overset{*}{C}{}^s_r$ – коэффициенты, определяющие класс используемых бинарных систем отношений (эталонных элементов). Следует ограничиться случаем, когда элементы двух множеств преобразуются при помощи комплексно сопряженных коэффициентов.

Как и в специальной теории относительности, в бинарной геометрофизике выделяется класс линейных преобразований, соответствующий переходам между привилегированными элементарными базисами. Они характеризуются условиями, что при этих преобразованиях остаются неизменными (инвариантными) каждый из определителей справа в фундаментальном $(r-1)\times(r-1)$ отношении (4). Легко показать, что такие преобразования составляют $2r(r-2)$-параметрическую группу $SL(r-1, C)$.

10. Более подробно остановимся на выборе необходимого ранга БСКО. Естественно ожидать, что главную роль в теории играют БСКО минимальных рангов: $(2,2)$, $(3,3)$, $(4,4)$, ... Поиск необходимого для описания физики ранга осуществлялся методом индукции, то есть последовательно изучались возможности моделей бинарной геометрофизики на основе БСКО, начиная с рангов (2,2) и (3,3) и далее более высоких рангов (4.4), (5,5), (6,6).

С помощью БСКО рангов (2,2) и (3,3) строится идеализированная модель, описывающая свободные (невзаимодействующие) простейшие элементарные частицы – лептоны. Эта модель составляет основу для построения прообраза классического пространства-времени. Для описания взаимодействующих частиц необходимо использовать БСКО более высоких рангов (4,4) или (6,6). При этом оказалось, что БСКО ранга (4,4) представляет собой простейшую модель, позволяющую описать электромагнитные взаимодействий лептонов. Эта модель является прямым аналогом 5-мерной (унарной) геометрической модели типа теории Калуцы.

Для полного описания известных закономерностей физики необходимо использовать БСКО ранга (6,6). На основе БСКО ранга (6,6) оказалось возможным описать как прообраз сильных взаимодействий адронов, так и электрослабые взаимодействия лептонов и адронов в общем виде.

11. Каждый элемент БСКО ранга (6,6) характеризуется $r - 1 = 5$ параметрами. Анализ показал, что для описания физической реальности необходимо произвести $5 = 2 + 3$-расщепление параметров на две части, где первые два параметра (с индексами 1 и 2), названные *внешними*, следует использовать для описания компонент 4-мерного импульса (скорости) частиц, а три оставшиеся (с индексами 3, 4 и 5), названные *внутренними*, должны определять, как и в многомерных геометрических моделях, заряды элементарных частиц. Это разделение соответствует процедурам $n = 4 + 1 + 1 + \cdots$-расщеплению в многомерных геометрических моделях физических взаимодействий.

Названное разделение фактически означает расщепление исходной БСКО ранга (6,6) на две подсистемы: БСКО ранга (3,3) (с двумя параметрами) и БСКО ранга (4,4) (с тремя параметрами). В результате расщепления исходная группа преобразований $SL(5, C)$ в БСКО ранга (6,6) сужается до произведения двух подгрупп: $SL(2, C)$ – для внешних параметров и $SL(3, C)$ (или более узкой группы $SU(3)$) – для внутренних параметров.

2.2 Истоки 4-мерности и сигнатуры классического пространства-времени

Покажем, как на самом элементарном уровне бинарной геометрофизики проявляются истоки ключевых свойств классического пространства-времени. Начнем с указания на то, что понятия БСКО низших рангов фактически уже давно используются в теоретической физике. В частности, *понятие спина элементарных частиц и теория 2-компонентных спиноров, оказывается, возникает в рамках БСКО минимального невырожденного ранга (3,3)*. Поясним это утверждение.

1. Согласно общей теории бинарных систем отношений, закон БСКО ранга (3,3) имеет вид

$$\Phi = \begin{vmatrix} u_{i\alpha} & u_{i\beta} & u_{i\gamma} \\ u_{k\alpha} & u_{k\beta} & u_{k\gamma} \\ u_{j\alpha} & u_{j\beta} & u_{j\gamma} \end{vmatrix} = 0, \qquad (6)$$

где парные отношения

$$u_{i\alpha} = i^1\alpha^1 + i^2\alpha^2 \tag{7}$$

определяются двумя парами комплексных параметров i^1, i^2 (начальное состояние) и α^1, α^2 (конечное состояние).

2. Возьмем фундаментальное 2×2-отношение, которое, согласно (4), представляется в виде

$$\begin{vmatrix} u_{i\alpha} & u_{i\beta} \\ u_{k\alpha} & u_{k\beta} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} i^1 & k^1 \\ i^2 & k^2 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \alpha^1 & \beta^1 \\ \alpha^2 & \beta^2 \end{vmatrix} \equiv \begin{bmatrix} \alpha\beta \\ ik \end{bmatrix}. \tag{8}$$

Ограничимся рассмотрением лишь таких элементарных базисов, которые связаны линейными преобразованиями (5), оставляющими инвариантными (неизменными) каждый из определителей справа в (8), т. е.

$$\begin{vmatrix} i^1 & k^1 \\ i^2 & k^2 \end{vmatrix} = i^1k^2 - i^2k^1 = Inv; \quad \alpha^1\beta^2 - \alpha^2\beta^1 = Inv. \tag{9}$$

Эти выражения можно понимать как антисимметричные метрики в каждом из двух множеств (пространств) БСКО ранга (3,3). Но, если вспомнить определение 2-компонентных спиноров как 2-мерных комплексных векторов, для которых определена инвариантная антисимметричная квадратичная форма (метрика), то станет ясно, что элементы БСКО ранга (3,3) с условием (9) описываются 2-компонентными спинорами.

Обратим внимание на тот факт, что в исходных положениях бинарной геометрофизики определены отношения – прообраз своеобразной метрики – лишь между элементами двух различных множеств $\mathcal{M}$ и $\mathcal{N}$ и не было отношений внутри каждого из множеств. Однако в (9) возникли антисимметричные метрики внутри каждого из множеств, можно сказать, «наведенные» отношениями с элементами противоположного множества. Таким образом, можно утверждать, что теория 2-компонентных спиноров является следствием БСКО ранга (3,3).

3. Коэффициенты линейных преобразований (4), оставляющих инвариантными антисимметричные формы (9), удовлетворяют условию $C_1^1C_2^2 - C_2^1C_1^2 = 1$. Следовательно, на четыре комплексных коэффициента C_r^s наложено два вещественных условия. Эти преобразования, связывающие выделенный класс базисных элементов, образуют (принадлежат) 6-параметрическую группу $SL(2, C)$, соответствующую группе Лоренца.

Преобразования (4), одновременно сохраняющие инвариантными как антисимметричные формы (9), так и парные отношения $u_{i\alpha}$ в (7), образуют 3-параметрическую группу $SU(2)$, соответствующую вращениям в 3-мерном пространстве.

4. Напомним, что в общепринятой теории к спинорам приходят, исходя из плоского 4-мерного пространства-времени с соответствующей ему группой Лоренца, а на основе алгебр Клиффорда над полем вещественных чисел можно определить спиноры в пространствах любой размерности и сигнатуры. Но можно рассуждать и в обратном направлении: если задан вид спиноров, то сразу же можно сказать о размерности и сигнатуре многообразия, в котором определены эти спиноры. Учитывая, что в нашем случае массивные частицы описываются парой 2-компонентных спиноров, приходим к выводу, что таким образом уже заложены основы 4-мерности теории с сигнатурой $(+ - - -)$. Другими словами, можно утверждать, что **размерность (4-мерность) и сигнатура классического пространства-времени обусловлены бинарной системой комплексных отношений минимального невырожденного ранга (3,3)**.

5. В связи с данным выводом сделаем два замечания.

1) В близкой по преследуемым целям твисторной программе Пенроуза 4-мерие и сигнатура пространства-времени автоматически следуют из основного постулата теории – из определения твистора. В бинарной геометрофизике спинорность получается как следствие при рассмотрении упрощенной (идеализированной) модели на основе БСКО ранга (3,3).

2) В известной монографии Ч. Мизнера, К. Торна и Дж. Уилера «Гравитация» ставился "вопрос о том, можно ли построить геометрию с помощью квантового принципа из основных элементов, которые сами по себе не обладают какой-либо определенной размерностью. В центре внимания дискуссии, которая проходила в 1964 г., была «размерность без размерности». Однако основными причинами, заставляющими размышлять о предгеометрии, были и остаются две характерные особенности природы: спин 1/2 и заряд, говорящие сами за себя во весь голос в любой области физики элементарных частиц"[17, с. 474].

В бинарной геометрофизике фактически решается поставленный выше вопрос. **Размерность вводится не как топологическое свойство непрерывного многообразия, а алгебраически – через ранг закона БСКО**, т. е. размерность определяется числами элементов, связанных в законе.

6. Однако от алгебраических понятий БСКО ранга (3,3) до 4-мерного

координатного пространства-времени путь не близкий. Этот вопрос более подробно рассмотрен в [4]. Здесь же отметим, что от БСКО ранга (3,3) можно перейти к унарным системам вещественных отношений, соответствующим общепринятым геометриям, несколькими способами. Переход к прообразу пространственно-временных отношений осуществляется склейкой пар элементов (по одному из каждого множества). Другой способ перехода к унарным системам вещественных отношений основан на сшивке двух пар элементов (по два элемента в каждом из множеств) так, как это изображено на рисунке 3. Он соответствует переходу к унарной геометрии Лобачевского, физически интерпретируемой как пространство скоростей частиц.

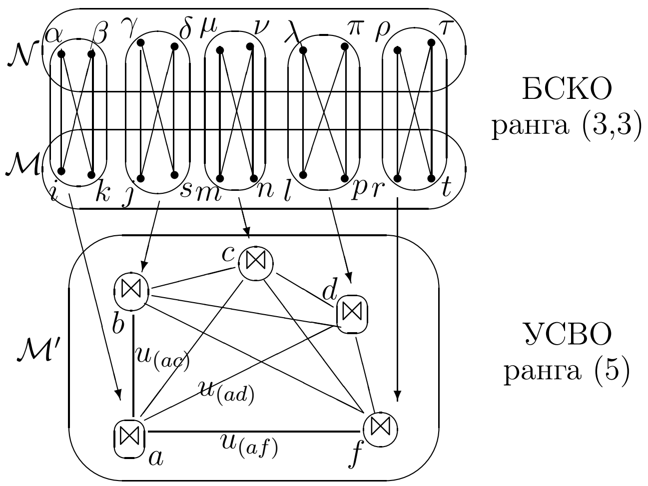


Рис. 3: Переход от БСКО ранга (3,3) к УСВО ранга (5)

В верхней части рисунка изображены четверки сопряженных элементов из двух множеств БСКО ранга (3,3), а в нижней части – сопоставленные с ними элементы одного нового множества $\mathcal{M}'$.

7. Из параметров пар элементов – двух 2-компонентных спиноров – по обычным правилам строятся 4-мерные векторы, физически интерпретируемые как скорости (или импульса) массивных частиц. Так, компоненты 4-скорости частицы, описываемой элементами i и k в начальном состоянии и α и β в конечном состоянии, записываются следующим образом:

$$\begin{aligned} u^0 &= \tfrac{1}{2}(i^1\alpha^1 + i^2\alpha^2 + k^1\beta^1 + k^2\beta^2);\\ u^1 &= \tfrac{1}{2}(i^1\alpha^2 + i^2\alpha^1 + k^1\beta^2 + k^2\beta^1);\\ u^2 &= \tfrac{i}{2}(i^1\alpha^2 - i^2\alpha^1 + k^1\beta^2 - k^2\beta^1);\\ u^3 &= \tfrac{1}{2}(i^1\alpha^1 - i^2\alpha^2 + k^1\beta^1 - k^2\beta^2). \end{aligned} \tag{10}$$

Очевидно, компоненты вектора в (10) являются вещественными, если параметры элементов α и β комплексно сопряжены параметрам элементов i и k. Именно компоненты u^μ физически интерпретируются.

8. Близкие по смыслу проблемы имеются как в общепринятой квантовой теории, так и в общей теории относительности. Напомним, в квантовой теории переход от комплексных волновых функций к наблюдаемым величинам (импульсам, координатам и т. д.) осуществляется с помощью эрмитовых операторов, имеющих вещественные собственные значения. В общей теории относительности переход от тензорных величин, зависящих от произвола в выборе координатной системы, к наблюдаемым величинам производится посредством проецирования на направления используемых систем отсчета. (В ОТО истинно наблюдаемыми являются лишь скаляры.) В случае БСКО ранга (3,3) аналогом указанных процедур является *переход от БСКО к УСВО* путем соответствующей «сшивки» элементов двух множеств в объекты (элементы) одного сорта. Таким образом, в бинарной геометрофизике появляются и УСВО, однако они имеют вторичный характер.

9. В полученной описанным способом УСВО парные отношения между склеенными четверками элементов определяются в виде обычного скалярного произведения двух 4-мерных векторов. Так, пусть один вектор $u^\mu_{(1)}$ определяется элементами i, k, α, β БСКО ранга (3,3), а второй вектор $u^\mu_{(2)}$ определяется элементами j, s, γ, δ, тогда легко показать, что их произведение (парное отношение УСВО ранга (5)) следующим образом записывается через сумму четырех фундаментальных 2×2-отношений исходной БСКО ранга (3,3):

$$u^\mu_{(1)} u_{(2)\mu} = \frac{1}{2}\left(\begin{bmatrix}\alpha\gamma\\ ij\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}\alpha\delta\\ is\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}\beta\gamma\\ kj\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}\beta\delta\\ ks\end{bmatrix}\right). \tag{11}$$

Здесь упомянуты лишь самые существенные положения БСКО ранга (3,3), на основе которой строятся пространственно-временные отношения.

2.3 Фаза как источник возникновения метрики

При построении классических пространственно-временных отношений следует выделить две задачи: получение из комплексных парных отношений вещественных чисел, соответствующих понятию метрики (длины), и обоснование наблюдаемой 4-мерности классического мира.

1. Истоки возникновения 4-мерности уже названы выше. Укажем истоки появления метрики. Для этого вернемся к закону БСКО ранга (3,3). Легко показать, что закон (6) будет по-прежнему выполняться, если произвести следующее преобразование параметров элементов:

$$\begin{array}{lll} i^s \to \tilde{i}^s = C_i i^s; & k^s \to \tilde{k}^s = C_k k^s; & j^s \to \tilde{j}^s = C_j j^s; \\ \alpha^s \to \tilde{\alpha}^s = C_\alpha \alpha^s; & \beta^s \to \tilde{\beta}^s = C_\beta \beta^s; & \gamma^s \to \tilde{\gamma}^s = C_\gamma \gamma^s, \end{array} \tag{12}$$

где $C_i, \cdots, C_\gamma$ – некоторые комплексные числа, сопоставляемые соответствующим элементам, т. е. оба параметра каждого элемента i умножаются на один и тот же конформный фактор C_i.

2. Выражения (12) показывают, что из ранее рассматривавшихся параметров можно выделить множители, которые также следует понимать как характеристики элементов. Более того, оказывается, что эти характеристики являются элементами самостоятельной бинарной системы комплексных отношений минимального ранга (2,2). Действительно, согласно общей формуле (2), теории бинарных систем отношений, закон для ранга (2,2) имеет вид:

$$\Phi_{(2,2)} = \begin{vmatrix} \hat{u}_{i\alpha} & \hat{u}_{i\beta} \\ \hat{u}_{k\alpha} & \hat{u}_{k\beta} \end{vmatrix} = 0, \ \to \quad \hat{u}_{i\alpha}\hat{u}_{k\beta} = \hat{u}_{k\alpha}\hat{u}_{i\beta}, \tag{13}$$

где парное отношение, согласно (3), определяется единственными параметрами каждого из элементов:

$$\hat{u}_{i\alpha} = \hat{i}^1 \hat{\alpha}^1. \tag{14}$$

Эти параметры следует отождествить с конформными факторами $\hat{i}^1 \equiv C_i$ и $\hat{\alpha}^1 \equiv C_\alpha$.

Таким образом, БСКО ранга (2,2) является подсистемой БСКО ранга (3,3).

3. Из общих положений теории БСКО ранга (3,3) можно сделать вывод (см. [4, 12]): параметры элементов подсистемы ранга (2.2) должны быть по модулю равными единице:

$$\hat{i}^1 = \exp(i\varphi_i); \qquad \hat{\alpha}^1 = \exp(i\varphi_\alpha), \tag{15}$$

т. е. они могут отличаться друг от друга лишь фазой.

4. В бинарной геометрофизике *показатель экспоненты параметров БСКО ранга (2,2) интерпретируется как прообраз классического действия S*. Данную интерпретацию можно обосновать следующим образом. Поскольку БСКО ранга (2,2) выделяется из БСКО ранга (3,3), характеризующей 4-скорости частиц u_μ, то естественно связать параметры

этих систем отношений, представив показатель экспоненты в виде

$$\varphi_k = C' u_\mu x^\mu \to CS, \tag{16}$$

где C и C' – константы, а x^μ – некоторые коэффициенты, выступающие как прообраз координат пространства-времени. Вводя в показатель экспоненты еще массу m, переопределяем константу $C' = mcC$, тогда вместо 4-скорости можно писать импульс частицы $p_\mu = mcu_\mu$.

Так как при данной интерпретации в экспоненте оказывается размерная величина (действие S), то необходимо ввести универсальный коэффициент, обратный размерности действия. Из указанной аналогии ясно, что таковым должна быть постоянная Планка $\hbar$ в знаменателе, т. е. $C = 1/\hbar$.

5. Следует подчеркнуть, что введенные в показатель экспоненты (16) параметры x^μ следует рассматривать лишь как прообразы классических координат, поскольку пока они определены неоднозначно, с точностью до изменения всей фазы на 2π, умноженного на целое число

$$\varphi \;\to\; \varphi(n) = 2\pi n + \varphi \quad \to x(n) = n\lambda + \frac{1}{2\pi}\varphi\lambda, \tag{17}$$

где, во-первых, формула записана лишь для одной компоненты и, во-вторых, вместо импульса k (энергии) введена длина волны $\lambda = \hbar/k$. Это означает, что прообразы координат компактифицированы.

Тем не менее уже можно утверждать, что для инвариантности фазы относительно допустимых преобразований компонент 4-скорости необходимо положить, что параметры x^μ также должны быть компонентами 4-вектора.

6. Преобразование (12) можно понимать как разбиение прообразов фермионных волновых функций на частотную и спинорную части, используемое в стандартной квантовой теории поля при описании спинорных частиц.

7. Фазовые вклады, описываемые параметрами БСКО ранга (2,2), ответственны за возникновение классической метрики, т. е. на их основе решается задача физического обоснования (статистического введения) метрики (расстояний) о которой писали Б. Риман, Д. ван Данциг и П.К. Рашевский.

На важность роли фазы в раскрытии сущности геометрии обращал внимание Дж. Уилер, который писал: "Однако Природа умеет «вести учет» различия «фаз». Значит, если Природа сводится к геометрии, «фаза» также должна быть сводима к геометрии. Однако «фаза» не всегда отчетливо отражает чисто геометрический характер исконно единой теории поля. Не впадает ли эта теория в чрезмерную узость, используя исключительно средства *дифференциальной* геометрии – геометрии в непосредственной окрестности точки? Не является ли ее пороком невозможность признания общности между отдаленными точками? Не являются ли обычные геометрические средства непригодными потому, что они, так сказать, вводят слишком много точек и допускают различимость этих точек в качестве постулата, не подлежащего сомнению? Не существует ли какой-либо возможности отбросить подобные неудачные основы и все же сохранить существенные черты глобальной структуры? Не достаточно ли одной точки? Не может ли эта точка повторять свою роль вновь и вновь, подобно тому, как электронный луч в телевизионной трубке, пробегая достаточно быстро, воспроизводит все изображение. Не будет ли взаимная «фаза» двух точек играть более важную роль, если между точками будет иметь место более глубокая внутренняя связь этого типа? Конечно, здесь не идет речь об *изменении* теорий Эйнштейна и Максвелла; мы лишь ищем другую *формулировку* этой теории. *Существование в основных законах классического пространства-времени величины такого типа как относительная «фаза» двух отдельных точек приводит исследователей, ищущих чисто геометрическое описание природы, к заключению, что понятие «фазы» еще не нашло своего наиболее удачного геометрического средства выражения*"(везде курсив Дж. Уилера) [18, с. 61]. Близкую мысль о роли «фазы» он высказывает и в других местах, относя к одной из важных нерешенных проблем физики вопрос: "Могут ли идеи римановой геометрии и геометродинамики быть переформулированы в таком виде, чтобы концепция относительной «фазы» двух удаленных точек приобрела простой смысл?"[18, с. 207].

Предлагаемое здесь построение макроскопической теории классических пространственно-временных отношений в значительной степени является ответом на сформулированные Дж. Уилером вопросы. Они основаны на постановке понятия «фазы» во главу угла, причем не отдельной «фазы», а большой совокупности фазовых вкладов, из наложения которых предлагается выводить как понятие расстояния, так и всю классическую геометрию.

8. В приведенном высказывании Дж. Уилера особо примечательны следующие моменты. Во-первых, в нем выражено сомнение в обосно-

ванности методов дифференциальной геометрии, основанных на «непосредственной окрестности точки». Здесь фактически ставится вопрос о возможности глобального задания фаз между удаленными точками, что означает переход к концепции дальнодействия. Об этом также говорят его слова об использовании в существующей теории «слишком многих точек» пространства и ставится вопрос о «какой-либо возможности отбросить эти неудачные основы». Именно это осуществляется в бинарной геометрофизике, причем в ней используются не безликие точки, а события и частицы, составленные из элементов. Фазы определены лишь для пар частиц (элементов), но не для эфемерных геометрических точек, где нет реальных частиц.

Во-вторых, заслуживает внимание рассуждение Уилера о повторении роли точки вновь и вновь, из чего строится изображение, как в примере с электронно-лучевой трубкой. Это может быть соотнесено с упомянутой выше компактифицированностью прообразов координат x^{μ}, когда на мысленной прямой каждый вклад повторяется вновь и вновь, а становление расстояния происходит из наложения большого числа этих вкладов. Для получения классических координат необходимо осуществить процедуру декомпактификации.

Наконец, позволим себе отметить слова Уилера о том, «что понятие «фазы» еще не нашло своего наиболее удачного геометрического средства выражения». На решение этого вопроса претендует программа бинарной геометрофизики, где фазовые вклады наряду с угловыми образуют мировые матрицы парных отношений.

3 От предгеометрии к классической геометрии

До сих пор рассматривалась одиночная бинарная система комплексных отношений, которая соответствует одному из процессов взаимодействия, что во введенных обозначениях означало теорию вида $R_{\mu}(\mu)$. Однако **в реальном мире мы имеем дело не с одной БСКО ранга (3,3) (а точнее, БСКО более высокого ранга), а с огромной совокупностью БСКО, обусловленных множеством происходящих в мире процессов взаимодействий**. Обсудим основные моменты перехода от предгеометрии к теории классического пространства-времени и к общепринятой физике.

3.1 Пространство-время как следствие событий в окружающем мире

1. Рассмотрим первый этап обобщения бинарной геометрофизики, на котором осуществляется учет всей совокупности событий, что достигается своеобразным суммированием введенных в рамках БСКО ранга (3,3) отношений. Это соответствует переходу к теории вида $R_\mu^M(\mu)$, обозначенному на блок-схеме рисунка 1 верхней стрелкой вправо. Для этого, прежде всего, поясним, что кроется за событиями окружающего мира, обозначаемыми символом M. К ним относятся, во-первых, все элементы окружающего мира, с которыми может произойти взаимодействие в виде столкновения или передачи «излучения» от выделенной частицы в будущем. А во-вторых, – гигантская совокупность событий в прошлом, которые произошли с иными частицами (получение «излучения» от иных частиц). В теории прямого межчастичного взаимодействия Фоккера – Фейнмана – Уилера (см. [2, 3, 4]) первые соответствуют мировому поглотителю (в будущем), а вторые – мировому излучателю (в прошлом). В работах Фейнмана и Уилера теория строилась на фоне готового пространства-времени, поэтому мировые поглотитель и излучатель оказывались на «равной ноге» и возникала проблема выделения роли (абсолютного) поглотителя и игнорирования мирового излучателя. **В бинарной геометрофизике мировой излучатель ответственен за идею классического пространства-времени, тогда как мировой поглотитель ответственен за отсутствие опережающих взаимодействий**.

2. Поскольку бинарная геометрофизика описывает элементарные звенья процессов, то необходимо уточнить, какие процессы следует считать ответственными за происхождение классических пространственно-временных отношений. Естественно полагать, что таковыми являются процессы **электромагнитных взаимодействий** в окружающем мире.

Данное утверждение можно подкрепить рядом аргументов. Во-первых, все основные понятия геометрии (примитивы ее аксиоматики) – это абстракции, взятые от классических объектов, построенных из атомов и молекул на основе именно электромагнитных взаимодействий. Во-вторых, получение любой информации классическим наблюдателем неизбежно сопряжено с изменениями состояний каких-то атомов или молекул, т. е. на общепринятом языке связано с испусканием или поглощением фотонов – переносчиков электромагнитных взаимодействий. В-третьих, электромагнитные взаимодействия являются дальнодействующими в смысле медленного убывания с расстоянием. В подтверждение сформулированной позиции можно привести и другие доводы.

3. В общепринятой теоретико-полевой парадигме электромагнитные взаимодействия представляются в виде процессов излучения и поглощения фотонов. Однако это не означает, что непосредственными носителями пространственно-временных отношений выступают «фотоны». Они только реализуют (превращают в действительность) одну из возможностей, описываемых мировой матрицей конкретной БСКО ранга (3,3). В отсутствие готового пространства-времени процесс взаимодействия содержит в себе нечто большее – генерацию мировой матрицы отношений (1) между источником и всеми другими возможными поглотителями.

Согласно бинарной геометрофизике, в процессе взаимодействия (в момент «излучения») возникает БСКО ранга (3,3) (или, точнее, ранга (4,4) в виде упрощенной модели БСКО ранга (6,6)), в которой собственным базисом (системой эталонных элементов) является излучатель. В этой системе отношений отображаются все возможные поглотители, в том числе и тот, который реально провзаимодействует с источником, т. е. поглотит его «излучение», превратив тем самым возможность в действительность. Как только происходит поглощение «фотона», данная БСКО прекращает свое существование, а вместо нее возникает (или может возникнуть) иная система отношений, где базисом является уже новый излучатель, ранее бывший приемником.

4. На языке общепринятой теоретико-полевой парадигмы во Вселенной имеется гигантское «море фотонов», испущенных, но еще не нашедших своего поглотителя. В данном случае, когда речь идет о формировании пространства-времени, имеются в виду не только фотоны, достигшие какого-то конкретного места, а все фотоны, существующие в мире.

Отношения, устанавливаемые в посредством БСКО, на классическом языке «распространяются с бесконечной скоростью». В связи с этим напомним неоднократно высказывавшиеся соображения о смысле продольной (плюс временной) части электромагнитного поля. Так, в книге Р. Фейнмана «Квантовая электродинамика» излагаются взгляды Э. Ферми на квантовую электродинамику: "Предположим, что все атомы Вселенной помещены в некотором кубе. Классически такой куб можно рассматривать как обладающий собственными колебаниями, описываемыми с помощью распределения гармонических осцилляторов, взаимодействующих с веществом. Переход к квантовой электродинамике заключается в простом предположении, что эти осцилляторы являются не классическими, а квантовыми. (...) Взаимодействие фотонов с веществом приводит к изменению числа фотонов n на ± 1 (излучение или поглощение). Поле в кубе можно представить в виде плоских стоячих волн, сферических волн или плоских бегущих волн e^{ikx}. Можно сказать, что полное поле в кубе состоит из кулоновского поля, ответственного за *мгновенное* взаимодействие зарядов по закону e^2/r_{ij}, и поля, связанного с *поперечными волнами*"[19, с. 11-12].

В работах Р. Фейнмана многократно обращается внимание на то, что действие для электромагнитного поля делится на две части, которым дается следующая интерпретация: "Одна из них описывает вклад, обусловленный мгновенным кулоновским взаимодействием; оставшуюся часть назовем действием S_{field}, которое соответствует полю излучения (учет излучения обеспечивает все поправки к мгновенному полю, например поправки, связанные с запаздыванием суммарного воздействия электромагнитного поля и поправки на скорость распространения этого взаимодействия, которое не превышает скорости света)"[20, с. 262]).

В этих и ряде других высказываниях наиболее примечательными являются слова о «мгновенности» кулоновского взаимодействия, что созвучно идее о матрице отношений, порожденной электромагнитным излучением. Эта матрица отношений характеризует *возможность* того или иного исхода процесса, тогда как поперечная часть определяет *действительность*, т. е. окончательный результат процесса электромагнитного взаимодействия.

Здесь следует обратить внимание на дефект представления о мгновенности распространения продольной части именно как кулоновского потенциала e^2/r_{ij}. Это предполагает, что отдельный «испущенный фотон» уже несет в себе классическое представление о расстоянии, например, между излучателем i и всеми возможными приемниками j. Но в процессе его «распространения» (в классическом смысле) эти расстояния в общем случае изменяются. Как может оставаться это неизменное значение потенциала? В бинарной геометрофизике этот дефект устраняется благодаря тому, что речь идет о матрице не вещественных, а комплексных, точнее, компактифицированных парных отношений.

5. От каждой БСКО ранга (3,3) можно перейти к двум видам векторов: к неизотропным векторам (скорости), описываемым геометрией Лобачевского, и к изотропным векторам k^μ, сопоставляемым с поглотителем. Разумеется, это не означает, что поглотитель при этом становится

светоподобным (или превращается в нейтрино).

В теоретико-полевой парадигме изотропный вектор k^μ принято приписывать фотону, т. е. электромагнитному излучению, испущенному излучателем и поглощенному другой частицей (приемником). Но в теории прямого межчастичного взаимодействия нет полей переносчиков взаимодействий. Следовательно, **изотропный вектор k^μ принадлежит не фотону, а характеризует вторую частицу (приемник излучения) в ее пространственно-временных отношениях с излучателем** и с окружающим миром.

Примечательно, что уже в теории прямого межчастичного взаимодействия Фоккера – Фейнмана было провозглашено, что никакая частица не излучает в пустоту, – всякий процесс излучения может иметь место лишь тогда, когда имеется поглотитель излучения.

6. Существование пространственно-временных отношений тесно связано с тем, что имеется понятие, которое на обыденном языке интерпретируется как «промежуток времени» между излучением и поглощением сигнала. Другими словами, **пространственно-временные отношения обусловлены немгновенностью распространения (световых) сигналов между взаимодействующими объектами**.

Можно утверждать и обратное: смысл и назначение отношений, характеризуемых БСКО ранга (3,3), в частности, состоит в задании расстояний между парами частиц, которые, в свою очередь, определяют «промежутки времени» существования возможных БСКО при (электромагнитном) взаимодействии между соответствующими парами частиц. На языке классической теории это соответствует закономерностям, положенным в основу хроногеометрии, т. е. сигнатуре $(+ - --)$ классического пространства-времени.

7. Происхождение классических пространственно-временных отношений из наложения элементарных отношений БСКО, порожденных процессами в окружающем мире, являются **проявлением принципа Маха**.

Согласно данному подходу, принцип причинности и наличие изотропного конуса не являются первичными понятиями физики, а имеют макроскопическую природу, т. е. выступают следствием суммирования вкладов из отношений от процессов во всем окружающем мире. В связи с этим уместно напомнить высказывание Э. Маха: "Особое упоминание о пространстве и времени в выражении закона причинности не нужно, ибо все отношения пространства и времени снова сводятся ко взаимной зависимости между явлениями"[21, с. 428].

3.2 Процедура декомпактификации фазовых вкладов

1. В теоретико-полевом миропонимании частицы описываются волновыми пакетами, распределенным в некоторой области пространства. Сами пакеты трактуются в виде дискретного или сплошного спектра гармонических волн, различающихся длинами волн λ_s. Каждая из волн (гармоник) распределена сразу во всем пространстве. Если частицу характеризовать одной гармоникой, то она окажется пребывающей во всем пространстве равновероятно. Для локализации частицы необходимо рассмотрение именно пакета волн. Ее положение определяется той областью готового пространства-времени, где квадрат суммарной амплитуды вероятности оказывается значительным. В классическом пределе положению частицы в окрестности какой-то точки соответствует дельта-функция как особое сложение волн, где отличный от нуля результат имеет место лишь в данной точке (в ничтожно малой ее окрестности), а во всех иных точках эта функция равна нулю.

Можно считать, что волновой пакет характеризует положение частицы относительно какого-то иного объекта, обычно выбираемого классическим, тогда речь идет о парном отношении (расстоянии) между двумя объектами, описываемом пакетом гармонических волн. Очевидно, что как само разложение волновых функций по гармоникам, так и всякое конкретное описание волнового пакета опирается на готовое пространство-время.

2. *В бинарной геометрофизике ставится обратная задача. Полагается, что априорно заданного классического пространства-времени нет, однако имеются наборы фазовых вкладов в парные отношения между любыми парами объектов (элементов). Задача состоит в том, чтобы показать как из огромной совокупности отдельных фазовых вкладов получить вещественные парные отношения, соответствующие классическим пространственно-временным отношениям.*

Для решения данной задачи следует опереться, во-первых, на уже изложенные положения в рамках теории отдельных БСКО ранга (3.3), во-вторых, учесть наличие огромной совокупности БСКО, обусловленных событиями в окружающем мире, и, в-третьих, сделать следующий шаг в развитии бинарной геометрофизики – перейти к достаточно сложным базисам, т. е. сделать переход $R^M_\mu(\mu) \rightarrow R^M_m(\mu)$, изображенный на блок-схеме рисунка 1 стрелкой вниз.

3. Из ранее изложенных положений в рамках отдельных систем отношений (теории $R_\mu(\mu)$) следует иметь в виду следующее:

1) получение из БСКО ранга (3,3) двух типов отношений: а) характеризуемых импульсами p_μ (или k_μ для «излучения») и б) единичных по модулю скалярных парных отношений, соответствующих подсистеме ранга (2,2) с фазовыми параметрами;

2) представление фазовых параметров (16) в виде произведения импульса (энергии) k на коэффициент x (будем рассуждать на примере одного измерения);

3) факт неоднозначности в определении коэффициента x, отображенный формулой (17).

4. При рассмотрении огромной совокупности БСКО (т. е. теории вида $R_\mu^M(\mu)$) следует учесть, что относительно любого из используемого класса элементарных базисов μ каждая из элементарных БСКО видится в одном или нескольких значениях $k_{(n)}$. Это может означать использование не всех, а каких-то избранных элементарных базисов, для которых выполняется данное условие.

В соответствии с одним или несколькими значениями энергий $k_{(n)}$ совокупность всех элементарных БСКО распределяется на одну или несколько систем распределений по главным значениям фазы. Если учесть неоднозначность в определении x и развернуть распределение внутри главного значения фазы вдоль угловой оси $\varphi + 2\pi n$, то данное распределение будет повторяться вдоль всей бесконечной оси. Переходя к размерным единицам, значениям $k_{(n)}$ можно поставить в соответствие длину волны $\lambda_{(n)} = h/k_{(n)}$. Тогда угловая ось превратится в ось длин. Очевидно, что в случае одного или небольшого числа распределений невозможно говорить о каком-то выделенном значении отношения (длине) между двумя частицами.

5. Для решения поставленной задачи необходимо сделать следующий шаг – совершить переход $R_\mu^M(\mu) \ \rightarrow \ R_m^M(\mu)$, т. е. перейти от отдельных элементарных базисов μ к неким образом организованной достаточно сложной совокупности элементарных базисов m. В этом случае получаем огромную совокупность распределений, указанных в предыдущем пункте.

Далее необходимо использовать, во-первых, факт упорядоченности значений энергий k и, во-вторых, квантовомеханический принцип суперпозиции. Последний означает, что наложение различных вкладов от элементарных БСКО осуществляется в виде суммирования гигантской суммы из комплексных величин, по модулю равных единице. В качестве аргумента таких величин следует брать линейную ось, построенную на основе формальной развертки по любой из возможных длин волн.

В итоге для любого парного отношения между элементами i и k получается некоторая функция $\Phi_{ik}(x)$. Значение длины между этими элементами находится по принципам квантовой механики как ожидаемое значение

$$l_{ik} = C\int \Phi^*(x)x\Phi(x)dx. \tag{18}$$

6. Данную задачу можно обобщить на случай перехода частицы между двумя состояниями. Тогда изложенные выше соображения позволяют описать обратный ход от используемого в квантовой теории перехода от классической физики к квантовой. Приведем наиболее близкую к развиваемой здесь программе формулировку. Как писал Дж. Уилер: "Прямой путь перехода от классической теории к квантовой дает формулировка Фейнмана. Выражение

$$< C_2\sigma_2|C_1\sigma_1 >= \sum_H \exp\left(\frac{iS_H}{\hbar}\right) \tag{19}$$

представляет собой ключ, необходимый для оценки всех имеющих физический смысл величин: амплитуды вероятности перехода от некоторой конфигурации C_1 на пространственно-подобной гиперповерхности σ_1 к C_2 на σ_2. Здесь H символизирует любую историю изменения системы между σ_1 и σ_2, обладающую в качестве граничных значений конфигурациями C_1 и C_2. Величина S_H является классическим действием, связанным с этой историей. Символ $\sum_H$ обозначает суммирование с одинаковыми весами по всем историям, как допустимым, так и недопустимым с классической точки зрения, при такой нормировке, чтобы функция распространения была унитарной"[18, с. 335].

При переходе от бинарной геометрофизики к классической физике решается задача, соответствующая записанной формуле, если несколько изменить смысл входящих в нее величин. Левую часть будем понимать в духе бинарной геометрофизики как амплитуду перехода между двумя состояниями достаточно сложной системы (на двух множествах $\mathcal{M}$ и $\mathcal{N}$ БСКО), а в правой части предлагается трактовать суммирование не по классическим траекториям в готовом пространстве-времени, а по вкладам всех квазифотонов в парные отношения между частями сложной системы. При этом классическое действие S_H понимается в преобразованном (динамическом) виде, соответствующем введению эволюции во времени. Последнее означает, что речь идет не об установившемся в неком процессе пространственном отношении, а о мыслимом его изменении из-за введения координаты времени.

7. Определение интервалов или расстояний между событиями еще не означает, что эти интервалы соответствуют 4-мерному пространству-времени Минковского (или близки к отношениям в нем). Завершающий шаг на пути к классическим пространственно-временным отношениям состоит в доказательстве того, что введенные отношения (интервалы) между событиями удовлетворяют (в каком-то приближении) закону унарной системы вещественных отношений (УСВО) ранга (6,а). Это не простая задача. При ее решении исходным является базовое 6×6-отношение, которое теперь должно записываться не для 6 элементов, составляющих две взаимодействующие частицы, а для элементов, соответствующих 6 различным (классическим) частицам.

При переходе к классической теории нельзя забывать, что классическое время, как параметр эволюции, это не что иное как отношение какого-то числа событий к неким эталонным событиям. Очевидно, что отдельные элементарные частицы, составляющие элементарный базис, не обладают свойством памяти, т. е. возможностью фиксации многих событий и их сравнения. Этим свойством обладает лишь достаточно сложный макроприбор.

3.3 Реляционная интерпретация квантовой механики

В стандартном изложении квантовая механика не претендует на обоснование свойств пространства-времени. Поля микрочастиц и переносчиков взаимодействий вкладываются в априорно заданное пространство-время, причем понятие поля бессмысленно в отсутствие пространственно-временного фона, на котором оно определяется. В реляционном же подходе нет подобного фона, и **предлагается выводить пространственно-временные отношения из более первичных комплексных отношений, причем параллельно с формированием квантовомеханических закономерностей**. Другими словами, реляционная интерпретация квантовой механики тесно связана с теорией пространства-времени (с геометрией).

В рамках бинарной геометрофизики фактически предлагается решение проблемы, которую сформулировал еще Луи де Бройль на заре становления квантовой механики: Понятия пространства и времени взяты из нашего повседневного опыта и справедливы лишь для явлений большого масштаба. Нужно было бы заменить их другими понятиями, играющими фундаментальную роль в микропроцессах, которые бы асимптотически переходили при переходе от элементарных процессов к наблюдаемым явлениям обычного масштаба в привычные понятия пространства и времени. Стоит ли говорить, что это очень трудная задача? Было бы удивительно, если бы оказалось возможным когда-нибудь исключить из физической теории понятия, представляющие самую основу нашей повседневной жизни. Правда, история науки показывает удивительную плодотворность человеческой мысли и не стоит терять надежды. Однако пока мы не добились успеха в распространении наших представлений в указанном направлении, мы должны с большими или меньшими трудностями втиснуть микроскопические явления в рамки понятий пространства и времени, хотя нас все время будет беспокоить чувство, что мы пытаемся втиснуть алмаз в оправу, которая ему не подходит"[22, с. 187]. Прошедшие с тех пор годы свидетельствуют о том, что это чувство беспокоило не только де Бройля, но и многих других физиков XX века. Современная формулировка квантовой теории представляет собой довольно изощренный способ «втискивания алмаза» физики микромира в классическую пространственно-временную оправу.

Напомним, что уже в копенгагенской интерпретации квантовой механики утверждается о невозможности классического описания микрочастиц на фоне готового пространства-времени и фактически предлагается смириться с этим и довольствоваться специфическими «правилами игры». В ней основным понятием (примитивом теории) предлагается считать волновую функцию микросистем, которая по-существу является неким «черным ящиком», из которого по установленным правилам извлекают необходимую информацию. Такой подход неизбежен, если исходить из *априорно заданного* классического пространства-времени.

В реляционном подходе квантовомеханические закономерности проявляются как наложение свойств первичных бинарных систем комплексных отношений на промежуточном этапе вывода из них классических пространственно-временных отношений (между макрообъектами).

Реляционный подход позволяет обосновать использование ряда понятий и принципов квантовой теории, которые вызывают естественные вопросы у всякого, приступающего к изучению квантовой механики.

1. Прежде всего, к ним следует отнести введение в квантовой механике понятия комплексной амплитуды вероятности, из которой опреде-

ляется в виде квадратичной комбинации классическая плотность вероятности. Некоторые не могут смириться с этим обстоятельством и пытаются переформулировать квантовую теорию непосредственно на основе понятия плотности вероятности.

В реляционном подходе на основе бинарных систем комплексных отношений ответ на этот вопрос содержится в необходимости перехода от исходных БСКО к унарной геометрии (к унарным системам вещественных отношений) и к другим понятиям классической физики, который осуществляется посредством определения вещественных унарных отношений через квадратичные комбинации из комплексных бинарных отношений.

Подчеркнем, что главной чертой квантовой механики, как в общепринятой копенгагенской интерпретации, так и в реляционной, является ее вероятностный характер. Именно это свойство заложено в основу теории бинарных систем отношений, где два множества элементов определяют состояния систем (микросистем) в начале и в конце элементарного звена процесса, а парные отношения характеризуют амплитуду вероятности возможных переходов (реализации процесса).

2. Еще одним обстоятельством в квантовой теории является наличие векторов в двух пространствах, что в аксиоматике квантовой механики Дирака [23] отражено двумя типами векторов: со-векторов <бра| и векторов |кет>. Скалярные произведения в квантовой теории строятся из совокупности векторов двух типов, например $< B|A >$. Как пишет Дирак: "Из данных здесь определений видно, что со-векторы имеют совсем иную природу чем векторы, и до сих пор между ними не было никакой связи за исключением возможности образования скалярного произведения для любого вектора и со-вектора"[23, с. 38]. В бинарной геометрофизике векторы и со-векторы соответствуют двум множествам элементов, на которых строится теория бинарных систем комплексных отношений. Их скалярные произведения определяют парные отношения между элементами двух множеств. Для свободных частиц со-вектор находится во взаимно однозначном соответствии с вектором, т. е. является комплексно сопряженным вектору.

3. Еще один важный вопрос, возникающий при освоении квантовой теории, связан со спинорностью частиц. Справедливо считается, что спин является сугубо квантовым понятием. Однако нередко возникает вопрос: почему основные виды элементарных частиц описываются именно спинорными волновыми функциями? Если исходить из классических

представлений, казалось бы, ничто не мешает частицам быть скалярными или векторными. В общепринятом подходе наиболее убедительный ответ на этот вопрос состоит в том, что из спинорных величин можно построить скалярные и векторные величины, а наоборот нельзя, т. е. спинор представляется самым простым объектом.

В бинарной геометрофизике *спинорность частиц получает строгое логическое обоснование*: элементы ключевой БСКО ранга (3,3) описываются 2-компонентными спинорами. В теории, опирающейся на БСКО более высокого ранга, 2-компонентные спиноры характеризуют внешние свойства элементарных частиц.

Из общепринятого подхода к спинорам на основе алгебр Клиффорда над полем вещественных чисел делается вывод, что характер спиноров (вещественность, комплексность или кватернионность, число компонент и т. д.) определяется пространством, в котором они вводятся. В бинарной геометрофизике предлагается обратный ход: из вида первичных спиноров определяются свойства соответствующего им пространственно-временного многообразия. В понятии 2-компонентных спиноров содержится прообраз (причина) как размерности, так и сигнатуры классического пространства-времени.

4. Важным свойством микрочастиц в квантовой теории является их волновой характер. В реляционной интерпретации квантовой механики **истоком волновых свойств является цикличность (компактифицированность) первичных отношений**, описываемая БСКО ранга (2,2). Напомним, при переходе от БСКО ранга (3,3) к унарной геометрии классические расстояния предлагалось получать из конформных факторов, являющихся элементами БСКО ранга (2,2). В бинарной геометрофизике показывается, что комплексный конформный фактор должен иметь модуль, равный единице, что и означает циклический характер ($\sim \exp(i\varphi) = (i/\hbar)(\vec{p}\vec{x})$) ключевых понятий теории микромира.

5. Но цикличность отношений еще не означает волновых свойств. **Волновой характер поведения частицы возникает лишь в результате дополнительного постулата, чуждого реляционному подходу к микромиру, о распространении частицы в готовом пространстве-времени**, что достигается введением *текущей* времени-подобной координаты x^0 и превращением фазового вклада в классическое действие ($\varphi \to iS/\hbar$). Поскольку классическое действие определяется вдоль одной времени-подобной мировой линии частицы, а отношения задаются между исходным состоянием (положением) частицы и

всеми другими окружающими частицами, то не остается ничего иного, как дополнить постулат распространения возможностью эволюции вдоль множества траекторий, всеми возможными способами как бы соединяющими исходное состояние частицы со всеми другими.

6. В в рамках бинарной геометрофизики (реляционного подхода) обосновывается вид общепринятых лагранжианов для взаимодействующих микрочастиц, причем это делается на основании специфических свойств теории систем отношений. Прообраз действия частиц, оказывается, представляет собой своеобразный объем бинарной геометрии.

4 Выводы и замечания

В заключение хотелось бы подчеркнуть ряд моментов развиваемой здесь программы.

1. Изложенный здесь макроскопический подход к природе классического пространства-времени не противоречит следствиям уже существующей теории. Напротив, его отличает направленность на построение реляционной интерпретации имеющейся теории, которая позволила бы на новой основе преодолеть ряд трудностей современной теоретической физики.

2. В этой работе не затрагивался широкий комплекс результатов по описанию и объединению гравитационных, электрослабых и сильных взаимодействий в рамках реляционного подхода к физике. С ними можно ознакомиться в работах [4, 12].

3. Бинарная геометрофизика и макроскопический подход к природе классического пространства-времени представляет собой альтернативу суперструнному (супермембранному) направлению исследований (см., например, [11]), столь модному в теоретической физике конца XX века.

4. *Макроскопический подход к природе классического пространства-времени несовместим с представлением о вакууме как о реально существующей субстанции* независимо от того, вносится ли он в уже постулированное пространство-время, как это предполагается большинством исследователей, или этот «бурлящий» вакуум в микромасштабах создает флуктуации метрики (самого пространства-времени), как это утверждалось в геометродинамике Уилера [18]. Согласно изложенному здесь подходу, все, что принято ныне ассоциировать с флуктуациями вакуума, следует трактовать через вклады на рассматриваемые микропроцессы со стороны явлений (процессов) окружающего мира. На наш

взгляд, такой подход более содержателен и обладает значительно большими перспективами, поскольку заменяет идеализированные (надуманные) представления о самостоятельности локальных свойств систем на их обусловленность реальными процессами в окружающем мире в соответствии с принципом Маха.

5. Изложенный здесь материал не претендует на законченную теорию. Скорее, это изложение оснований реляционной теории, альтернативной общепринятым теориям, разрабатываемых в рамках теоретико-полевого подхода. Автор отдает себе отчет в сложности проблем, с которыми неизбежно столкнутся исследователи, однако надеется на их успешное преодоление.

6. Реляционное миропонимание открывает широкие перспективы для новых исследований. Сразу же становится ясным, что за тем, что нами воспринималось как априорно заданное пространство-время, кроется гигантский массив вкладов от процессов окружающего мира, из которого мы извлекаем лишь усредненные понятия в виде расстояний (плоской или искривленной метрики) и физических полей. Можно ожидать, что из конгломерата отношений можно будет выделить более тонкие взаимосвязи между объектами (материальными структурами) и явлениями. Не исключено, что ряд загадочных явлений из области биологии, сознания или психики человека представляет собой проявления подобных взаимосвязей между достаточно сложными биологическими объектами.

Список литературы

[1] *Эйнштейн А.* Физика и реальность //Собрание научных трудов. Т. 4. М.: Наука, 1967, с. 200-227.

[2] *Уилер Дж., Фейнман Р.* (Wheeler J.A., Feynman R.P.) Interaction with the absorber as the mechanism of radiation //Rev. Mod. Phys., 1945, vol 17, p. 157-181.

[3] *Владимиров Ю.С., Турыгин А.Ю.* Теория прямого межчастичного взаимодействия. М.: Энергоатомиздат, 1986.

[4] *Владимиров Ю.С.* Основания физики. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.

[5] *Риман Б.* О гипотезах, лежащих в основании геометрии //Сб. «Альберт Эйнштейн и теория гравитации». М.: Мир, 1979, с. 18-33.

[6] *Данциг ван Д.* (Dantzig van D.) On the relation between geometry and physics and concept of space-time //Funfzig Jahre Relativitatstheorie. Konferenz Bern, Basel. 1955. Bd. 1, S. 569.

[7] *Циммерман Е.* (Zimmerman E.J.) The macroscopic nature of space-time //Amer. Journ. of Phys., 1962, v. 30, p. 97-105.

[8] *Рашевский П.К.* Риманова геометрия и тензорный анализ. М.: Наука, 1967.

[9] *Пенроуз Р.* Структура пространства-времени. М.: Мир, 1972.

[10] *Пенроуз Р., Мак-Каллум, М.А.Х.* Теория твисторов: подход к квантованию полей и пространства-времени // Сб. «Твисторы и калибровочные поля». М.: Мир, 1983.

[11] *Грин Б.* Элегантная Вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории. М.: Едиториал УРСС, 2004.

[12] *Владимиров Ю.С.* Метафизика. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2002.

[13] *Фейнман Р.* Разработка квантовой электродинамики в пространственно-временном аспекте (Нобелевская лекция) //Сб. «Характер физических законов». М.: Мир, 1968, с. 193-231.

[14] *Кулаков Ю.И.* Теория физических структур. М.: 2004.

[15] *Михайличенко Г.Г.* Математический аппарат теории физических структур. Горно-Алтайск: Изд-во Горно-Алтайского ун-та, 1997.

[16] *Пенроуз Р.* Путь к реальности или законы, управляющие Вселенной. М.– Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2007.

[17] *Мизнер Ч., Торн К., Уилер Дж.* Гравитация. Т. 3. М.: Мир, 1977.

[18] *Уилер Дж.* Гравитация, нейтрино и Вселенная. М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1962.

[19] *Фейнман Р.* Квантовая электродинамика. М.: Мир, 1964.

[20] *Фейнман Р., Хиббс А.* Квантовая механика и интегралы по траекториям. М.: Мир, 1968.

[21] *Мах Э.* Механика. Историко-критический очерк ее развития. Ижевск: Ижевск. республ. типогр., 2000.

[22] *Бройль Л. де* Революция в физике. М.: Госатомиздат, 1963.

[23] *Дирак П.А.М.* Принципы квантовой механики. М.: Физматгиз, 1960.

Реляционный анализ уравнения Дирака

А. В. Соловьев

Физический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова

В рамках реляционного подхода к описанию геометрии пространства-времени и физических взаимодействий элементарных частиц (бинарной геометрофизики) осуществлен анализ уравнения Дирака для свободного фермиона в импульсном представлении. При этом особое внимание уделено физическим допущениям, лежащим в основе уравнения Дирака. Построена биспинорная волновая функция фермиона в состоянии с положительной энергией и произвольным распределением импульсов.

1. Введение

Одной из главных задач *бинарной геометрофизики* [1] является вывод классических пространственно-временных отношений из некоторой системы более первичных понятий и закономерностей, проявляющихся в физике микромира. Близкие по духу идеи, известные как макроскопическая (статистическая) интерпретация пространства-времени, высказывались в работах А. Эйнштейна, А. Эддингтона, Л. де Бройля, Е. Циммермана, Д. ван Данцига и ряда других физиков. В частности, твисторная программа Р. Пенроуза [2] также нацелена на решение этой задачи.

Предлагаемая статья непосредственно примыкает к работе [3] и имеет своей целью обсудить не только формально-математические, но и физические предположения о релятивистской частице со спином $1/2$, которые приводят к уравнению Дирака в импульсном представлении. Соответствующие рассуждения базируются на теории *бинарной системы комплексных отношений* (БСКО) ранга $(3,3)$, развитой Ю.С. Владимировым [4]. Поэтому в следующем разделе, фактически, воспроизводящем аналогичный раздел статьи [3], излагаются основные элементы этой теории.

Раздел 3 статьи посвящен собственно уравнению Дирака для свободного массивного фермиона в импульсном пространстве. Здесь строится волновая функция такого фермиона в состоянии с положительной энергией и произвольным распределением импульсов. Уравнение Дирака возникает как $\mathrm{SL}(2,\mathbf{C})$- и P-ковариантная связь, налагаемая на компоненты биспинора и обеспечивающая уменьшение числа независимых компонент с четырех до двух.

В заключении подводятся итоги статьи и обсуждаются возможные обобщения развитого формализма на случай взаимодействующих фермионов.

2. БСКО ранга $(3,3)$ и группа Лоренца

Рассмотрим БСКО ранга $(3,3)$, заданную на множествах $\mathcal{M} = \{i, k, j, \ldots\}$ и $\mathcal{N} = \{\alpha, \beta, \gamma, \ldots\}$ элементов произвольной природы. Ее закон имеет вид

$$\begin{vmatrix} u_{i\alpha} & u_{i\beta} & u_{i\gamma} \\ u_{k\alpha} & u_{k\beta} & u_{k\gamma} \\ u_{j\alpha} & u_{j\beta} & u_{j\gamma} \end{vmatrix} = 0, \tag{1}$$

где выражение для пáрного отношения, например, между элементами $i \in \mathcal{M}$ и $\alpha \in \mathcal{N}$ записывается следующим образом:

$$u_{i\alpha} = i^1\alpha^1 + i^2\alpha^2. \tag{2}$$

Здесь параметры i^1, i^2 и α^1, α^2 — комплексные числа, однозначно характеризующие элементы i и α соответственно. Допуская, что упорядоченные пáры параметров элементов могут принимать *любые* значения из $\mathbf{C}^2$ и, вводя в последнем стандартные операции сложения и умножения на число, наделим $\mathcal{M}$ и $\mathcal{N}$ структурой 2-мерных линейных пространств над полем $\mathbf{C}$.

Нетрудно видеть, что закон (1) допускает произвольные линейные преобразования

$$i'^r = C^r_s i^s, \quad \alpha'^r = \widetilde{C}^r_s \alpha^s, \tag{3}$$

где $C^r_s, \widetilde{C}^r_s \in \mathbf{C}$, $r, s = 1, 2$, а по повторяющемуся индексу s, как обычно, производится суммирование. Действительно, в силу элементарных свойств определителя, закон БСКО ранга $(3,3)$ выполняется тождественно как до, так и после осуществления преобразований (3).

В бинарной геометрофизике ключевую роль играют миноры 2-го порядка определителя из (1). Они называются *фундаментальными 2×2-отношениями* и определяют псевдоевклидов характер получающейся в конечном счете геометрии.

Рассмотрим фундаментальное 2×2-отношение между элементами $(i,k) \in \mathcal{M}^2$ и $(\alpha,\beta) \in \mathcal{N}^2$, предварительно переписав его в виде:

$$\begin{bmatrix} \alpha\,\beta \\ i\;k \end{bmatrix} \equiv \begin{vmatrix} u_{i\alpha} & u_{i\beta} \\ u_{k\alpha} & u_{k\beta} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} i^1 & k^1 \\ i^2 & k^2 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \alpha^1 & \beta^1 \\ \alpha^2 & \beta^2 \end{vmatrix}. \tag{4}$$

Выделим из (3) преобразования, сохраняющие (4) неизменным. В силу независимости C^r_s и $\widetilde{C}^r_s$ достаточно потребовать, чтобы при этих преобразованиях оставался инвариантным каждый из определителей

$$[i,k] \equiv \begin{vmatrix} i^1 & k^1 \\ i^2 & k^2 \end{vmatrix} = \varepsilon_{rs} i^r k^s \quad \text{и} \quad [\alpha,\beta] \equiv \begin{vmatrix} \alpha^1 & \beta^1 \\ \alpha^2 & \beta^2 \end{vmatrix} = \varepsilon_{rs}\alpha^r\beta^s \qquad (5)$$

в отдельности. Здесь посредством ε_{rs} обозначен 2-мерный символ Леви-Чивиты. Последнему требованию легко удовлетворить, воспользовавшись следующими соотношениями

$$\begin{vmatrix} i'^1 & k'^1 \\ i'^2 & k'^2 \end{vmatrix} = \det C_2 \begin{vmatrix} i^1 & k^1 \\ i^2 & k^2 \end{vmatrix}, \quad \begin{vmatrix} \alpha'^1 & \beta'^1 \\ \alpha'^2 & \beta'^2 \end{vmatrix} = \det \widetilde{C}_2 \begin{vmatrix} \alpha^1 & \beta^1 \\ \alpha^2 & \beta^2 \end{vmatrix}, \qquad (6)$$

где $C_2 = \|C^r_s\|$, а $\widetilde{C}_2 = \|\widetilde{C}^r_s\|$. В самом деле, непосредственно из (6) видно, что определители (5) инвариантны тогда и только тогда, когда матрицы C_2 и $\widetilde{C}_2$ унимодулярны:

$$\det C_2 = 1, \quad \det \widetilde{C}_2 = 1. \qquad (7)$$

Таким образом, искомые преобразования получаются из (3) в результате подчинения соответствующих матриц условиям (7). Эти преобразования, как известно, образуют группу $\mathrm{SL}(2,\mathbf{C})$.

Выражения $[i,k] = \varepsilon_{rs} i^r k^s$ и $[\alpha,\beta] = \varepsilon_{rs}\alpha^r\beta^s$ из (5), очевидно, представляют собой антисимметричные билинейные формы на $\mathbf{C}^2$, причем в силу $\det\|\varepsilon_{rs}\| = 1 \neq 0$ — невырожденные. С точностью до изометрии они являются наиболее общими симплектическими скалярными произведениями в двух измерениях. Поэтому $(\mathcal{M};[\ ,\ ])$ и $(\mathcal{N};[\ ,\ ])$ суть 2-мерные симплектические пространства над полем $\mathbf{C}$. Роль метрического тензора в них играет символ Леви-Чивиты ε_{rs}, при помощи которого можно, например, определить операцию опускания индекса: $i_r = \varepsilon_{rs} i^s$, $\alpha_r = \varepsilon_{rs}\alpha^s$. Группой изометрий этих пространств является группа $\mathrm{SL}(2,\mathbf{C}) = \mathrm{Sp}(2,\mathbf{C})$.

Напомним, что согласно традиционному подходу [5] 2-спинор (спин-вектор) определяется как элемент 2-мерного линейного пространства над полем $\mathbf{C}$, наделенного невырожденным симплектическим скалярным умножением. Но $(\mathcal{M};[\ ,\ ])$ и $(\mathcal{N};[\ ,\ ])$ как раз являются такими пространствами. Это обстоятельство позволяет утверждать, что параметры элементов множеств $\mathcal{M}$ и $\mathcal{N}$ представляют собой компоненты 2-спиноров.

До сих пор $\mathcal{M}$ и $\mathcal{N}$ предполагались совершенно независимыми друг от друга. Однако с физической точки зрения наиболее интересным представляется случай, когда они полулинейно изоморфны как линейные пространства (только в этом случае можно получить 4-мерную псевдоевклидову геометрию и группу Лоренца). В явном виде полулинейный изоморфизм $\mathcal{M} \to \mathcal{N}$ определим при помощи следующих соотношений

$$\alpha^r = \overline{i^r},\ \beta^r = \overline{k^r}, \ldots, \tag{8}$$

где горизонтальная черта означает комплексное сопряжение. Ясно, что теперь матрицы преобразований (3) уже не могут быть независимыми, а их элементы с необходимостью должны удовлетворять условиям: $\widetilde{C}_s^r = \overline{C_s^r}$. По традиции, всюду в дальнейшем индексы величин, преобразующихся с помощью матрицы $\overline{C}_2 = \|\overline{C_s^r}\|$, будем отмечать сверху точками (так называемые пунктирные индексы).

Как было указано выше, $(\mathcal{M}; [\ ,\ ])$ представляет собой пространство 2-спиноров. Но тогда $(\mathcal{N}; [\ ,\ ])$, для которого в силу (8) $[\alpha, \beta] = \overline{[i, k]}$, является пространством комплексно сопряженных 2-спиноров. Именно на основе этих двух пространств обычно строится общая спинтензорная алгебра [5].

Рассмотрим парное отношение $u_{i\beta}$ между элементами $i \in \mathcal{M}$ и $\beta \in \mathcal{N}$. С помощью (8) оно может быть представлено в виде:

$$u_{i\beta} = i^1\beta^{\dot{1}} + i^2\beta^{\dot{2}} = i^1\overline{k^{\dot{1}}} + i^2\overline{k^{\dot{2}}} \equiv \langle i, k\rangle. \tag{9}$$

Форма $\langle i, k\rangle = \delta_{r\dot{s}} i^r \overline{k^{\dot{s}}}$, где $\delta_{r\dot{s}}$ — символ Кронекера, очевидно, полуторалинейна (линейна по первому аргументу и полулинейна — по второму: $\langle \lambda i, \rho k\rangle = \lambda\overline{\rho}\langle i, k\rangle$; $\lambda, \rho \in \mathbf{C}$), эрмитова ($\langle k, i\rangle = \overline{\langle i, k\rangle}$) и положительно определена ($\langle i, i\rangle > 0$ при $i^r \neq 0$). Это позволяет интерпретировать (9) как унитарное скалярное произведение элементов i и k. Таким образом, $(\mathcal{M}; \langle\ ,\ \rangle)$ является 2-мерным унитарным пространством, в котором роль скалярных произведений играют парные отношения (2). То же, конечно, относится и к пространству $(\mathcal{N}; \langle\ ,\ \rangle)$, для которого согласно (8) – (9) имеем $\langle \alpha, \beta\rangle = \overline{\langle i, k\rangle}$.

Введенных выше понятий достаточно для явного построения векторов 4-мерного псевдоевклидова пространства с метрикой, имеющей сигнатуру $(+---)$, и преобразований из собственной ортохронной группы Лоренца $\mathrm{O}_+^{\uparrow}(1,3)$.

Следуя работе [4], рассмотрим контравариантный спинтензор специального вида с одним обычным и одним пунктирным индексами:

$$P^{r\dot{s}} = i^r\alpha^{\dot{s}} + k^r\beta^{\dot{s}}. \tag{10}$$

Пусть $P_2 = \|P^{r\dot{s}}\|$. Тогда на основании формул (8) и (10) имеем $P^{r\dot{s}} = \overline{P^{s\dot{r}}}$ или, что то же самое, $P_2 = P_2^+$ (здесь и далее крест означает эрмитово сопряжение). Таким образом, матрица P_2 является эрмитовой.

Нетрудно видеть, что $P^{1\dot{1}} = \left|i^1\right|^2 + \left|k^1\right|^2 \geq 0$. Далее, в силу (10), (4) – (5) и (8)

$$\det P_2 = \begin{bmatrix} \alpha\, \beta \\ i\ k \end{bmatrix} = \left|[i, k]\right|^2 \geq 0. \tag{11}$$

Но фундаментальное 2×2-отношение (4) строго положительно тогда и только тогда, когда элементы i и k линейно независимы. Таким образом, если i и k образуют базис в $\mathcal{M}$, то $P^{1\dot{1}} > 0$ и $\det P_2 > 0$, а значит согласно критерию Сильвестра матрица P_2 является положительно определенной.

Как было установлено выше, $P_2 = P_2^+$. Иначе говоря, P_2 является элементом 4-мерного линейного пространства $\mathrm{Herm}\,(2)$ над полем $\mathbf{R}$, образованного всеми эрмитовыми 2×2-матрицами. В качестве базиса $\mathrm{Herm}\,(2)$ выберем единичную матрицу σ^0 и три матрицы Паули $\sigma^1, \sigma^2, \sigma^3$:

$$\sigma^0 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix},\ \sigma^1 = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix},\ \sigma^2 = \begin{pmatrix} 0 & -\mathrm{i} \\ \mathrm{i} & 0 \end{pmatrix},\ \sigma^3 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}. \tag{12}$$

Здесь i — мнимая единица: $\mathrm{i}^2 = -1$. Тогда справедливо разложение

$$P_2 = p_\mu \sigma^\mu \quad (\mu = \overline{0, 3}), \tag{13}$$

где $p_0, \ldots, p_3 \in \mathbf{R}$ — координаты P_2 относительно базиса $\{\sigma^\mu\}$. С помощью (13) нетрудно выразить p_μ непосредственно через компоненты спинтензора (10):

$$\begin{aligned}
p_0 &= \frac{1}{2}(P^{1\dot{1}} + P^{2\dot{2}}) = \frac{1}{2}(i^1\alpha^{\dot{1}} + i^2\alpha^{\dot{2}} + k^1\beta^{\dot{1}} + k^2\beta^{\dot{2}}),\\
p_1 &= \frac{1}{2}(P^{1\dot{2}} + P^{2\dot{1}}) = \frac{1}{2}(i^1\alpha^{\dot{2}} + i^2\alpha^{\dot{1}} + k^1\beta^{\dot{2}} + k^2\beta^{\dot{1}}),\\
p_2 &= \frac{\mathrm{i}}{2}(P^{1\dot{2}} - P^{2\dot{1}}) = \frac{\mathrm{i}}{2}(i^1\alpha^{\dot{2}} - i^2\alpha^{\dot{1}} + k^1\beta^{\dot{2}} - k^2\beta^{\dot{1}}),\\
p_3 &= \frac{1}{2}(P^{1\dot{1}} - P^{2\dot{2}}) = \frac{1}{2}(i^1\alpha^{\dot{1}} - i^2\alpha^{\dot{2}} + k^1\beta^{\dot{1}} - k^2\beta^{\dot{2}}).
\end{aligned} \tag{14}$$

Используя тот факт, что $\mathrm{tr}\,(\sigma^\mu\sigma^\nu) = 2\delta^{\mu\nu}$ и, вводя обозначения $\sigma_\mu \equiv \delta_{\mu\nu}\sigma^\nu$, $\mathbf{i} \equiv (i^1, i^2)^\top$, $\mathbf{k} \equiv (k^1, k^2)^\top$ ($\top$ — значок матричного транспонирования), получаем более компактную форму записи этих соотношений:

$$p_\mu = \frac{1}{2}\mathrm{tr}\,(\sigma_\mu P_2) = \frac{1}{2}(\mathbf{i}^+\sigma_\mu\mathbf{i} + \mathbf{k}^+\sigma_\mu\mathbf{k}). \tag{14$'$}$$

Далее будут найдены условия, при выполнении которых вектор p_μ, имеющий компоненты (14), совпадает с 4-импульсом свободного фермиона.

Вычислим определитель от левой и правой частей равенства (13). Очевидно, $\det P_2 = p_0^2 - p_1^2 - p_2^2 - p_3^2$. С другой стороны, имеет место формула (11). Таким образом, фундаментальное 2×2-отношение (4) представляет собой не что иное как псевдоевклидов скалярный квадрат 4-вектора p_μ

$$\begin{bmatrix} \alpha\, \beta \\ i\ k \end{bmatrix} = g^{\mu\nu} p_\mu p_\nu \equiv p^2 \geq 0, \tag{15}$$

где $\|g^{\mu\nu}\| = \mathrm{diag}\,(1,-1,-1,-1)$ — метрический тензор пространства $\mathbf{R}^4_{1,3}$. Кроме того, из (15) вытекает, что p_μ либо времениподобен (когда i и k линейно независимы), либо изотропен (когда i и k линейно зависимы). Поскольку, вдобавок, $p_0 = \frac{1}{2}(\mathbf{i}^+\mathbf{i} + \mathbf{k}^+\mathbf{k}) > 0$, вектор p_μ принадлежит верхней полé изотропного конуса в $\mathbf{R}^4_{1,3}$.

Рассмотрим преобразование $P'^{r\dot{s}} = C^r_t \overline{C^{\dot{s}}_{\dot{u}}} P^{t\dot{u}}$ спинтензора (10) и перепишем его в эквивалентной матричной форме:

$$P_2' = C_2 P_2 C_2^+ \equiv \widehat{L}(C_2) P_2. \tag{16}$$

Оператор $\widehat{L}(C_2)$, действующий на комплексные 2×2-матрицы, — в данном случае на P_2 — очевидно, обладает следующими свойствами:

1^0 $\widehat{L}(C_2)$ — линейный оператор;
2^0 $\widehat{L}(C_2)$ переводит эрмитовы матрицы в эрмитовы;
3^0 $\widehat{L}(C_2)\widehat{L}(\widetilde{C}_2) = \widehat{L}(C_2\widetilde{C}_2)$ для любых $C_2, \widetilde{C}_2 \in \mathrm{GL}(2,\mathbf{C})$.

На основании 1^0 и 2^0 делаем вывод, что (16) является линейным преобразованием в пространстве $\mathrm{Herm}\,(2)$.

Используя (12), представим преобразование (16) в виде

$$p'_\mu = L(C_2)_\mu{}^\nu p_\nu \quad (\mu,\nu = \overline{0,3}), \tag{17}$$

где $L(C_2) = \|L(C_2)_\mu{}^\nu\|$ — матрица оператора $\widehat{L}(C_2)$ относительно базиса $\{\sigma^\mu\}$. Подставляя в (16) вместо P_2 и P_2' их разложения по базису (12) и, используя тот факт, что $\mathrm{tr}\,(\sigma_\mu\sigma^\nu) = 2\delta^\nu_\mu$, приходим к следующим формулам для (действительных) элементов этой 4×4-матрицы:

$$L(C_2)_\mu{}^\nu = \frac{1}{2}\mathrm{tr}\,(\sigma_\mu C_2 \sigma^\nu C_2^+). \tag{18}$$

Из (18), в частности, следует, что $L(C_2)_0{}^0 > 0$ для любой ненулевой матрицы C_2.

Вычисляя определитель от левой и правой сторон (16), получаем формулу: $\det P_2' = |\det C_2|^2 \det P_2$. Однако, как было установлено выше, $\det P_2 = g^{\mu\nu} p_\mu p_\nu$ (аналогично, $\det P_2' = g^{\mu\nu} p_\mu' p_\nu'$). Таким образом,

$$g^{\mu\nu} p_\mu' p_\nu' = |\det C_2|^2 g^{\mu\nu} p_\mu p_\nu, \tag{19}$$

т. е. при $C_2 \in \mathrm{GL}(2, \mathbf{C})$ преобразование (17) является конформным.

Пусть $\det C_2 = 1$. Тогда, в соответствии с (19), имеем: $p^2 = g^{\mu\nu} p_\mu p_\nu = \mathrm{inv}$. Это означает, что при $C_2 \in \mathrm{SL}(2, \mathbf{C})$ преобразование (17) принадлежит группе Лоренца $\mathrm{O}(1,3)$. Более того, отображение $C_2 \mapsto L(C_2)$, сопоставляющее каждой унимодулярной 2×2-матрице над полем $\mathbf{C}$ действительную 4×4-матрицу линейного оператора $\widehat{L}(C_2)$ в базисе $\{\sigma^\mu\}$, является известным эпиморфизмом (сюръективным гомоморфизмом) группы $\mathrm{SL}(2, \mathbf{C})$ на группу $\mathrm{O}_+^\uparrow(1,3)$ [5]. Гомоморфность указанного отображения вытекает из свойства 3^0 оператора $\widehat{L}(C_2)$.

3. Уравнение Дирака для свободного фермиона в импульсном представлении

Благодаря наличию в $\mathcal{M}$ одновременно двух скалярных умножений — симплектического $[\ ,\ ]$ и унитарного $\langle\ ,\ \rangle$ — существует естественный полулинейный автоморфизм этого пространства, сопоставляющий каждому элементу $k_\circ \in \mathcal{M}$ определенный элемент $i_\circ \in \mathcal{M}$ согласно формуле $i_\circ^r = \delta^{r\dot{s}} \varepsilon_{\dot{s}\dot{u}} \overline{k_\circ^{\dot{u}}}$. Исходя из этого, сугубо *математического* по своему происхождению, соотношения, в работе [3] было получено уравнение для спиновой части волновой функции свободного фермиона с фиксированными энергией и импульсом. Обсудим *физические* допущения, лежащие в основе указанного соотношения и приводящие к свободному уравнению Дирака в импульсном представлении.

Прежде всего, обратим внимание на одно обстоятельство общего характера. Всякая элементарная частица характеризуется двумя типами свойств: физическими (энергия, импульс, спин, заряд, ...) и геометрическими (положение в пространстве-времени). При квантовом описании такой частицы естественно интересоваться именно ее физическими характеристиками, которые только и измеряются в экспериментах (атомная и ядерная спектроскопия, ускорители частиц высоких энергий). Поэтому состояние свободной частицы будем характеризовать ее импульсом и спиновыми поляризациями, а ее волновую функцию будем задавать в *импульсном представлении*.

В нашем распоряжении уже есть 2-спиноры и унитарное скалярное умножение $\langle\ ,\ \rangle$. Напрашивается следующая физическая интерпретация: компоненты спинора $i^r_\circ$ ($r = 1, 2$) представляют собой амплитуды вероятности обнаружить фермион в одном из двух возможных спиновых состояний. При этом подразумевается выполненным условие нормировки $\langle i_\circ, i_\circ\rangle = |i^1_\circ|^2 + |i^2_\circ|^2 = 1$, т. е. сумма вероятностей спиновых состояний равна единице (фермион обязательно находится в каком-то спиновом состоянии).

Однако пока нельзя сказать ничего определенного об амплитуде вероятности обнаружить фермион в состоянии с некоторым импульсом. Для этого необходима комплекснозначная функция на пространстве 3-мерных импульсов, да еще, с учетом спиновых состояний, — двухкомпонентная. Чтобы ее построить, понадобятся, прежде всего, сами векторы импульсов свободного фермиона. Их легко получить при помощи результатов предыдущего раздела статьи. Но перед этим сделаем еще одно весьма важное предположение.

Речь идет о зеркальной симметрии или P-инвариантности. В неживой природе (за исключением процессов, связанных со слабым взаимодействием) наблюдается симметрия по отношению к замене правого левым. В частности, допустимая волновая функция частицы при зеркальном отражении должна переходить в другую допустимую волновую функцию. P-отражение (пространственная инверсия) действует на любой истинный 4-вектор p_μ по правилу: p_0, p_1, p_2, $p_3 \mapsto p_0$, $-p_1$, $-p_2$, $-p_3$. Как оно действует на спиноры?

Ясно, что группа $\mathrm{O}^\uparrow_+(1,3)$, а значит и группа $\mathrm{SL}(2,\mathbf{C})$, не содержат P-отражений. Тем не менее, из формул (14) следует, что P-отражение 4-вектора p_μ равносильно преобразованию спинтензорных компонент: $P^{1\dot1} \mapsto P^{2\dot2}$, $P^{2\dot2} \mapsto P^{1\dot1}$, $P^{1\dot2} \mapsto -P^{1\dot2}$, $P^{2\dot1} \mapsto -P^{2\dot1}$. Последнее можно переписать в компактной форме: $P^{r\dot s} \mapsto P_{s\dot r}$, где $P_{s\dot r} \equiv \varepsilon_{st}\varepsilon_{\dot r\dot u}P^{t\dot u}$. При повторном применении P-отражения 4-вектор p_μ вместе с эквивалентным ему спинтензором $P^{r\dot s}$ должны вернуться в исходное (непреобразованное) состояние, т. е. $P_{s\dot r} \mapsto P^{r\dot s}$. Таким образом, чтобы иметь объекты, преобразующиеся в себя при P-отражении, необходимо ввести в рассмотрение упорядоченные пáры спинтензоров разной валентности: $(P^{r\dot s}, P_{s\dot r})$. На такие пáры P-отражение действует по правилу: $(P^{r\dot s}, P_{s\dot r}) \mapsto (P_{s\dot r}, P^{r\dot s})$. Иначе говоря, оно переставляет элементы пары местами.

Естественно ожидать, что на спиноры P-отражение действует аналогичным образом. Положим, что соответствующее преобразование имеет вид: $(i^r, \alpha_{\dot r}) \mapsto (\alpha_{\dot r}, i^r)$, $(k^r, \beta_{\dot r}) \mapsto (\beta_{\dot r}, k^r)$, где $\alpha_{\dot r} = \varepsilon_{\dot r \dot u}\alpha^{\dot u}$, $\beta_{\dot r} = \varepsilon_{\dot r \dot u}\beta^{\dot u}$. Правильность данного предположения вытекает из формул (14) для компонент 4-вектора p_μ, который ведет себя при таком преобразовании подобающим для P-отражения образом: p_0, p_1, p_2, $p_3 \mapsto p_0$, $-p_1$, $-p_2$, $-p_3$. Поскольку в реляционном подходе 4-векторы являются вторичными и строятся из 2-спиноров, более правильно говорить, что P-отражение возникает как представление указанного спинорного преобразования.

Преобразование $(i^r, \beta_{\dot r}) \mapsto (\beta_{\dot r}, i^r)$ — не единственный возможный способ определения P-отражения спиноров, хотя и самый простой. Другие варианты получаются из него дополнительным умножением на комплексное число с единичным модулем [6].

Подведем итог представленных рассуждений. С одной стороны, фермион имеет две спиновые поляризации и его волновая функция должна описываться одним 2-спинором $i^r_\circ$. С другой стороны, P-инвариантность требует одновременного рассмотрения двух разных 2-спиноров $(i^r_\circ, \beta_{\circ\dot s})$. Чтобы устранить «лишние» компоненты, необходимо наложить на 2-спиноры $i^r_\circ$ и $\beta_{\circ\dot s}$ такие условия связи, которые оставляли бы независимыми только две из четырех спинорных компонент. Кроме того, они сами по себе должны быть $\mathrm{SL}(2, \mathbf{C})$- и P-ковариантными.

Простейшие такие условия имеют вид:

$$\left.\begin{array}{l} \delta^{r\dot s}\beta_{\circ\dot s} = i^r_\circ \\ \delta_{s\dot r}\, i^s_\circ = \beta_{\circ\dot r} \end{array}\right\}. \tag{20}$$

Далее будет показано, что эти условия однозначно приводят к уравнению Дирака для свободного фермиона с положительной энергией в импульсном представлении. Автор полностью разделяет точку зрения С. Вайнберга: «...уравнение Дирака есть просто лоренц-инвариантная запись соглашения, использованного для нахождения поля, обладающего простыми трансформационными свойствами относительно преобразования пространственной инверсии» [7].

Подействуем на условия (20) произвольным преобразованием из группы $\mathrm{SL}(2, \mathbf{C})$. В результате будем иметь

$$\left.\begin{array}{l} U^{r\dot s}\beta_{\dot s} = i^r \\ U_{s\dot r}\, i^s = \beta_{\dot r} \end{array}\right\}, \tag{21}$$

где $i^r = C^r_u i^u_\circ$, $\beta_{\dot s} = \overline{(C^{-1})^{\dot u}_{\dot s}}\beta_{\circ\dot u}$, $U^{r\dot s} = C^r_p \overline{C^{\dot s}_{\dot q}}\delta^{p\dot q}$, $U_{s\dot r} = (C^{-1})^p_s \overline{(C^{-1})^{\dot q}_{\dot r}}\delta_{p\dot q}$ и $\det\|C^r_s\| = 1$. Вводя обозначения $U_2 \equiv \|U^{r\dot s}\|$ и $C_2 \equiv \|C^r_s\|$, приходим к заключению, что $U_2 = C_2 C_2^+$. Значит $U_2 \in \mathrm{Herm}\,(2)$ и, кроме того, является положительно определенной матрицей. Поэтому к ней применимы все построения предыдущего раздела. В частности, справедлива формула

$$U_2 = u_\mu \sigma^\mu, \tag{22}$$

где u_μ — некоторый времениподобный 4-вектор. Поскольку $C_2 \in \mathrm{SL}(2, \mathbf{C})$, то $\det U_2 = \det(C_2 C_2^+) = 1$. С другой стороны, $\det U_2 = g^{\mu\nu} u_\mu u_\nu$. Таким образом, $g^{\mu\nu} u_\mu u_\nu = 1$. На этом основании будем интерпретировать u_μ как 4-скорость массивного фермиона.

Здесь уместно сделать следующее замечание. В классической механике определение 4-скорости материальной точки предполагает дифференцирование ее координат по 4-интервалу s. В квантовой механике, в силу известных соотношений неопределенностей Гейзенберга, при точно заданных энергии и импульсе частицы нельзя сказать вообще ничего определенного не только о ее пространственных координатах, но даже и о временной. Иными словами, классическое определение 4-скорости теряет всякий смысл. Поэтому в данной статье принимается точка зрения, согласно которой первичным следует считать не координатное, а импульсное пространство.

В соответствии с теоремой о полярном разложении линейного оператора [8], любая унимодулярная матрица C_2 над полем $\mathbf{C}$ допускает единственное представление в виде произведения $C_2 = HU$ положительно определенной эрмитовой матрицы $H \in \mathrm{SL}(2, \mathbf{C})$ и унитарной матрицы $U \in \mathrm{SU}(2)$. Следовательно, $U_2 = (HU)(HU)^+ = HUU^+H^+ = H^2$, т. е. характеризуется всего тремя независимыми действительными параметрами. Последние можно выбрать многими способами. Остановимся, например, на такой параметризации: $H = b_\mu \sigma^\mu$, $\det H = g^{\mu\nu} b_\mu b_\nu = 1$, $b_0 + b_3 > 0$. Простое вычисление дает тогда

$$U_2 = H^2 = \begin{pmatrix} (b_0 + b_3)^2 + b_1^2 + b_2^2 & 2b_0(b_1 - \mathrm{i}b_2) \\ 2b_0(b_1 + \mathrm{i}b_2) & (b_0 - b_3)^2 + b_1^2 + b_2^2 \end{pmatrix}. \tag{23}$$

Сравнивая (22) и (23), приходим к формулам, выражающим компоненты u_μ 4-скорости массивной частицы непосредственно через параметры b_μ рассматриваемого $\mathrm{SL}(2, \mathbf{C})$-преобразования:

$$u_0 = b_0^2 + b_1^2 + b_2^2 + b_3^2, \quad u_1 = 2b_0 b_1, \quad u_2 = 2b_0 b_2, \quad u_3 = 2b_0 b_3. \tag{24}$$

В силу условий $g^{\mu\nu} b_\mu b_\nu = 1$, $b_0 + b_3 > 0$ и $u_0 + u_3 > 0$ из (24) с однозначностью следует

$$b_0 = \sqrt{\frac{u_0+1}{2}}, \quad b_k = \frac{u_k}{\sqrt{2(u_0+1)}} \quad (k=\overline{1,3}). \tag{25}$$

Таким образом, соотношения (21) принимают вид

$$(u_\mu \sigma^\mu)^{r\dot{s}} \beta_{\dot{s}} = i^r, \tag{26}$$

$$(u_0\sigma^0 - u_k\sigma^k)_{\dot{s}r}\, i^r = \beta_{\dot{s}} \quad (k=\overline{1,3}), \tag{27}$$

где u_μ задаются формулами (24). Вспоминая определение 4-импульса $\mathrm{p}_\mu = mu_\mu$ частицы через ее массу (некоторую размерную константу m) и 4-скорость u_μ (в системе единиц, где скорость света $c=1$), а также вводя биспинор $u_{\vec{\mathrm{p}}} \equiv (i^1, i^2, \beta_{\dot{1}}, \beta_{\dot{2}})^\top$ и $4{\times}4$-матрицы

$$\gamma^0 = \begin{pmatrix} 0 & \sigma^0 \\ \sigma^0 & 0 \end{pmatrix}, \quad \gamma^k = \begin{pmatrix} 0 & \sigma^k \\ -\sigma^k & 0 \end{pmatrix}, \tag{28}$$

удовлетворяющие условиям $\gamma^\mu\gamma^\nu + \gamma^\nu\gamma^\mu = 2g^{\mu\nu}$, объединяем (26) и (27) в одно матричное равенство:

$$(\mathrm{p}_\mu\gamma^\mu - m)u_{\vec{\mathrm{p}}} = 0. \tag{29}$$

Это — уравнение Дирака для *спиновой части* волновой функции свободного фермиона с массой m и импульсом $\vec{\mathrm{p}} \equiv (\mathrm{p}_1, \mathrm{p}_2, \mathrm{p}_3)$. Выясним более детально структуру биспинора $u_{\vec{\mathrm{p}}}$.

Следует отметить, что при преобразованиях из группы SU(2) $\delta'^{r\dot{s}} = \delta^{r\dot{s}}$ и $i^r \sim \beta_{\dot{r}}$. Это означает, что такие преобразования оставляют (20) инвариантными и всегда могут быть исключены из рассмотрения при осуществлении перехода от (20) к (21). Таким образом, $i^r = H^r_u i^u_\circ$, $\beta_{\dot{s}} = \overline{(H^{-1})^{\dot{u}}_{\dot{s}}}\beta_{\circ\dot{u}}$. Используя формулы (25), $u_\mu = \mathrm{p}_\mu/m$ и $H = b_\mu\sigma^\mu$, получаем

$$u_{\vec{\mathrm{p}}} = M(\vec{\mathrm{p}})u_{\vec{0}}, \quad M(\vec{\mathrm{p}}) = \begin{pmatrix} \dfrac{\mathrm{p}_0 + m + \mathrm{p}_k\sigma^k}{\sqrt{2m(\mathrm{p}_0+m)}} & 0 \\ 0 & \dfrac{\mathrm{p}_0 + m - \mathrm{p}_k\sigma^k}{\sqrt{2m(\mathrm{p}_0+m)}} \end{pmatrix}, \tag{30}$$

где $\mathrm{p}_0 = \sqrt{\vec{\mathrm{p}}^2 + m^2}$, а $u_{\vec{0}} = (i^1_\circ, i^2_\circ, \beta_{\circ\dot{1}}, \beta_{\circ\dot{2}})^\top$ (напомним, что согласно (20) $\beta_{\circ\dot{r}} = \delta_{s\dot{r}}\, i^s_\circ$). Очевидно, биспинор $u_{\vec{0}}$ относится к покоящемуся фермиону с положительной энергией $\mathrm{p}_0 = m$.

Теперь можно выяснить связь между вектором (14) и 4-импульсом p_μ свободного фермиона. Пусть, как обычно, $\overline{u}_{\vec{\mathrm{p}}} = u^+_{\vec{\mathrm{p}}}\gamma^0$ — дираковски сопряженный биспинор. Нетрудно видеть, что $\overline{u}_{\vec{\mathrm{p}}}u_{\vec{\mathrm{p}}} = [i,k] + [\alpha,\beta]$, т. е. является $\mathrm{SL}(2,\mathbf{C})$-инвариантом. Аналогичное вычисление в обозначениях формулы (14′) дает $\overline{u}_{\vec{\mathrm{p}}}\gamma_\mu u_{\vec{\mathrm{p}}} = \mathbf{i}^+\sigma_\mu\mathbf{i} + \mathbf{k}^+\sigma_\mu\mathbf{k}$, где $\gamma_\mu \equiv g_{\mu\nu}\gamma^\nu$. Следовательно, $\overline{u}_{\vec{\mathrm{p}}}\gamma_\mu u_{\vec{\mathrm{p}}}$ — времениподобный 4-вектор. В силу (20) имеет место элементарно проверяемое тождество $(i^r_\circ\alpha^{\dot{s}}_\circ + k^r_\circ\beta^{\dot{s}}_\circ)/([i_\circ,k_\circ] + [\alpha_\circ,\beta_\circ]) = \frac{1}{2}\delta^{r\dot{s}}$. Подвергая последнее действию того же самого $\mathrm{SL}(2,\mathbf{C})$-преобразования, что и при переходе от (20) к (21), а также учитывая разложение (22), получаем: $(u_\mu\sigma^\mu)^{r\dot{s}} = 2\,(i^r\alpha^{\dot{s}} + k^r\beta^{\dot{s}})/([i,k]+[\alpha,\beta])$. Отсюда, после умножения на массу m, находим компоненты 4-импульса фермиона в виде:

$$\mathrm{p}_\mu = m\frac{\mathbf{i}^+\sigma_\mu\mathbf{i} + \mathbf{k}^+\sigma_\mu\mathbf{k}}{[i,k]+[\alpha,\beta]} = m\frac{\overline{u}_{\vec{\mathrm{p}}}\gamma_\mu u_{\vec{\mathrm{p}}}}{\overline{u}_{\vec{\mathrm{p}}}u_{\vec{\mathrm{p}}}}. \tag{31}$$

Из сопоставления формул (14′) и (31) следует, что при нормировке биспинора $u_{\vec{\mathrm{p}}}$ инвариантным условием $\overline{u}_{\vec{\mathrm{p}}}u_{\vec{\mathrm{p}}} = 2m$ вектор (14) в точности совпадает с 4-импульсом свободного фермиона.

Вернемся, однако, к вопросу о построении *полной* волновой функции свободного фермиона с положительной энергией в импульсном представлении. Формулы (24) и (25) устанавливают взаимно однозначное соответствие между компонентами u_k $(k=\overline{1,3})$ 4-скорости фермиона и независимыми параметрами b_k эрмитовой матрицы $H \in \mathrm{SL}(2,\mathbf{C})$, определяющей лоренцев буст. Поскольку $\mathrm{p}_k = mu_k$, а параметры b_k совершенно произвольны, тем самым получено пространство $\mathbf{R}^3$ возможных импульсов фермиона.

Заметим, что матричное равенство (29) является однородным. Оно состоит из четырех линейных алгебраических соотношений между компонентами биспинора (30). Всегда допустимо умножение каждого из этих соотношений на *свою* комплексную константу, причем при разных $\vec{\mathrm{p}} \in \mathbf{R}^3$ такие константы могут быть *разными*. В силу условий (20) этот произвол можно описать *двумя* комплекснозначными функциями импульса $\beta_{\dot{r}}(\vec{\mathrm{p}}) = \delta_{s\dot{r}}\,i^s(\vec{\mathrm{p}})$ такими, что $i^s(\vec{0}) = i^s_\circ$. Функции $i^s(\vec{\mathrm{p}})$ и определяют, после соответствующей нормировки, амплитуды вероятности различных значений импульса $\vec{\mathrm{p}}$.

Таким образом, полная волновая функция $\psi(\vec{\mathrm{p}})$ свободного фермиона с положительной энергией в импульсном представлении может быть получена посредством очевидной минимальной модификации формул

(30), что приводит к

$$\psi(\vec{\mathrm{p}}) = \begin{pmatrix} \dfrac{\mathrm{p}_0 + m + \mathrm{p}_k\sigma^k}{\sqrt{2m(\mathrm{p}_0+m)}} & 0 \\ 0 & \dfrac{\mathrm{p}_0 + m - \mathrm{p}_k\sigma^k}{\sqrt{2m(\mathrm{p}_0+m)}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i^1(\vec{\mathrm{p}}) \\ i^2(\vec{\mathrm{p}}) \\ \delta_{s\dot{1}} i^s(\vec{\mathrm{p}}) \\ \delta_{s\dot{2}} i^s(\vec{\mathrm{p}}) \end{pmatrix}, \qquad (32)$$

где $\mathrm{p}_0 = \sqrt{\vec{\mathrm{p}}^2 + m^2}$, $\vec{\mathrm{p}} \in \mathbf{R}^3$, а произвольные функции $i^s(\vec{\mathrm{p}})$ нормированы стандартным условием: $\int \psi^+(\vec{\mathrm{p}})\psi(\vec{\mathrm{p}})\, d\vec{\mathrm{p}} = 1$. Согласно (29) и самому способу ее построения волновая функция (32) автоматически удовлетворяет свободному уравнению Дирака в импульсном представлении:

$$(\mathrm{p}_\mu\gamma^\mu - m)\psi(\vec{\mathrm{p}}) = 0; \quad \mathrm{p}_0 = \sqrt{\vec{\mathrm{p}}^2 + m^2},\ \vec{\mathrm{p}} \in \mathbf{R}^3. \qquad (33)$$

Тем самым построен волновой пакет общего вида для дираковской частицы с массой m и положительной энергией в импульсном пространстве.

4. Заключение

Завершая статью, следует указать на несколько обстоятельств.

Уравнение Дирака (33) возникло как следствие $\mathrm{SL}(2, \mathbf{C})$- и P-ковариантных условий (20), убирающих «лишние» биспинорные компоненты. Причиной же возникновения самих «лишних» компонент явилось требование зеркальной симметрии.

Пространство 3-мерных импульсов свободного фермиона обязано своим возникновением 3-параметрическому семейству эрмитовых матриц $H \in \mathrm{SL}(2, \mathbf{C})$, использованных при выводе уравнения (29). Эти матрицы необходимы для приготовления спинового состояния фермиона с ненулевым импульсом из спинового состояния того же фермиона с нулевым импульсом.

Формирование полной волновой функции (32) свободного фермиона с положительной энергией и любым распределением импульсов происходит за счет специфической структуры системы линейных алгебраических уравнений (29), допускающих умножение на две произвольные функции 3-мерного импульса.

Следует отметить, что нами *нигде не использовалось представление о готовом пространственно-временном фоне*. Использовались лишь понятия, присущие БСКО ранга $(3, 3)$. И, тем не менее, удалось построить самосогласованное квантовое описание свободного массивного фермиона с положительной энергией.

В статье вовсе не рассматривались взаимодействия фермионов. В рамках реляционного подхода — это отдельная большая задача. По мнению автора, для решения этой задачи наиболее полезной может оказаться концепция *источника*, положенная Ю. Швингером в основу его подхода к физике частиц высоких энергий [9].

Если принять идею, что любое взаимодействие элементарных частиц сводится к обмену между ними физическими характеристиками (энергией, импульсом, спином, зарядом, ...), которые и составляют в совокупности то, что называют частицей в эксперименте, то становится понятным, что единственным актом взаимодействия является испускание либо поглощение соответствующих характеристик. Естественно, должны существовать источники (стоки), ответственные за такое испускание (поглощение). Вот как об этом писал Ю. Швингер: «Источники вводятся для того, чтобы можно было идеализированно описывать процессы порождения и детектирования частиц. (...) Элементарные акты, которые рассматриваются как результат действия источников, — это рождение одиночной частицы там, где раньше ничего не было, и уничтожение такой одиночной частицы» [9].

Эффективность концепции источников легко продемонстрировать на примере уравнения Дирака (33). Если ввести в его правую часть неоднородность (источник), то мы немедленно получим фейнмановский пропагатор виртуального фермиона. Особенная простота соответствующих формул обусловлена использованием импульсного представления. В следующей статье будет показано, что таким способом вполне можно описывать взаимодействия фермиона с другими частицами.

Автор весьма признателен Ю.С. Владимирову и С.В. Болохову за многочисленные плодотворные обсуждения вопросов, затронутых в этой работе.

Список литературы

[1] Владимиров Ю.С. Основания физики. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.

[2] Твисторы и калибровочные поля. Сб. статей. — М.: Мир, 1983.

[3] Владимиров Ю.С., Соловьев А.В. Уравнение Дирака в бинарной геометрофизике. — Изв. вузов. Физика. — 2000. — №11. — С. 63–71.

[4] Владимиров Ю.С. Биспиноры и физическая структура ранга $(3, 3)$. — Вычислительные системы. — Новосибирск: Институт математики СО АН СССР, 1988. — Вып. 125. — С. 42–60.

[5] Пенроуз Р., Риндлер В. Спиноры и пространство-время. Дваспинорное исчисление и релятивистские поля. — М.: Мир, 1987.

[6] Берестецкий В.Б., Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. Квантовая электродинамика. — М.: Наука, 1989.

[7] Вайнберг С. Квантовая теория поля. Т. 1. Общая теория. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003.

[8] Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. — М.: Наука, 1988.

[9] Швингер Ю. Частицы, источники, поля. — М.: Мир, 1973.

Посвящается светлой памяти
протоиерея Александра Геронимуса

Квантовые парадоксы и кризис традиционно понимаемой концепции пространства-времени

А. В. Белинский

Физический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова

Описаны реальные и мысленные эксперименты, в которых можно наблюдать необычное поведение квантовых объектов в пространстве-времени.

Если Вы пошли в магазин за арбузом, то одновременно Вы не можете находиться в кругосветном путешествии или на заседании ученого совета. Если арбуз оказался весом 8 кг, то ни у Вас, ни у продавца не возникает сомнений в том, что как до взвешивания, так и после него его вес был именно 8, а не 15 кг. Но Богом сотворенный мир гораздо богаче этого нашего житейского опыта, и в микромире такие пространственно-временные интуиции не всегда работают. Остановимся на этих интересных ситуациях подробнее.

Отсутствие априорного значения числа фотонов до момента их регистрации

Рассмотрим следующий эксперимент. Пусть источник света освещает приемник (рис.1). Постепенно уменьшая интенсивность света, достигаем режима счета фотонов, когда приемник регистрирует минимально возможные порции энергии – кванты. Принято считать, что фотоотсчетам (всплескам фототока приемника) соответствует прибытие фотонов. Но так ли это? Существуют ли кванты в самом световом поле? Приемник измеряет количество фотонов в поле, но существует ли определенное значение этого количества до момента измерения?

Будем повторять эксперимент многократно. Источник можно сделать таким, что в одних повторениях (реализациях) регистрируется по одному фотону, а в других – по два. Что при этом представляет собой световое поле? Казалось бы, то единичные, то парные фотоны. Однако можно экспериментально доказать, что это не всегда так.

Рис.1. Схема прямого детектирования.

Рассмотрим схему эксперимента по наблюдению интерференции 3-го порядка с использованием эффекта параметрического преобразования света с изменением частоты [1] (рис.2). Пучок света с частотой fc в прозрачном нелинейном кристалле с квадратичной нелинейностью (пьезокристалле) порождает два пучка излучения – сигнальный и холостой с частотами fa и fb, причем fa+fb=fc. Эффективность преобразования накачки (c) в сигнальный и холостой пучки мала: порядка 0,000001%. Поэтому основная доля излучения накачки проходит через прозрачный кристалл, на выходе которого – три пучка излучения. Во все три компоненты поля вносятся регулируемые сдвиги фаз Φ_a, Φ_b и Φ_c, после чего они вновь взаимодействуют во втором, точно таком же, нелинейном кристалле. Последний осуществляет обратное преобразование сигнального и холостого пучков в излучение на частоте накачки и прямое преобразование прошедшей первый кристалл накачки. Детекторы на выходе оптической схемы регистрируют интенсивности всех трех пучков. На рис.2 изображен невырожденный случай, когда пучки неколлинеарны.

Осветим первый кристалл одиночным фотоном. В [1] показано, что вероятность появления фотоотсчетов на детекторе **A** пропорциональна $1+\cos(\Phi_a+\Phi_b-\Phi_c)$. Это выражение можно интерпретировать как интерференцию с фазой $\Phi=\Phi_a+\Phi_b-\Phi_c$. Не учтенный коэффициент пропорциональности определяется эффективностью нелинейного преобразования в кристаллах. Соответствующий интерференционный эксперимент проведен авторами работы [2] , и косинусная зависимость от суперпозиции фаз подтверждена.

Попытаемся интерпретировать этот результат в рамках наглядной модели с априори (до момента регистрации детектором) определенным числом фотонов на выходе первого кристалла. Для простоты полагаем квантовую эффективность детекторов равной единице.

В первой серии испытаний убираем второй нелинейный кристалл. При этом фазовые задержки в каналах не влияют и наблюдаются отсчеты или одновременно в обоих детекторах **A** и **B**, или в детекторе **C**. Эта картина согласуется с предположением, что на выходе первого кристалла имеется попеременно то один фотон с частотой fc, то пара фотонов с частотами fa и fb.

Во второй серии испытаний устанавливаем второй кристалл. При этом все три фазы Φ_a, Φ_b и Φ_c влияют на вероятности отсчетов.

Интерференция с единичной видностью, описываемая законом $1 + \cos(\Phi_a + \Phi_b - \Phi_c)$, свидетельствует о том, что изменяя фазовую задержку любой компоненты поля – Φ_a, Φ_b или Φ_c – можно полностью подавить фотоотсчеты (при $1 + \cos(\Phi_a + \Phi_b - \Phi_c) = -1$). Сделаем это, и на детекторе **А** фотоотсчетов не будет. Перекроем свет в промежутке между кристаллами в канале **С**. Появляются фотоотсчеты в канале **А** – их вероятность ненулевая. Следовательно, если бы хоть в одной реализации схемы со всеми тремя открытыми каналами отсутствовало поле в канале **С**, то вероятность фотоотсчетов в детекторе **А** была бы ненулевой. А она нулевая! Итак, поле в канале **С** (одиночные фотоны накачки) присутствует в *каждой* реализации. Аналогично, перекрывая свет в других каналах, доказывается одновременное присутствие в *каждой* реализации поля в каналах **А** и **В** (парных фотонов). Другими словами, если бы при всех открытых каналах в каких-либо реализациях поле отсутствовало бы, по крайней мере, в одном из каналов, то вероятность фотоотсчетов на детекторе **А** была бы ненулевой. Значит, поле присутствует в *каждой* реализации во всех трех каналах **А**, **В** и **С** между кристаллами. Об этом свидетельствует и косинусная зависимость $1 + \cos(\Phi_a + \Phi_b - \Phi_c)$ вероятности фотоотсчетов от линейной комбинации всех трех фаз: ее нельзя представить в виде суммы вероятностей $P(\Phi_a, \Phi_b)$ и $P(\Phi_c)$. Хотя в эксперименте [2] эта гармоническая зависимость наблюдалась с некоторым постоянным фоном, так что “нулей”, строго говоря, не было, последний аргумент не теряет силы.

Таким образом, в поле между кристаллами одновременно должны присутствовать все три фотона. Но это противоречит закону сохранения энергии, поскольку на вход интерферометра подавался один фотон накачки, энергия которого вдвое меньше энергии трех фотонов. Такой эксперимент интерференции поля в состоянии с определенной энергией и неопределенным числом фотонов противоречит модели с определенным априори числом фотонов. Даже если использовать предположение об интерференции "частей фотонов", в сумме дающих постоянное значение энергии поля, то придется признать, что в схеме на рис.2 в свободном пространстве между кристаллами присутствуют все три таких "части фотона" (поскольку поле одновременно должно присутствовать во всех трех каналах). Тогда, в первой серии эксперимента (с изъятым вторым кристаллом), эти "части фотонов" при детектировании случайным образом мгновенно складываются то в один, то в два фотона. Но это и есть отсутствие фотонов в поле до момента регистрации света детектором. "Фотон является фотоном, если это зарегистрированный фотон" [3].

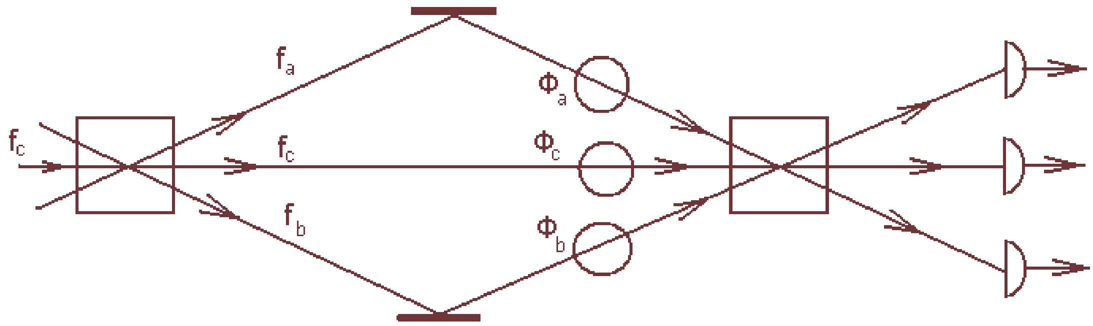


Рис. 2. Схема интерференционного эксперимента, доказывающего априорное несуществование измеряемых параметров. На вход подаются единичные фотоны на частоте f_c. Вероятность фотоотсчетов на детекторе А пропорциональна $1+\cos(\Phi_a+\Phi_b-\Phi_c)$, что свидетельствует об одновременном присутствии поля во всех трех каналах, т.е. всех трех фотонов в случае их существования до момента детектирования (точнее, после первого кристалла). Но энергии одного входного фотона достаточно лишь на половину энергии трех фотонов.

Квантовая нелокальность

Рассмотрим эксперимент с интерферометром Маха – Цендера (рис.3). Подадим на него однофотонное состояние и уберем вначале второй светоделитель, расположенный перед фотодетекторами. Детекторы будут регистрировать одиночные фотоотсчеты либо в одном, либо в другом канале, и никогда оба одновременно, так как на входе – один фотон.

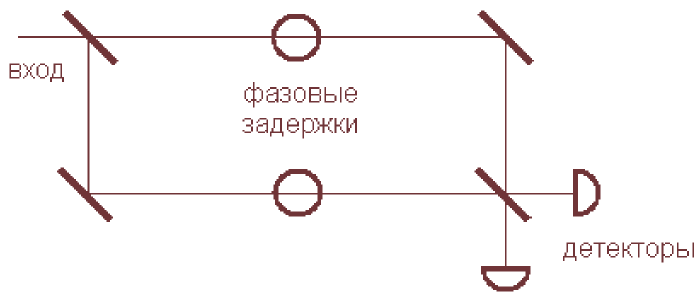


Рис. 3. Схема интерферометра Маха–Цендера.

Вернем светоделитель. Вероятность фотоотсчетов на детекторах описывается гармонической функцией $1 \pm \cos(\Phi_1 - \Phi_2)$, где Φ_1 и Φ_2 – фазовые задержки в плечах интерферометра. Знак зависит от того, каким детектором ведется регистрация. Эту гармоническую функцию нельзя представить в виде суммы двух вероятностей $P(\Phi_1) + P(\Phi_2)$. Следовательно, после первого светоделителя фотон присутствует как бы в обоих плечах интерферометра одновременно, хотя в первом акте эксперимента он находился только в одном плече. Это необычное поведение в пространстве и носит название квантовой нелокальности. Ее нельзя объяснить с позиций привычных пространственных интуиций здравого смысла, обычно присутствующих в макромире. Причина, по-видимому, состоит в том, что векторы квантовых состояний принадлежат гильбертову векторному пространству, для которого пространственная локальность вовсе не является обязательной.

Вот еще один пример квантовой нелокальности (рис.4) [4]. В некоторых кристаллах реализуется так называемый второй тип параметрического взаимодействия, когда фотоны плоско-поляризованного лазерного света распадаются на пары рассеянных фотонов с взаимно ортогональными поляризациями. Рождение пары происходит одновременно, но поляризация каждого фотона заранее неизвестна. Например, один из пары может после анализатора попасть на детектор 2 первого наблюдателя, что соответствует поляризации в плоскости рисунка, тогда как второй фотон при этом *необходимо* попадет на детектор 1 второго наблюдателя, что соответствует взаимно-ортогональной его поляризации. С вероятностью 1/2 может наблюдаться взаимно обратная ситуация (сработает детектор 1 первого наблюдателя, и 2 − второго). Если интерпретация результатов эксперимента, описанного в первом подразделе, правильна, то можно считать, что *априори*, т.е. до момента регистрация хотя бы одного из фотонов пары, определенной поляризации каждого из фотонов пары не существовало. В момент же регистрации − срабатывания детектора в одном из каналов − происходит так называемая редукция квантового состояния: если второй фотон пары еще не достиг детектора, то с вероятностью единица он приобретает поляризацию, взаимно ортогональную зарегистрированной у первого. Согласно общепринятому мнению, подтвержденному экспериментально, редукция происходит мгновенно (конечно, в пределах возможностей экспериментаторов). Фотоны пары могут разлететься на несколько километров друг от друга, но "информация" о результате детектирования первого фотона мгновенно изменяет квантовое состояние второго: оно становится состоянием с определенной поляризацией.

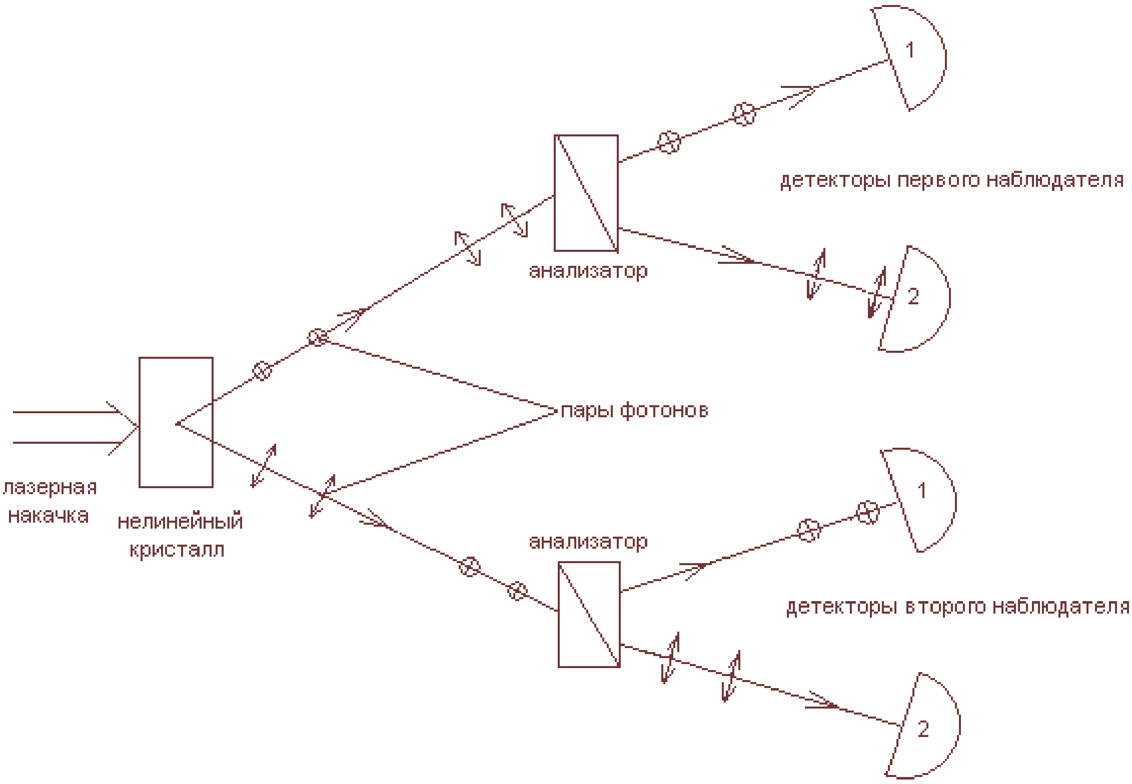


Рис. 4. Эксперимент с парами одновременно испускаемых фотонов: хотя на рисунке у фотонов показаны определенные поляризации, реально до момента регистрации хотя бы одного фотона ни у одного из фотонов пары нет определенной поляризации. Тем не менее, их поляризации всегда оказываются взаимно ортогональными. В момент регистрации одного из фотонов пары происходит мгновенное изменение состояния второго фотона – он получает определенную поляризацию.

Можно ли при этом говорить о сверхсветовой скорости передачи информации при помощи параметрического рассеяния света? По-видимому, это невозможно. Дело в том, что для функционирования линии связи между удаленными наблюдателями пар фотонов, они, помимо детекторов, должны еще располагать и "телефоном", ибо не имея сведений о результате детектирования первого фотона, наблюдатель второго видит фактически случайный сигнал с равновероятной (1/2) поляризацией.

О парадоксе Белла

В несколько упрощенном виде вариант одного из экспериментов по проверке теоремы Белла для двух наблюдателей представлен на рис.5. Источник света одновременно испускает пары фотонов, один из которых направляется к первому наблюдателю – **A**, а второй – к **B**. У каждого наблюдателя имеется измерительный прибор, регистрирующий фотоны. Он может работать в двух режимах (символически это показано в виде двух положений переключателя, аналогично переключателю диапазонов радиоприемника). Прибор устроен так, что в результате регистрации фотона мы получаем бинарную информацию типа “да–нет”. Удобнее обозначить результат измерения как +1, либо –1. Наблюдатели ведут протокол измерений, в котором они указывают время регистрации фотона и результат регистрации (+1 или –1). Если регистрация произошла в режиме "верхнего" положения переключателя, то результат +1 у первого наблюдателя записывается как A=+1, если в режиме "нижнего" положения, то A'=+1. Аналогично у второго наблюдателя. Между собой наблюдатели не сообщаются (символически – между ними кирпичная стена). Протоколы измерений они направляют координатору (кружок справа). Координатор берет результаты одновременных измерений и составляет из них произведения типа AB или AB' (всего четыре варианта) в зависимости от режима, в котором происходила регистрация. Предварительно план эксперимента согласуется с наблюдателями: когда им следует производить переключения режимов. Эти произведения усредняются, и из них составляется так называемое неравенство Белла: $S=(\langle AB\rangle+\langle A'B\rangle+\langle AB'\rangle-\langle A'B'\rangle)/2$ по абсолютной величине не превосходит единицы. Угловыми скобками обозначена операция усреднения.

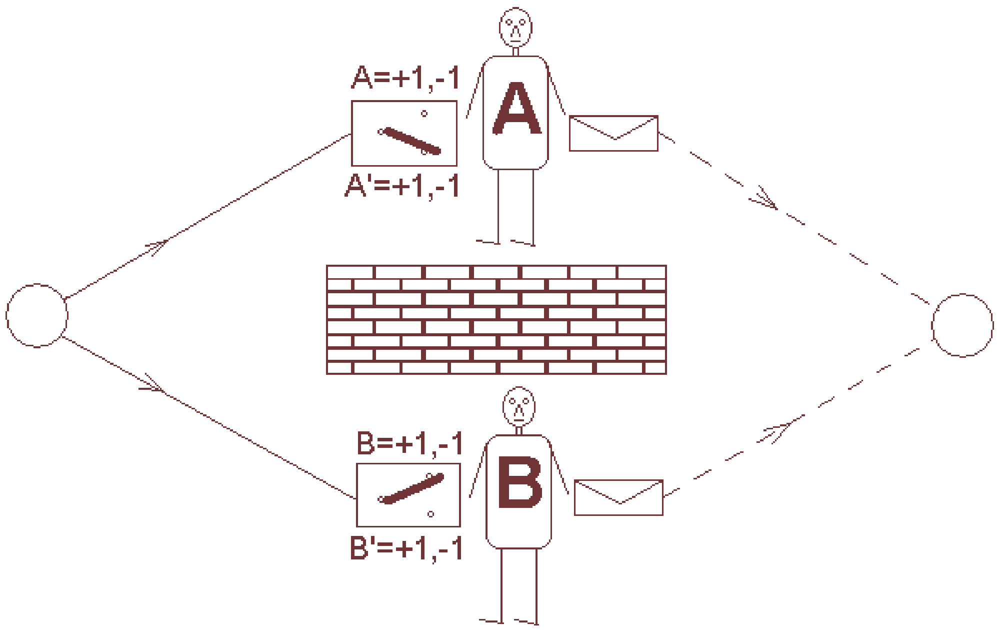


Рис. 5. Схема эксперимента проверки неравенства Белла (подробности в тексте).

Вывести неравенство Белла очень просто [3]. Предположим, что результат измерения каждого акта испускания фотонных пар полностью предопределен источником в момент их испускания, и источник не подвержен какому–либо влиянию со стороны измерительных приборов и наблюдателей. Тогда все возможные результаты измерений (значения A, A', В и В') предопределены. Поскольку их значения равны +1 или –1, величина S также равна +1 или –1, соответственно, и усреднение не может вывести S из интервала [–1,+1].

При определенных условиях неравенство Белла может нарушаться (см., напр., [5-11]). Это означает, что фотоны пары ведут себя не как независимые объекты, но как коррелированная система, т.е. результат регистрации фотона у первого наблюдателя (+1 или –1) как бы моментально становится "известен" второму фотону, хотя они могли уже разлететься на очень большое расстояние. Например, в экспериментах [8,9] расстояние между наблюдателями А и В составляло более 10 км. Использовалась так называемая схема интерференции Франсона, в которой каждый наблюдатель принимает фотон на вход интерферометра Маха-Цендера. Разность хода в плечах этих интерферометров выбиралась большей длины когерентности, так что обычная однофотонная интерференция, которая обсуждалась в начале раздела о квантовой нелокальности (рис.3), отсутствовала. Тем не менее квантовая корреляция между разлетевшимися на 10 км фотонами оставалась и неравенство Белла нарушалось.

Этому факту существует несколько объяснений. Первое состоит в формальном утверждении, что измеряемых значений параметров фотонов просто не существует. Это концепция отсутствия априорных значений параметров. Однако при этом невыясненным остается вопрос о природе связи между параметрами, которых не существует!

Второе объяснение привлекает таинственную взаимосвязь неизвестной природы между разлетающимися фотонами, происходящую мгновенно между пространственно удаленными объектами – квантовая нелокальность, о которой упоминалось выше.

Третье предполагает, что одна из пары разлетающихся частиц “живет” в “отрицательном времени” – из будущего в прошлое. Это означает, что она рождается в детекторе и летит к источнику. В момент встречи в источнике рождается вторая частица. Поскольку первая для нас существует как на кинопленке, запущенной в обратную сторону, нам кажется, что обе частицы рождаются одновременно в источнике.

Но на описанные эксперименты можно взглянуть иначе. В приведенных умозаключениях использовались традиционно понимаемые пространство и время, в которых реально существует световое поле. Эти посылки, однако, принимаются не всеми физиками. Например, в монографиях профессора Московского университета Ю.С.Владимирова [12,13] развивается теория, согласно которой всеобщего пространства и времени в микромире не существует. Такой подход, как представляется, разрешает квантовые парадоксы, поскольку снимается само понятие *априорности* в отсутствие времени в микромире. Время (и пространство) возникает лишь как результат некоторого усреднения "индивидуальных времен" большого количества элементарных частиц, характерного уже для макрообъектов.

Для нас же важно то, что в научном мире серьезно обсуждаются возможности существования объектов вне пространства-времени, и что пространство-время в макромире можно вводить не аксиоматически, а выводить из более фундаментальных понятий. Еще раз в этой связи подчеркнем, что векторы квантовых состояний, принадлежащие гильбертову векторному пространству, не подвержены стандартным пространственно-временным ограничениям.

Теорема Белла с учетом потерь

Нарушение неравенства Белла, зарегистрированное в экспериментах [5], опровергающее теорию скрытых параметров, подверглось последующей критике, поскольку наличие потерь позволяет эти результаты формально объяснить локальной теорией скрытых параметров (см., напр., [6,7] и цитируемую там литературу). В данном разделе показана возможность реабилитировать эксперименты [5].

Если верна локальная теория скрытых параметров, то результаты измерений по схеме на рис.5 предопределены в момент испускания пар элементарных частиц источником и могут быть описаны четырехмерными совместными вероятностями

$$P_{AA'BB'}(a,a',b,b') = \int\limits_{\Lambda(a,a',b,b')} d\lambda P(\lambda), \qquad (1)$$

которые представляют собой вероятности как бы одновременного измерения всех четырех величин. Здесь заглавными буквами обозначены измеряемые величины, а маленькими – их значения (+ или –1). $\Lambda(a,a',b,b')$ – подмножество полного множества скрытых параметров источника $\{л\}$, при котором измеряемые величины принимают значения a,a',b,b', а *P(л)* – распределение плотности вероятности скрытых параметров. Для краткости будем обозначать четырехмерные вероятности просто их значениями, например, $P_{AA'BB'}(a=+1,a'=-1,b=-1,b'=+1)=(+--+)$. Таких совместных вероятностей будет 2^4. Их сумма равна единице, а каждая из них находится в интервале [0,+1]. При этом момент $< AB >= \sum abP_{AA'BB'}(a,a',b,b')$, и аналогично для остальных трех моментов. Если подставить эти моменты в выражение для наблюдаемой Белла S=(<AB>+<A'B>+<AB'>–<A'B'>)/2, которая была введена в предыдущем разделе, то легко убедиться в справедливости неравенства Белла типа Клаузера – Хорна – Шимони – Хольта:

$$|< AB > + < A'B > + < AB' > - < A'B' >| \le 2. \tag{2}$$

Это второй способ его вывода. Квантовая теория предсказывает нарушение этого неравенства, что и было зафиксировано в экспериментах [5]. Однако, эффективность детекторов была меньше единицы и фактически измерялись трихотомные переменные $a, a', b, b' = 0, \pm 1$. При этом (2) может нарушаться и в рамках локальной теории скрытых параметров, поскольку появляются дополнительные возможности комбинаций значений совместных вероятностей. Их количество становится равным 3^4. Конкретные примеры приведены в работах [6,7]. Однако, на совместные четырехмерные вероятности можно наложить ограничения, связанные с тем, что вероятность срабатывания детекторов у наблюдателей A и B равна квантовым эффективностям η_a и η_b, соответственно, с учетом всех потерь. Предположим, что они не зависят от совокупности скрытых параметров $\{л\}$ (допустимость этого предположения обсудим ниже), тогда, $(\pm\pm\pm\pm)_{\eta<1} = \eta_a^2 \eta_b^2 (\pm\pm\pm\pm)_{\eta=1}$, поскольку четырехмерная вероятность представляет собой вероятность четырех фотоотсчетов. 16 совместных вероятностей с одним нулем также можно выразить через вероятности регистрации частиц идеальными детекторами, например, $(0\pm\pm\pm)_{\eta<1} = (1-\eta_a)\eta_a \eta_b^2 [(+\pm\pm\pm)_{\eta=1} + (-\pm\pm\pm)_{\eta=1}]$. 32 совместные вероятности с двумя нулями определяются аналогично следующему примеру: $(0\pm 0\pm)_{\eta<1} = (1-\eta_a)\eta_a(1-\eta_b)\eta_b[(+\pm+\pm)_{\eta=1} + (-\pm+\pm)_{\eta=1} + (+\pm-\pm)_{\eta=1} + (-\pm-\pm)_{\eta=1}]$, а каждая из 16 совместных вероятностей с тремя нулями равна сумме 8 вероятностей схемы с идеальными детекторами, умноженной на $(1-\eta_a)^2(1-\eta_b)\eta_b$ или на $(1-\eta_a)\eta_a(1-\eta_b)^2$ в зависимости от расположения нулей. Оставшаяся вероятность того, что не сработает ни один из детекторов (0000)= $(1-\eta_a)^2(1-\eta_b)^2 \sum_{\pm\pm\pm\pm}(\pm\pm\pm\pm).$ Теперь можно найти моменты

$$< AB >_{\eta<1} = \eta_a \eta_b < AB >_{\eta=1}, \tag{3}$$

и аналогично для остальных трех моментов. Определим также

$$<| AB |>_{\eta<1} = \eta_a \eta_b. \tag{4}$$

Таким образом, эксперимент с идеальными детекторами можно описать моментами схемы с реальными детекторами, например,

$$< AB >_{\eta=1} = \frac{< AB >_{\eta<1}}{<| AB |>_{\eta<1}} = \frac{\sum_M ab}{M}, \tag{5}$$

где M – число парных регистраций частиц двумя наблюдателями, т.е. когда одиночные отсчеты отбрасываются. Но именно так и проводилась статистическая обработка экспериментов [5].

Вернемся к адекватности предположения о независимости квантовых эффективностей детекторов от совокупности скрытых параметров $\{л\}$. Если оно верно, то правильны и итоговые соотношения (3), (4), а их легко проверить экспериментально, вводя регулируемые потери в каналы наблюдателей А и В. В случае успешной их проверки можно воспользоваться (5).

Последние примерно 10 лет ведутся довольно интенсивные дорогостоящие попытки экспериментального опровержения теории скрытых параметров в схемах с высокоэффективными детекторами (см., напр., [11]). Изложенные здесь соображения позволяет снизить требования к квантовой эффективности детекторов для экспериментального опровержения локальной теории скрытых параметров.

Квантовый парадокс Зенона

Этот парадокс формулируется так [14]: повторяющееся (в пределе – непрерывное) измерение квантовой системы препятствует ее переходу в другое состояние. Другое его название – *эффект сторожевой собаки*. Он выводится из квантовой теории измерений, в частности, из постулата фон Неймана. С одной стороны, это звучит неожиданно, поскольку, например, наблюдая за Луной, вряд ли можно ожидать изменения ее траектории. Но, с другой стороны, и в обыденной жизни мы знаем, что если напряженно, не отрывая глаз, ждать, когда закипит чайник, ожидание покажется бесконечным, как и сверление больного зуба, хотя, казалось бы, надо потерпеть чуть–чуть. В качестве простого примера рассмотрим в начале двухуровневый атом, т.е. имеющий две электронные орбиты: нижнюю – стабильную, и верхнюю, соответствующую возбужденному состоянию, которое через некоторое время переходит в стабильное, что сопровождается излучением фотона света с частотой резонансного излучения, см. рис. 6. Если теперь осветить этот атом извне таким же резонансным излучением, то электрон атома начинает периодически переходить с нижней орбиты на верхнюю и обратно. При этом говорят, что атом гармонически осциллирует между уровнями с так называемой частотой Раби Ω.

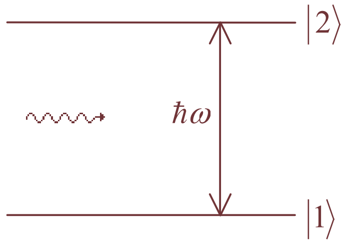


Рис. 6. Двухуровневый атом в
поле резонансного излучения.

Теперь произведем измерение состояния атома. Пусть в результате измерения через небольшой промежуток времени Δt с момента $t=0$, когда атом находился в основном состоянии, мы установим, что атом продолжает находиться в основном (нижнем) состоянии. Тогда эволюция начнется снова – уже не с момента времени $t=0$, а с $t=\Delta t$, т.е. измерение приведет к задержке по времени на Δt. Если за атомом наблюдать непрерывно $(\Delta t \to 0)$, то эволюция атома вообще прекратится, несмотря на наличие резонансного излучения. Правда, в реальном эксперименте этого добиться трудно, а вот существенное замедление эволюции зарегистрировано [15].

Итак, в противовес формальной логике, мы получили несомненную зависимость динамики объекта от наличия наблюдателя, производящего измерение. Но как произвести такое наблюдение? Можно взять атом с тремя уровнями [16], расположенными в соответствии с рис. 7. По наличию излучения, соответствующего переходу $|2\rangle \to |3\rangle$, можно заключить о том, что атом находился в возбужденном состоянии.

Каким же будет результат подобного эксперимента? Система "замораживается" на уровне $|1\rangle$ при наличии возможности ее моментального перехода (измерения) с уровня $|2\rangle$ на уровень $|3\rangle$. Это пример реализации парадокса Зенона при непрерывном измерении – слежении за испусканием спонтанных фотонов на частоте ω_{23}. Хотя самого слежения фактически может и не быть. Важно, что имеется потенциальная возможность такого слежения. Еще раз остановимся на необычности эффекта. Мы имеем возможность двух последовательных переходов: $|1\rangle \to |2\rangle \to |3\rangle$. Казалось бы, чем "легче" переход $|2\rangle \to |3\rangle$, тем лучше для всего каскада двух процессов. Но это не так: переход $|2\rangle \to |3\rangle$ тормозит переход $|1\rangle \to |2\rangle$, т.е. переходы не являются статистически независимыми. Здесь мы вновь сталкиваемся с парадоксальной с точки зрения житейского опыта ситуацией, когда возможность наблюдения за системой кардинально меняет ее поведение, а в последовательном каскаде двух, казалось бы, независимых процессов второй по времени может радикально влиять на первый. В этом необычном поведении системы во времени можно усмотреть и нарушение причинности.

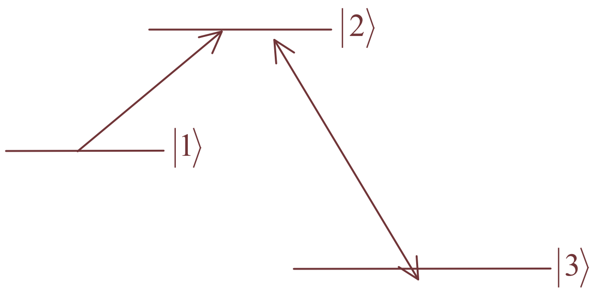


Рис. 7. Трехуровневая Λ-конфигурация: уровень $|2\rangle$ нестабильный и может спонтанно распадаться на уровень $|3\rangle$, который никак более не участвует в динамике системы. Исходно атом приводится в состояние $|1\rangle$. Резонансное излучение на частоте перехода $|1\rangle \leftrightarrow |2\rangle$ может перевести атом в состояние $|2\rangle$, однако вероятность этого перехода уменьшается с ростом эффективности спонтанного перехода $|2\rangle \to |3\rangle$, который является измерением состояния атома по регистрации спонтанных фотонов на частоте ω_{23}.

Кроме того, объект наблюдения и измеритель в рассмотренных иллюстрациях квантового парадокса Зенона образуют неделимую, с точки зрения результата эксперимента, систему, т.е. представляют собой так называемый *холон* [17]. Холоном является и каскад двух последовательных процессов $|1\rangle \to |2\rangle \to |3\rangle$. Следовательно, холоны могут связывать воедино не только пространственно разделенные объекты, но и процессы, происходящие в разные моменты времени.

Литература

1. A.V.Belinskii, D.N.Klyshko. *Laser Phisics* **6**, 1082, 1996.
2. A.V.Burlakov, M.V.Chekhova, D.N.Klyshko, S.P.Kulik, A.N.Penin, Y.H.Shih, D.V.Strekalov. *Phys. Rev.A* **56**, 3214, 1997.
3. Д.Н.Клышко. *УФН* **164**, 1187, 1994.
4. A.V.Belinskii. *Laser Phisics* **12**, 939, 2002.
5. A.Aspect, P.Grangier and G.Roger, *Phys. Rev. Lett.* **47**, 460 (1981); A.Aspect, J.Dalibar and G.Roger, *Phys. Rev. Lett*. **49**, 1804 (1982).
6. А.В.Белинский. *Письма в ЖЭТФ* **64**, 294 (1996).
7. А.В.Белинский. *УФН* **167**, 323 (1997).
8. W.Tittel, J.Brendel, B.Gisin, H.Zbinden, N.Gisin. *Phys Rev.A* **57**, 3229

(1998).
9. W.Tittel, J.Brendel, H.Zbinden, N.Gisin. *Phys Rev.Lett.* **81**, 3563 (1998).
10. P.G.Kwiat et.al. *Phys Rev.A* **60**, 773 (1999).
11.G.Brida et.al. *Phys.Lett.A* **268**, 12 (2000).
12. Ю.С.Владимиров. *Реляционная теория пространства-времени и взаимодействий.* Ч.1. Теория систем отношений. М.: МГУ. 1996.
13. Ю.С.Владимиров. *Реляционная теория пространства-времени и взаимодействий.* Ч.2. Теория физических взаимодействий. М.: МГУ. 1998.
14. B.Misra, E.C.G.Sudarshan. *J.Math.Phys*. **18**, 756(1977).
15. W.M.Itano, D.J.Heinzen, J.J.Bollinger et. al. *Phys. Rev.* ***A41***, 2295 (1990).
16. М.Б.Менский. Квантовые измерения и декогеренция. М.: Физматлит. 2001.
17. А.В.Московский. От метафизики к физике. В сб.:"Седьмые Международные Рождественские образовательные чтения. Христианство и наука. Сборник докладов Конференции". М.: Просветитель", 2000, с. 196-204; А.В.Московский. Существует ли научная альтернатива дарвиновской концепции эволюции. В сб.: "Девятые Международные Рождественские образовательные чтения. Христианство и наука. Сборник докладов Конференции". М.: Просветитель", 2001, с 297-321; А.В.Московский. Квантовая телепортация. От физики к метафизике. В сб.: "Десятые Международные Рождественские образовательные чтения. Христианство и наука. Сборник докладов Конференции". М.: Просветитель", 2003, с. 341-356.

Математика и физика пространственно-временного континуума

С. А. Векшенов

Российская академия образования

Введение

Как известно, наше понимание физического мира в значительной степени детерминировано принятой точкой зрения на пространство и время. Современный взгляд на эти категории сформировался в начале XX века как синтез идей релятивизма и теории множеств. Суть этого синтеза в общих чертах состояла в следующем.

На условный момент создания теории относительности в 1905 г. (как известно, это был длительный процесс, в котором участвовало не менее десятка человек, включая Г.А.Лоренца, А.Пуанкаре, А. Эйнштейна и др.) в физике было две самодостаточные теории: механика И. Ньютона и электродинамика К. Максвелла. Эта ситуация «двух хозяек на одной кухне» с точки зрения существующей тогда философии была совершенно неприемлемой. Принципиальным моментом этой коллизии было взаимоотношение двух универсальностей: пространства и времени из механики и эфира из электродинамики. В принципе были возможны два варианта их объединения: на основе пространства-времени или эфира. Выбор из этих двух возможностей должна была сделать математика. К этому времени уже вполне оформилась теоретико-множественная точечная модель континуума, которая и была взята за основу объединенной теории. Ее первичным понятием явилось понятие «события» - точки в едином пространственно-временном континууме. Концепция эфира была представлена в этой модели аксиомой постоянства скорости света, которая через метрику была «подсоединена» к аксиомам пространства. В результате получилось некое синтетическое образование, которое было названо «пространством Минковского». Сама же методология соединения разнородных сущностей на основе аксиом была впоследствии превращена Н.Бурбаки в универсальную методологию познания.

Все остальные моменты построения: принцип относительности, эксперимент Майкельсона-Морли и пр. имели значение для создателей теории, но не для самой теории (это, в частности, подчеркивал и В.А.Фок).

Разумеется, после этого все модели эфира были отброшены, и основной ареной физики стало точечное псевдоевклидово, а позднее и псевдориманово пространство-время.

Подобный поворот событий дал повод отождествить единую категорию пространства-времени с «геометрией», которая, в свою очередь, определялась набором аксиом для множества точек-событий.

Традиционно выделяются следующие основные классы аксиом:

- аксиомы упорядоченности,
- метрические аксиомы,
- топологические аксиомы, включающие аксиому размерности,
- аксиомы допустимых координатных систем,
- арифметические аксиомы, с особым вниманием к аксиоме Архимеда.

Эти классы аксиом можно рассматривать как своеобразные «параметры» пространства-времени. Варьируя «значениями» этих параметров, а также вводя дополнительные аксиомы, можно получить множество разнообразных «геометрий», а следовательно, многообразие моделей пространства-времени. Это значит, что, изменяя набор аксиом можно в принципе «настраивать» свое интеллектуальное зрение на осмысление физической реальности.

Последовательная реализация этой мысли составляет содержание фундаментальной концепции «геометрофизики», которая в XX веке получила значительное развитие. С максимальной полнотой эта концепция представлена в одноименной монографии Ю.С.Владимирова [1].

Вместе с тем в этой концепции имеется ряд существенных проблем. Например, возникающие в квантовой теории поля расходимости непосредственно связаны с точечной структурой пространственно-временного континуума. С другой стороны, точечная структура континуума описывается действительными числами, в то время как физика микромира оперирует числами комплексными (точнее амплитудами вероятности). К названным проблемам можно добавить также апории Зенона, из которых следует невозможность адекватного описания движения в точечном континууме.

Достаточно очевидно, что эти проблемы имеют «не физический» характер. Пространство-время мыслится точечным, теоретико-множественным континуумом, который и является ответственным за возникновение обрисованных выше проблем. Иными словами, проблема заключается в самом абстрактном понятии «точки». Это значит, в частности, что «геометрия» не дает полной картины пространственно-временного континуума. Аксиомы всегда подразумевают существование некого носителя, который a priori полагается множеством (точек).

Как уже отмечалось, многообразие моделей пространства-времени основано на «параметризации» систем аксиом. При этом носитель аксиом множество остается некой «константой». Расширяя концепцию геометрофизики, можно предположить, что характер физической реальности детерминируется не только аксиомами, но и свойствами их носителя. Подвергая вариации носитель, мы получаем возможность расширить наше представление о реальном мире.

Эта естественная мысль сталкивается с проблемой, что современная математика в целом игнорирует объекты, которые радикально не вписываются в теоретико-множественную концепцию. В этом плане поиск альтернативы множеству, как носителю геометрии выливается в проблему переосмысления теории множеств в целом и теории континуума в частности.

Континуум, как и геометрия, является одним из фундаментальных компонентов нашей интуиции. Как и в случае геометрии, модель континуума определяет границы и способы познания реальности. Принятая современной математикой точечная модель континуума является исключительно эффективной в техническом плане, но крайне проблемной в отношении логики (континуум-гипотеза) и с точки зрения упомянутых физических интерпретаций. Тем не менее и математика, и теоретическая физика продолжает придерживаться этой модели в силу ее неоспоримых технических достоинств. К сожалению, эти достоинства практически полностью заслонили саму первоначальную интуицию непрерывного, и точечный континуум видится едва ли не единственной его моделью.

Чтобы не оставаться в тени этой иллюзии воспроизведем (как правило, с помощью пространных цитат) ряд классических ключевых идей, которые составляют полноценную альтернативу теоретико-множественной модели континуума, в частности, континуума пространства-времени.

1.

Понятие непрерывного возникло из необходимости отобразить в мышлении феномен движения. Возникшие при этом проблемы оставили след на всех дальнейших теоретических конструкциях, связанных с идеей непрерывного. Обычно их связывают с именем Зенона Элейского, который в четырех дошедших до нас «апориях», доказывает, что движение не может быть мыслимо без внутреннего противоречия.

Рассмотрим аргументы Зенона на примере апории «Ахиллес». Поскольку содержание этой апории хорошо известно, перейдем сразу к ее анализу.

Рассмотрим отрезок [0,1]. Зенон утверждает, что исчерпать отрезок длиной 1 путем его бесконечного деления невозможно, т.е. $1 \neq \sum(1/2)^n$. Это действительно так, если оставаться в рамках потенциальной бесконечности. Если же перейти к бесконечности актуальной, то апория должна исчезнуть, поскольку $\sum(1/2)^n = 1$ (*).

Однако остается существенная проблема. Члены рассматриваемой последовательности занумеровны натуральными числами, более того - порядковыми натуральными числами, коль скоро речь идет о представлении движения. Последовательность порядковых чисел не завершается даже в том случае, когда завершается та же самая последовательность количественных чисел. Это значит, что в формуле (*) опять возникает потенциальная бесконечность и апория Зенона восстанавливается, поскольку левая часть этой формулы - постоянная величина, а правая - неограниченный процесс.

Эта ситуация была вполне осознана еще в 30-х годах прошлого века, хотя и без явного упоминания о порядковой бесконечности. В знаменитой монографии «Основания математики» Д.Гильберт и П.Бернайс по поводу парадокса Зенона сделали в высшей степени интересное замечание. «Обычно этот парадокс пытаются обойти рассуждениями о том, что сумма бесконечного числа этих временных интервалов все-таки сходится и дает конечный промежуток времени. Однако это рассуждение абсолютно не затрагивает один существенный парадоксальный момент, а именно парадокс, заключающийся в том, что некая последовательность следующих друг за другом событий, последовательность, завершаемость которой мы не можем себе даже и представить (не только фактически, но хотя бы даже и в принципе), на самом деле все-таки должна завершиться. . . »

Примечательно и предлагаемое ими решение проблемы.

«В действительности, конечно, существует более радикальное решение этого парадокса. Ведь на самом деле мы вовсе не обязаны считать, что математические пространственно-временные представления о движение являются также физически осмысленными и в случае произвольно малых пространственных и временных интервалов. Более того, у нас имеются все основания предполагать, что, стремясь иметь дело с достаточно простыми понятиями, эта математическая модель экстраполирует факты, взятые из определенной области опыта, а именно из области в пределах того порядка величин, которые еще доступны нашему наблюдению, подобно тому как совершает определенную экстраполяцию механика сплошной среды, которая кладет в основу своих рассмотрений представление о непрерывном заполнении пространства материей. Подобно тому как при неограниченном пространственном дроблении вода перестает быть водой, при неограниченном дроблении движения также возникает нечто такое, что едва ли может быть охарактеризовано как движение. Если мы встанем на эту точку зрения, то этот парадокс исчезает» ([2], стр. 40-41).

Фактически, Гильберт и Бернайс утверждают, что континуум ни в каком случае не может быть адекватно представлен множеством точек, иначе возникают парадоксы, аналогичные апориям Зенона.

Такой взгляд на континуум приближается к взглядам Аристотеля, который понимал непрерывность как то, что делится на части, всегда в свою очередь делимые. Это означает, что в непрерывном нет неделимых частей и его нельзя сложить из этих частей. С этой точки зрения, окружность, например, нельзя мыслить состоящую из точек, поскольку точка есть «то, что не имеет частей». Существенным является тот факт, что вместе с понятием непрерывного Аристотель рассматривает понятие неделимого. Неделимое, с одной стороны, противопоставляется непрерывному. С другой стороны, только с помощью неделимых непрерывное обретает форму и может быть познано как нечто определенное.

Вполне конструктивную форму такой двойственный континуум приобрел у Г.В.Лейбница. Более того, он создал целую метафизику, центральным понятием которой была именно некая динамичечкая целостность. Лейбниц назвал эту целостность монадой и выделил ее основные свойства, например:

«1. Монада есть простая субстанция, которая входит в состав сложных; простая, значит не имеющая частей…

10. Я принимаю также за бесспорную истину, что всякое сотворенное бытие а, следовательно, и сотворенная монада - подвержена изменению и даже что это изменение в каждой монаде беспрерывно.

11. Из сейчас сказанного следует, что естественные изменения монад исходят из внутреннего принципа, так как внешняя причина не может иметь влияния внутри монады» [3].

Коротко, монады - это неделимые, обладающие собственным внутренним самодвижением. В этом монады принципиально отличаются от точек. В математике и естественных науках монады хорошо известны под именем «бесконечно-малых величин». В отношении этих величин позиция Лейбница заключалась в следующем. «Если кто-то не желает рассматривать бесконечно-малые и бесконечно-большие как реально существующие, он может пользоваться ими как «идеальными понятиями», которые сокращают рассуждения подобно мнимым корням в обычном анализе (вроде, например $\sqrt{-2}$)... Таким же образом представляют более трех измерений...- все это для установления идей, способных сокращать рассуждения и основывающихся на реальностях» (цитировано по книге [4], стр. 262).

Бесконечно-малые величины очень хорошо отражали двойственность континуума, о которой речь шла выше. Однако наследующие Лейбницу поколения математиков и, особенно, физиков воспринимало величины dx и dy отнюдь не как бесконечно-малые переменные величины (хотя на экзамене надо было отвечать ровно так), а как некоторые, хотя и очень малые, но все же величины постоянные.

Тем не менее, бесконечно-малые величины после создания теории пределов стали считаться фикцией, затемняющей ясную картину анализа. Но в 1961 А.Робинсон показал, что этому понятию можно придать точный смысл, и построить анализ, названный «нестандартным» (более точно, это «неархимедов анализ», т.е. математический анализ, использующий числа, для которых несправедлива аксиома Архимеда: если $x < y$, то $\exists\, n$, такое, что $xn > y$). В этом анализе бесконечно-малые уже являются постоянными числами, хотя и с довольно необычными свойствами [4].

Создание теории множеств, а вместе с ней и точечной модели континуума, дало в руки математиков исключительно мощную и эффективную конструкцию. К сожалению, ее отношение к реальности оказалось в высшей степени проблематичным. Исключительно ярко и эмоционально суть проблемы описал Г.Вейль в блестящем эссе «Das Kontinuum».

В качестве наиболее фундаментального континуума, непосредственно данного созерцанию, Вейль справедливо называет *время.* Чтобы строго установить связь этого континуума с математическими понятиями, прежде всего с понятием числа необходимо установить в этом континууме строго точечную констатацию моментов времени «теперь». Тогда можно ввести отношение порядка: что будет «раньше», что «позже». Далее два момента времени можно соединить отрезком, выяснить условия равенства отрезков и т.д. Все это является по Вейлю построением математической теории времени.

Дальше Вейль ставит вопрос таким образом: «Если моменты времени с их отношением «раньше» и «позже» могут действительно служить фундаментом чистой теории времени, то в созерцании времени должен быть заложен ответ на вопрос: имеется ли такого рода соответствие между моментами времени и действительными числами или нет? Если оно отсутствует, то следует попытаться так расширить или изменить наши дефинициональные принципы, чтобы достигнуть желаемого согласия. Если же это окажется недостижимым, то чисто арифметический анализ лишается реальной ценности, и учение о континууме придется рассматривать как нечто самостоятельное и стоящее на одной ступени с учением о числе…» Ответ на этот вопрос, с точки зрения Вейля, очевиден: «Фундаментом математической теории может быть, по-видимому, натуральное число (Вейль старается не прибегать к понятию множества - примечание С.В.), но не континуум, поскольку ему не хватает опоры в наглядном созерцании. Заслугой философии Бергсона следует считать подчеркивание глубокого отчуждения мира математических понятий от непосредственно переживаемого феноменологического времени («la durêe»)…

Например, если я воспринимаю свет в течение короткого интервала времени, то в момент времени А я обладаю переживанием не только этого восприятия, но и теми воспоминаниями, которые «о» переживаемых восприятиях во все прошлые моменты времени… непрерывное восприятие …бесконечно много вложенных друг в друга и взаимосвязных систем бесконечно многих воспоминаний (в литературе это называется «потоком сознания», - прим. С.В.)…Представление о потоке, как о состоящим из отдельных точек и поэтому *распадающемся* на эти точки, оказывается ошибочным. От нас ускользает то, что составляет непрерывность, переливание от точки к точке…

Для объективного представления времени получается вот что: 1) отдельная временная точка не является самостоятельной; 2) каждый момент времени непредсказуем, возможна лишь приближенная фиксация.»

И далее: «Не от нашей воли зависит, что мы не можем связать непрерывность с системой целых чисел. И все же, кто знает, что еще дремлет в лоне физики будущего - квантовой теории!»[5]. Напомним, что книга Вейля была написана в 1917 г.

В последние десятилетия канторовская теория множеств подвергается все более жесткой критике. Одновременно делаются попытки построить некую «альтернативную теорию множеств», в которой понятие «множества» вводится не столь прямолинейно, как в теории Кантора. Одной из интересных попыток в этом направлении была предпринята выдающимся чешским математиком и логиком П.Вопенкой (он независимо от П.Коэна решил континуум-проблему, но его публикация появилась несколько позже).

Основным мотивом альтернативной теории множеств является построение теории, в которй феномен бесконечности согласуется с опытом. С точки зрения этой теории бесконечность встречается при наблюдении очень больших, необозримых множеств. Актуальная бесконечность, на которой базируется канторовская теория, не рассматривается. Аналогичный «естественнонаучный» подход к бесконечности, при котором понятие актуальной бесконечности заменялось понятием «неосуществимости», был предложен еще в 50-х годах А.С.Есениным-Вольпиным. В альтернативной теории множеств бесконечность вводится с помощью т.н. «полумножества». Лучше всего это понятие проиллюстрировать конкретным примером. Возьмем свойство «быть любимым человеком». С точки зрения традиционной теории множеств можно вполне образовать множество любимых (кем-то) людей. С другой стороны, подобную совокупность невозможно образовать, поскольку нет четкой границы между «еще не любимым» и «уже не любимым». Совокупность, которая учитывает не только наличие элемента, но и его качества, является полумножеством.

В этой концепции феномен непрерывности возникает тогда, когда мы наблюдаем множество, но не в состоянии идентифицировать (различить) его индивидуальные элементы. Например, когда мы наблюдаем кучу песка с большого расстояния, она представляется нам непрерывной.

Если отвлечься от методологических установок альтернативной теории множеств (которые удивительно напоминают борьбу за «наблюдаемость» в физике), идея непрерывности и, соответственно, бесконечности как неразличимости является новым моментом, по сравнению с аристотелевской и канторовой традицией.

Приведенный краткий обзор еще раз подчеркивает, что точечная модель является далеко не единственной моделью континуума. При этом она является такой моделью, которая, в целом, не адекватно передает интуицию непрерывного. Более того, можно сказать, что теория точечного континуума, созданная Георгом Кантором, в значительной мере отражает его собственные устремления, но отнюдь не реальное положение дел (об этом, ссылаясь на личный разговор с Кантором, говорил еще Ф. Клейн). Убедительность концепции динамического континуума, напротив, отчаянные попытки определить место точечного континуума на кардинальной шкале (континуум-проблема) говорят о том, что Аристотель и Лейбниц были ближе к существу дела, чем Кантор.

2.

Сила теории точечного континуума в детально разработанном и адекватном его идеологии математическом аппарате. Для развития неканторовской теории континуума также необходимо создание соответствующего ее устремлениям формализованного аппарата.

В данном разделе сформулированы основные положения теории, которая может быть положена в основу математики неканторовского континуума.

Фундаментом математики и ее приложения является учение о числе. Любое натуральное число двойственно - одно является одновременно и количественным, и порядковым. При этом по старой философской традиции «количество» замкнуто на пространство, «порядок» - на время. Как расставлять приоритеты - зависит от точки зрения, но связь этих категорий является очень тесной.

Несмотря на факт такой двойственности, современная математика понимает число исключительно в количественном аспекте. Причину этого можно усмотреть в следующем.

2.1. В 30-х годах XIX века 20-летний гений Эварист Галуа в достаточно явной форме сформулировал новую парадигму познания математических структур посредством изучения их групп автоморфизмов. Но современная ему математика только начала осваивать структуры. Идеи процесса и его предела, привнесенные анализом, в то время, несомненно, доминировали.

Развитие парадигмы Галуа требовало прижать математике структурный характер. Для этого необходимо было, прежде всего «подавить» все проявления процесса. Для такого разворота были и свои резоны: объект непознаваем, коль скоро он находится в движении, в становлении.

Нужна статическая «идея» этого объекта. Проводником такой платоновской (а точнее неоплатоновской) переделки математики явилась теория множеств. Ее основной методологический шаг почти тривиален: если процесс состоит из точек, а к этому подталкивает, например, понятие «скорости в точке», то, собрав вместе все точки, мы и получим «идею» процесса, т.е. некоторое множество.

Множество имеет кардинальное число и может быть наделено структурой. Кардинальное число - это количество элементов, быть может, бесконечное, оно является обобщением *количественной составляющей* натурального числа. С другой стороны, процесс «отпечатывается» на множестве в виде следа, образуя некоторую структуру. Простейший пример - упорядоченное множество - след времени как параметра процесса. Появление теоретико-множественных структур позволяет уже реализовать идею Галуа. Круг замкнулся.

Приведенная схема, со всеми ее обобщениями, модификациями и обратными ходами, образует основную идеологическую конструкцию современной математики - ее количественный взгляд на окружающий Мир. Именно эта идеология определяет линию применения математики в других дисциплинах. Яркий пример - пространство Минковского, - состоящего из множества точек-событий, наделенных структурой группы Лоренца.

Теория множеств - универсальная теория количеств. Все, что количеством *не является*, определяется в ней через количество. Например, порядковое число «7» - это множество, состоящее из семи *упорядоченных* элементов. В таком множестве действует своеобразная «машина времени»: можно свободно перейти от «1» к «7» и от «7» к «1». Идею необратимости времени эта конструкция, разумеется, никак не отражает.

Примером более жесткого подавления процесса является т.н. «диагональный метод» Кантора. Его суть заключается в том, что собранные вместе элементы множества M могут в определенной ситуации породить новый элемент M. Разумеется, это в чистом виде *внутренний процесс*. Но теория множеств не признает процессов и просто говорит, что множество M имеет большую мощность, чем предполагалось a priori.

Подобные «приручения» процесса и самого времени достаточно долго импонировали человеку внушением, что он является «мерилом всех вещей». Примечательно, что еще Э. Шредингер заметил, что публичный успех специальной теории относительности связан именно с такой возможностью «приручения» времени.

Реальные *математические* процессы в теоретико-множественной концепции были вынуждены вести катакомбное существование, заявляя о себе через фундаментальные принципы, ограничивающие притязания разнообразных формализмов. Принципы дополнительности, неопределенности, вкупе с теоремой Геделя о неполноте, составившие методологический фундамент науки XX века - это прорвавшиеся на поверхность свидетельства об ограниченности теоретико-множественного, количественного взгляда на вещи.

Теория множеств - великая концепция, достижения и ограничения которой на сегодняшний день совершенно ясны. Более того, платоновские мотивы этой концепции по-прежнему значимы. Попытки Брауэра и конструктивистов вернуться к процессу - потенциальной бесконечности как альтернативе бесконечности актуальной - являются попытками посмотреть на проблему снизу вверх, что, разумеется, не приближает нас к ее решению.

Можно сказать, что на сегодняшний день определились две ясные позиции:

- идея анализа структур посредством выявления их внутренних симметрий («парадигма Галуа») по- прежнему сильна и привлекательна не только в математике, но и в ее приложениях;
- теоретико-множественный способ образования структур, заставляющий глядеть на Мир только через призму количества, идейно и технически себя исчерпал.

2.2. Преодоление этой несвязности возможно только на основе замены теоретико-множественной концепции новой теорией, в которой будут фигурировать структуры с принципиально иной, не теоретико-множественной основой. Никаких искусственных построений при этом делать не придется - достаточно вспомнить, что теория множеств выросла из постулата, что натуральное число тождественно его количественной составляющей: n = n_R . Тогда первый шаг на пути к новой теории вполне очевиден: необходимо считать натуральное число «нераздельным и неслиянным» *единством количества и порядка,* n = (n_R , n_Z). В дальнейшем будем называть это положение аксиомой двойственности.

Следующий шаг уже не так тривиален. В логике аксиомы двойственности необходимо образовать два принципиально различных типа бесконечностей - количественную и порядковую - причем бесконечностей завершенных, актуальных. В отношении количественной бесконечности вопрос решается просто - это знакомая нам теоретико-множественная бесконечность. Что касается бесконечности порядка, то здесь надо искать существенно иные подходы.

В действительности, решение можно предугадать.

Если есть процесс γ, то существует, по крайней мере, два способа превратить его в объект, в «идею» процесса. Во-первых, собрать его шаги в одно целое. Это теоретико-множественное, количественное решение. Второй способ состоит в том, чтобы замкнуть процесс на себя. Результат такого замыкания можно также рассматривать как новую «идею» процесса (в платоновском смысле). Если сам процесс неограничен, то эти «идеи» - объекты можно рассматривать как различные типы бесконечностей.

Последний шаг состоит в осмыслении носителей этих бесконечностей. В случае количественной бесконечности, это конечно, множество, которое еще сам Кантор отождествлял с греческим ($\alpha\varphi\omega\rho\delta\mu\varepsilon\nu\alpha\varepsilon$). Что же касается бесконечности порядковой, то ее носителем становится *новая для математики сущность*, которую можно назвать «фундаментальным вращением». Понятие фундаментального вращения отражает интуицию «неподвижного времени», ($\alpha\iota\omega\nu$), которая хорошо известна из богословских текстов Максима Исповедника и других авторов. Примечательно, что и Г.Кантор при построении теории множеств опирался на труды бл. Августина и Н.Кузанского.

Именно фундаментальное вращение позволяет математике «открыть второй глаз» и посмотреть на Мир с точки зрения порядка.

Имеет смысл, хотя бы в общих чертах представить ту картину, которая нас ожидает.

Если говорить образами, то переход от теоретико-множественной к «порядковой» картине Мира подобен изобретению кинематографа. Отдельные «кадры» - элементы множеств соединяются в полноценный «фильм», который становится самостоятельной сущностью. В теоретико-множественном мире можно «углядеть» довольно много «разрезанных» на отдельные элементы процессов. При этом очевидно, что применение алгебраических методов в русле «парадигмы Галуа» никак не ущемляется тем, что областью их применения окажутся динамические структуры. С другой стороны, многие алгебраические конструкции могут претерпеть трансформацию. Например, в циклических группах можно увидеть «разрезанное» множеством фундаментальное вращение. Выявление таких «разрезанных» процессов - первый шаг к развертыванию порядковой картины.

В этом месте, по-видимому, стоит прекратить свободное изложение и перейти к формализованным конструкциям.

2.3. Как видно из предыдущего текста, центральной проблемой является порядковая бесконечность. Очевидно, что характерные для теории Кантора способы введения бесконечности - либо путем собирания в одно целое элементов неограниченного множества, либо переходом к множеству степени - неприемлемы для построения порядковой бесконечности. Однако существует иной способ введения новых объектов - аксиоматический. Выделив характеристическое свойство, можно определить новый объект как «нечто» этому свойству удовлетворяющее. Что касается характеристического свойства бесконечного, то рассмотрим сначала простой пример.

Предположим, мы наблюдаем за человеком, который неизменным шагом идет к горизонту. Степень удаленности горизонта от нашего взора может быть охарактеризована степенью неразличимости отдельных предметов: сначала мы перестаем различать пуговицы на пальто, затем черты лица и т.д. Для того, чтобы полностью слиться с горизонтом, человек должен сделать бесконечное число шагов. Таким образом, неразличимость можно считать ключевым свойством бесконечности.

Следует отметить, что понятие «горизонта» не просто удачный образ, но и математическое понятие, которые ввел П. Вопенка в качестве основного инструмента построения «Альтернативной теории множеств». В этой теории бесконечность трактуется как проявление нечеткости при подходе к горизонту. При этом Вопенка понимал бесконечность опять-таки в канторовском, количественном смысле.

Наше понятие «горизонта» близко к понятию горизонта Вопенки, хотя взгляды на сущность бесконечного кардинально отличаются от его представлений.

Формальное определение бесконечного в «аксиоматической» трактовке выглядит следующим образом.

`Определение.` Рассмотрим какой-нибудь *неограниченный*, с постоянным шагом процесс μ , в котором объекты различимы данным предикатом А. Определим объект α , на котором стабилизируется процесс в смысле предиката А. Если все объекты являются *конечными*, то объект α можно считать *бесконечным относительно предиката* А (релятивизация бесконечности).

В применении к натуральному ряду данное определение работает следующим образом. Согласно аксиоме двойственности, n=(n_R , n_Z). Будем отражать *процесс* перехода от одного порядкового компонента n_Z к другому порядковому компоненту m_Z предикатом $=_Z$. С другой стороны на натуральных числах можно ввести предикат $=_R$, который фиксирует их количественное различие. В этом случае можно образовать два бесконечных числа ω и Ω, на которых натуральный ряд стабилизируется в смысле количества и порядка соответственно, т.е. ω+1 $=_R\omega$, но $\omega+1\neq_Z\omega$. С другой стороны, Ω+1 $=_Z\Omega$, что влечет Ω+1 $=_Z\Omega$. С разной степенью наглядности данный процесс можно изобразить следующим образом (рис. 1):

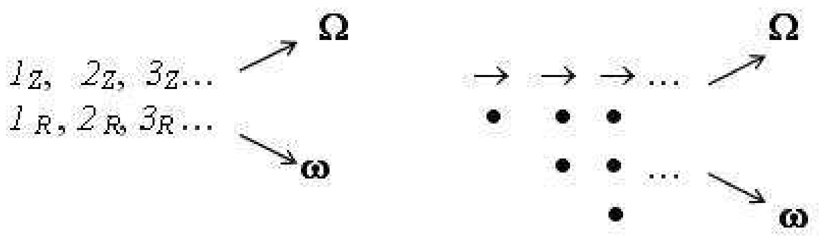


Рис. 1.

Очевидно также, что ω-1 $=_R\omega$, и Ω-1 $=_Z\Omega$.

Числа ω и Ω были определены с помощью формальной конструкции. Следующим шагом является их интерпретация.

Ясно, что бесконечное число ω может быть интерпретировано как первый бесконечный ординал, т.е. теоретико-множественным образом.

Для бесконечного числа Ω необходимо иное понимание. Во-первых, очевидно, что Ω не может быть множеством. Действительно, порядок Ω в области множеств должен совпадать с порядковым типом (принцип соответствия). Однако в силу неограниченности шкалы порядковых типов (ординалов), Ω допускает увеличение в смысле порядка, что противоречит его определению. Далее, соотношение $\Omega\pm1=_Z\Omega$ можно рассматривать как своеобразное проявление «периодичности» относительно «кванта времени» «1» = «$\rightarrow$». Поскольку вне теоретико-множественного универсума все «$\rightarrow$» сливаются, Ω становится числом с *внутренней циркуляцией времени* или *фундаментальным вращением.* В этом утверждении нет ничего необычного, поскольку последовательное, «линейное» движение является внутренним свойством действительного числа.

Фундаментальное вращение не обладает никакими физическими характеристиками: осью вращения, частотой и пр., ровно так же, как и последовательность «внутри» действительного числа не является физическим процессом.

Содержательная теория не может ограничиться введение только бесконечных чисел ω и Ω. Необходимо иметь целые шкалы бесконечных количественных и порядковых чисел. Для каждого типа чисел принципы построения этих шкал существенно различны. Основой шкалы количественных бесконечных чисел является соотношение $\omega{+}1{\neq_Z}\omega$. Оно позволяет образовать числа: $\omega{+}1$, $\omega{+}2$, $\omega{+}3$..., которые можно «свернуть» в число 2ω. Снова можно начать процесс счета: $2\omega\ {+}1$, $2\omega\ {+}2$, $2\omega\ {+}3$ $\ldots$ и образовать число 3ω и т.д. Среди этих чисел-множеств можно выделить неравномощные множества и получить линейно-упорядоченное расширение натурального ряда в область бесконечных количеств:

$$0, 1, 2 \ldots n, ...\aleph_0, \aleph_1, \aleph_2...\aleph_\lambda...$$

Для порядковых чисел данный способ неприемлем, поскольку $\Omega{+}1$ $=_Z\Omega$ и $\Omega{+}1$ $=_R\Omega$. Для построения шкалы бесконечных порядковых чисел воспользуемся соотношением $\Omega{\pm}1$ $=_R\Omega$. Введем двухбуквенный алфавит «+,-», где «+» и «-» означают противоположные направления вращения, и рассмотрим всевозможные неограниченные последовательности из «+» и «-», т.е. неограниченные слова в этом алфавите. Определим бесконечные порядковые числа: $\boldsymbol{P}_\gamma$ = $<\Omega|(+...-)_\gamma>$, -$<\Omega|(-...+)_\gamma>$,где $(+...-)_\gamma$ и $(+...-)_\gamma$ - неограниченные по длине слова с γ перемен знака (перемен направления вращения).

Шкала бесконечных порядковых чисел, в отличие от шкалы количественных чисел является только частично упорядоченной. С другой стороны структура этой шкалы - совокупность неограниченных последовательностей «0» и «1» хорошо изучена теорией множеств. В частности, на ней можно ввести структуру булевой алгебры и разумным способом (согласованным с интуитивными представлениями о вращении) ввести алгебраические операции.

Бесконечные порядковые числа представляют собой фундаментальное вращение, наделенное внутренней структурой. Эти числа можно рассматривать как *обобщение вещественных чисел в плане расширения внутренней динамики вещественного числа* (от «линейного» движения до вращения). В такое расширение попадают, в частности, комплексные числа и кватернионы, если рассматривать их с точки динамики, т.е. вращения. В этом смысле динамический подход к расширению совокупности вещественных чисел оказывается более сильным, чем подход алгебраический (поиск более широкого поля с приемлемыми алгебраическими операциями).

В дальнейшем мы будем строить нашу теорию именно как теорию сверхвещественных чисел (сверхчисел), а не как теорию фундаментальных вращений, хотя такая аналогия с теорий множеств напрашивается сама собой.

Теория сверхчисел внешне напоминает нестандартный анализ, в котором наряду со «стандарнтыми» вещественными числами присутствуют «нестандартные» - «бесконечно-малые» числа. Следуя традициям теоретико-множественной концепции, нестандартный анализ трактует эти «бесконечно-малые» как некие постоянные величины, которые не удовлетворяют аксиомам Архимеда. Таким образом, «динамика» нестандартного анализа оказывается фиктивной.

2.4. Первые шаги теории сверхчисел заключаются в следующем:

1. найти соотношение между бесконечными количественными и порядковыми числами: $\aleph_\lambda$ и $\boldsymbol{P}_\gamma$;

2. выделить объекты, которые можно соотнести со сверхчислами;

3. понять, каким из физическим величин целесообразно придать значение из области сверхчисел.

Рассмотрим первую из названных задач. Вернемся к кардинальной шкале:

$$0, 1, 2 \ldots n, \quad \ldots \quad \aleph_0, \aleph_1, \aleph_2 \quad \ldots \quad \aleph_\lambda \quad \ldots \quad (*)$$

Она неограничена, и завершить ее в рамках теории множеств невозможно (парадокс Бурали-Форти). Такая ситуация во всех существенных чертах воспроизводит парадокс несоизмеримости диагонали квадрата с его стороной, что в свое время послужило источником введения иррациональностей. Действительно, последовательность: 1; 1,4; 1,41; ... (**) ничем принципиально не отличается от последовательности (*). Для завершения последовательности (**) числом $\sqrt{2}$ потребовалось преодолеть horror infinity (страх бесконечного). Точно так же для завершения последовательности (*) необходимо преодолеть «страх сверхбесконечного», т.е. бесконечности Ω более высокого уровня по сравнению с количественной бесконечностью.

Ситуация становится более понятной, если принять во внимание следующие соображения.

Легко видеть, что всякое кардинальное число $\aleph_\lambda$, являясь *бесконечным* в смысле количества, является *конечным* в смысле порядка. В частности, $\aleph_\lambda+1\neq\aleph_\lambda$ в порядковом смысле, т.е. кардинал $\aleph_\lambda$ «ведет себя» также, как и любое конечное натуральное число. Иными словами, в порядком смысле последовательность (*) и последовательность: 0, 1, 2… n, .. эквивалентны. Это значит, что последовательность (*) также стабилизируется на числе Ω.

Таким образом, справедлива следующая теорема.

Теорема. *$\Omega>\omega$ и для любого кардинала $\aleph_\lambda$, $\Omega>\aleph_\lambda$.*

Доказательство. Поскольку каждый кардинал $\aleph_\lambda$ одновременно является порядковым числом, $\Omega>\aleph_\lambda$.

Примечание. Неравенство $\Omega>\aleph_\lambda$ является полным аналогом неравенства $\omega>$k . Смысл последнего неравенства состоял в том, что шаг ω так велик, что он больше всех конечных шагов.

В свободном толковании сформулированная теорема означает, что *порядковых чисел больше чем количественных.* Принимая во внимание уже упомянутые философские традиции связывать количество с пространством, а бесконечность со временем, можно заключить, что *бесконечность пространства меньше чем бесконечность времени.* Подобные утверждения не отличаются точностью, но дают повод для развития многих плодотворных образов (так теорема Геделя о невозможности установления непротиворечивости системы ее внутренними средствами породила много глубоких вещей, хотя, строго говоря, утверждает несколько иной факт).

Из всего вышесказанного можно заключить, что числа $\boldsymbol{P}_\mu$ относятся к числам $\aleph_\lambda$ *как конечные количественные числа относятся к бесконечным количествам.* Это также дает основание также считать числа $\boldsymbol{P}_\mu$ обобщением вещественных чисел в той же степени, как и действительные числа можно считать обобщением рациональных чисел (вещественные числа определяют «линейную часть» вращения, так же как рациональные числа определяют конечный фрагмент неограниченной последовательности).

Сверхчисла, как и вещественные числа, являются трансцендентными объектами. Однако, как и вещественные числа, они допускают понятную интерпретацию. Традиционно говорят о геометрической интерпретации вещественного числа как точки на прямой. Строго говоря, эта интерпретации имеет место только в рамках теоретико-множественной концепции, когда процесс порождения вещественного числа, как это казалось создателям теории множеств, можно «остановить» Сходную псевдогеометрическую интерпретацию можно предложить и для сверхчисел.

Возьмем неограниченное произведение экспонент: $e^{i\varphi}e^{i\chi}e^{i\rho}e^{i\tau}$..., аргументы которых заключены в интервале $(0{,}2\pi)$ и которые можно понимать как неограниченную последовательность оборотов некоторого вращения. Геометрическим образом названного произведения является бесконечномерный тор T^{∞} . В этом случае сверхчисло $\boldsymbol{P}_{\gamma} = <\Omega|(+...-)_{\gamma}>$ можно представить как обмотку тора T^{∞}. Если в структуре сверхчисла можно выделить период длины k, то число можно представить обмоткой конечномерного тора T^{k}. Например, сверхчисло $\boldsymbol{P}_2 = <\Omega|$+- +-+-..> можно представить через геодезические поверхности тора T^2 (круги Виларсо). Как известно, с помощью кругов Виларсо можно описать геометрию спина. Это свидетельствует о том, что сверхчисло $\boldsymbol{P}_2$ имеет к этому физическому понятию самое непосредственное отношение. Мы убедимся в этом, рассмотрев вторую из названных задач.

2.5. После введения сверхвещественных чисел следующим шагом возникает вопрос: какие объекты можно соотнести с этими числами. Как известно, теория множеств решает аналогичный вопрос весьма прямолинейно - объявляет все объекты множествами и, следовательно, заведомо имеющими какое- либо кардинальное число. Наши дальнейшие действия далеки от этой максималистской программы. Тем не менее мы попытаемся увидеть сверхчисла - фундаментальные вращения в самых важных математических объектах, в частности, в натуральных числах.

Общий ход рассуждений позволяющий увидеть в числе фундаментальное вращение состоит в следующем. Как уже подчеркивалось, арифметический постулат, лежащий в основе теории множеств, утверждает, что число - это, прежде всего, мера количества, т.е. n $= n_R$. Иными словами, каждое число n можно представить в виде n различимых элементов: n $= (\bullet_1 \bullet \bullet .... \bullet \bullet \bullet_n)$. Развертывание этого постулата в конечном итоге и приводит к необходимости введения универсального понятия множества.

Принятие данного постулата с необходимостью подразумевает построение некоторой модели времени, т.е. представление порядковой составляющей натурального числа через количественную составляющую.

В арифметике эта проблема решается неявным принятием утверждения: «Что больше, то и дальше» Это значит, что n_Z определяется как число элементов последовательности: $(\bullet) \to (\bullet\bullet) \to ... \to (\bullet\bullet\bullet ... \bullet\bullet\bullet)_n$, то есть $n_Z = n_R$.

С другой стороны, при фиксированном количестве n_R возможны и другие последовательности. Решение этой проблемы в рамках теории множеств сводится к следующему.

Возьмем, например, числа $1 = (\bullet)$, $2 = (\bullet\bullet)$, $3 = (\bullet\bullet\bullet)$ и всевозможные последовательности, связывающие эти числа:

$(\bullet) \to (\bullet\bullet) \to (\bullet\bullet\bullet)$,
$(\bullet\bullet) \to (\bullet\bullet\bullet) \to (\bullet)$,
$(\bullet\bullet\bullet) \to (\bullet) \to (\bullet\bullet)$,
$(\bullet) \to (\bullet\bullet\bullet) \to (\bullet\bullet)$,
....

Будем считать все такие последовательности *упорядоченными множествами*:

$\{\ (\bullet)\ (\bullet\bullet)\ (\bullet\bullet\bullet)\ \}$,
$\{\ (\bullet\bullet)\ (\bullet\bullet\bullet)\ (\bullet)\ \}$,
$\{\ (\bullet\bullet\bullet)\ (\bullet)\ (\bullet\bullet)\ \}$,
$\{\ (\bullet)\ (\bullet\bullet\bullet)\ (\bullet\bullet)\ \}$,
....

Все эти упорядоченные множества определяют *один порядковый тип*, то есть «то общее, которое получается из множества M, если отвлечься от качества элементов M, но сохранять их порядковое расположение» В общем случае порядковый тип является классом, который не всегда совпадает с множеством. Однако, согласно фон Нейману, достаточно взять одного представителя этого класса, например, множество $\{(\bullet)(\bullet\bullet)(\bullet\bullet\bullet)\}$. Мощность (число элементов) этого множества, т.е. в данном случае число 3, и является порядковым типом приведенной выше совокупности множеств. Таким образом, в теории множеств арифметический принцип «Что больше, то и дальше» получает свое обоснование.

На данном этапе представление порядка количеством не приводит к коллизиям. Однако при построении на количественном принципе «множества действительных чисел» возникают проблемы. К наиболее фундаментальным их них относятся:

- упорядоченность теоретико-множественного континуума вводится «руками» с помощью аксиомы выбора. Это значит, что идея представления порядка количеством «работает» только в простейших ситуациях;

- упомянутая выше диагональная процедура говорит о том, что в континууме возникает некое «обратное» введенной упорядоченности движение.

Избежать этих особенностей теоретико-множественного континуума невозможно. Если вспомнить параллели между количеством и пространством, временем и порядком, соответственно, то названные коллизии - это лишь свидетельство того, что время и пространство являются принципиально различными сущностями и полноценное представление «времени» «пространством» (в любом их понимании) заведомо обречено на неудачу.

Более естественно, со всех точек зрения, мыслить время и пространство как две отдельные, самостоятельные сущности. С точки зрения числа это означает, что его количественная составляющая не зависит от порядковой составляющей. При этом речь идет не просто о том, что число n_Z будет больше или меньше числа n_R - такая ситуация имеет место и в теории множеств. Например, числа $\omega+1$ и ω количественно (по мощности) совпадают, но они различны с точки зрения порядка, т.е. имеют различный порядковый тип. Независимость n_Z и n_R в нашем понимании означает, что это принципиально различные по *качеству* числа. Как уже отмечалось, утверждение именно такой независимости составляет содержание *аксиомы арифметической двойственности.* Таким образом, с точки зрения этого постулата число n - это вектор $\mathrm{n} = (n_R, n_Z)$ с двумя качественно различными компонентами n_R и n_Z .

Попробуем понять, как отражается аксиома двойственности в структуре натурального числа.

Снова возьмем, например, числа $1 = (\bullet), 2 = (\bullet\bullet), 3 = (\bullet \bullet \bullet)$ и всевозможные последовательности, связывающие эти числа:

$(\bullet) \to (\bullet\bullet) \to (\bullet \bullet \bullet)$,
$(\bullet\bullet) \to (\bullet \bullet \bullet) \to (\bullet)$,
$(\bullet \bullet \bullet) \to (\bullet) \to (\bullet\bullet)$,
$(\bullet) \to (\bullet \bullet \bullet) \to (\bullet\bullet)$,
....

Если исходить из постулата арифметической двойственности, то все эти последовательности равноправны. Более того, все они реализуются *одновременно*, поскольку время одно! Их нельзя рассматривать как различные элементы какого-либо множества, как это было сделано в предыдущем случае. В этом проявляется принципиальное отличие временной точки зрения на порядок числа в отличие от пространственного, теоретико-множественного подхода, который допускает разделение единого процесса на отдельные «кадры».

Развитие данного подхода приводит к следующему:

С точки зрения теории множеств все перестановки (подстановки) n элементов образуют группу Z_n, в которой можно выделить циклические подстановки и перестановки, меняющие места каких-либо двух элементов.

Все циклические группы можно соотнести с одним фундаментальным вращением Ω. Образно можно сказать, что все n элементов соединены одним вращением. Что касается перестановок, меняющих места элементов, то их естественно понимать, как перемену вращения Ω. В этом случае всю группу Z_n можно закодировать некоторым сверхчислом $\boldsymbol{P}_\mu = < \Omega|(+-)_\mu >$, где $(+-)_\mu$ - некоторое слово в двухбуквенном алфавите «+,-».

Возможность подобного кодирования позволяет по структуре вращения числа n (соответствующего числу $\boldsymbol{P}_\mu$) определить количество его элементов.

Напомним, что в теории множеств решалась обратная задача: по количеству элементов числа n необходимо было определить структуру, отражающую его порядковый аспект.

Возьмем какое-нибудь сверхчисло $\boldsymbol{P}_\nu = <\Omega|+ - + - + ... >$. Будем считать, что каждая перемена вращения порождает по два элемента. Аргументом в пользу этого правила является тот факт, что перемена вращения является «кодом» перестановки двух элементов. Обозначим элементы, порожденные структурой (+ -) через a и b. Структура (- +) также порождает два элемента - c и d. Но поскольку она пересекается со структурой (+ -), элементы c и d отождествляются. Следовательно структура (+ - +) порождает три элемента. В общем случае структура с n-1 переменой фундаментального вращения порождает n элементов.

Для адекватного определения количественной составляющей натурального числа n, на структуру сверхчисла $\boldsymbol{P}_\mu$ необходимо наложить ряд условий, которые в данной работе не обсуждаются. Приведем только простейшие соответствия количества и структуры сверхчисла (отметим, что знак числа также определяется через структуру вращения):

$$+1 = \boldsymbol{P}(_1) =< \Omega| + + + ... + ... >$$

$$-1 = \boldsymbol{P}(_1) =< \Omega| - - - ... - ... >$$

$$+2 = \boldsymbol{P}(_2) =< \Omega| + - + - + ... >$$

$$-2 = \boldsymbol{P}(_2) =< \Omega| - + - + - ... >$$

Построенные на основе фундаментального вращения элементы обладают примечательными свойствами.

Перестановка некоторых элементов из числа n сохраняет его знак (как и в теории множеств). Однако существуют элементы, перестановка которых меняет n на -n, поскольку сама перемена вращения может быть двоякой: с «+» на «-» и с «-» на «+». Говоря языком квантовой механики - одни элементы подчиняются статистике Бозе-Эйнштейна, другие - Ферми-Дирака.

Варьируя структурами с одинаковым числом перемен вращения мы можем улавливать «оттенки в плане соотношения «бозонов» и "фермионов».

Возможность определения *количества через свойства фундаментального вращения* исключительно важный момент для всей теории сверхчисел. Положив в основу всех приведенных построений постулат арифметической двойственности, провозглашающий *равноправие* количественного и порядкового компонентов числа, мы в результате получили нечто большее: количественная составляющая натурального числа может быть *полностью* определена свойствами порядковой составляющей, а именно - переменами направления фундаментального вращения. Напомним, что в теории множеств решалась обратная задача - представление порядковой составляющей числа через свойства множества. Последствия такого обращения очень велики как с идейной, так и технической точек зрения.

Можно предложить, что традиционное понимание натурального числа как количества, а количества как числа элементов возникло на основе представлений макромира. Применение этих представлений в иных ситуациях, например, в микромире, возможно, не столь оправдано. Таким образом, само понятие «натуральный ряд» (даже если исключить все нестандартные модели аксиом Пеано) имеет примерно тот же статус, что и «евклидова геометрия». Заметим, что о возможном несоответствии натурального ряда физическим представлениям (в области больших чисел) говорил еще П.К.Рашевский в знаменитом письме в редакцию журнала УМН «О догмате натурального ряда».

Философские следствия редукции «количества» к «порядку» очень значительны и в первом приближении могут быть проиллюстрированы следующей схемой (рис. 2).

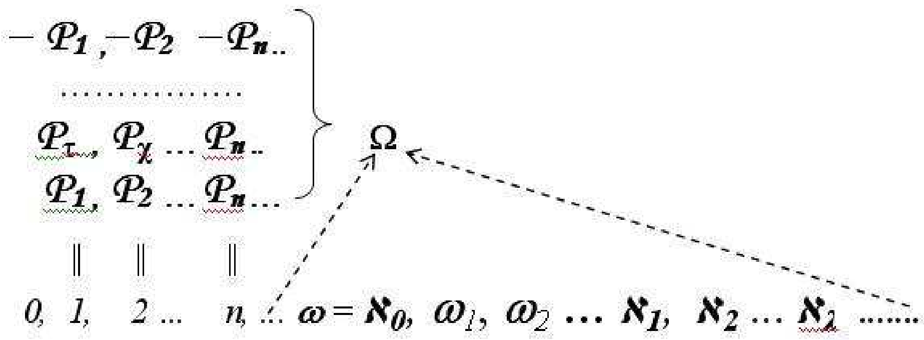


Рис. 2.

Во-первых, на ней хорошо видна замечательная философская метаморфоза. Как известно, Г.Кантор рассматривал свою кардинальную шкалу как настоящую «лестницу в небо» полагая, что наращивание мощности все дальше уводит объект от реальности (эта мысль Кантора стала отправной точкой всех поколений конструктивистов, стремившихся изгнать актуальную бесконечность из математики). Введение «сверхбесконечности» Ω , казалось бы, выводит математику полностью из естественно-научных границ. Однако, как показывает схема, мы приходим к тому, с чего начали, - к натуральному ряду (и его нового расширения).

Во-вторых, она подчеркивает следующее обстоятельство: Основной сверхзадачей теории множеств, по мысли ее создателя Георга Кантора, является синтез арифметики и геометрии. Однако теория множеств в состоянии «арифметизировать» только простейший геометрический объект - «точку», приписав ей кардинальное число $\aleph_0$. Что касается континуума, то он *a'priori* предполагается *множеством*, что можно рассматривать лишь в плане первого приближения.

В-третьих, данная схема показывает, что в математике *нет места финитным образованиям*, поскольку даже натуральные числа заключают в себя бесконечное число Ω со всеми переменами вращения. Это означает, что в любом натуральном числе содержатся *все* натуральные числа. Это парадоксальное заключение противоречит, тем не менее, только теоретико-множественному пониманию числа как *изолированного* количества. Но именно подобная изоляция противоречит физике микромира, где более адекватными являются, например, «партоны» Фейнмана. Существование в «конечном» натуральном числе n всех остальных натуральных чисел является по-сути арифметической формой принципа Маха или монад Г.В.Лейбница.

Из факта включения в натуральное число n всех остальных чисел следует вполне определенный методологический принцип: «Если в рассмотрении находятся n количеств, то всегда можно перейти к рассмотрению m количеств, где m>n» Например, из факта взаимодействие двух частиц, вытекают взаимодействия сразу многих частиц. Этот принцип работает в тех случаях, когда целесообразно перейти к аксиоме арифметической двойственности. Это, по-видимому, имеет место в микромире, где наблюдаются эффекты типа эффекта Мессбауэра, которые вполне объяснимы на основе данного принципа.

2.6. Сделаем следующий шаг в направлении развития идеи определения количества через структуру фундаментального вращения. Мы придадим этой в целом понятной для натуральных чисел идее статус общего фундаментального принципа определения «количества» через «порядок».

Запишем формулу n = $<(\bullet\bullet\bullet)_n \mid \Omega \mid (+\,-)_n>$ в виде n = $n_R \boldsymbol{P}_{n_R}$, полагая, что мы можем корректно определить операцию умножения количественного натурального числа на сверхчисло. В общем случае, с той же оговоркой корректности, можно записать: b = $b_R \boldsymbol{P}_{b_R}$, где b - вещественное число. В этой формуле можно увидеть далеко идущее обобщение формулы Эйлера z=$b_R e^{i\varphi}$. При этом обобщение касается двух моментов. Во-первых, комплексная экспонента заменяется более общим понятием сверхчисла. Во-вторых в комплексном числе модуль b_R никак не связан с экспонентой $e^{i\varphi}$. Если же констатировать не только факт вращения, но и его структуру, то согласно сформулированному принципу модуль b_R детерминируется структурой перемен вращения в $\boldsymbol{P}_{b_R}$. В дальнейшем будем называть формулу b = b_R $\boldsymbol{P}_{b_R}$ формулой Родионова.

Приведем схему шагов, позволяющих реализовать сформулированный общий принцип и извлечь количественное вещественное число из структуры сверхчисла (структуры перемен направления фундаментального вращения).

Очевидно, что если количественная составляющая целого числа определяется структурой сверхчисла, то подобное утверждение справедливо и для рационального числа (конкретную конструкцию мы в данный момент не рассматриваем).

Если имеется последовательность рациональных чисел, каждое из которых определяется структурой сверхчисла, то с помощью диагонального метода можно построить сверхчисло, структура которого отражает *всю* последовательность. Например, сверхчисло $\boldsymbol{P}_\gamma$ для приведенной ниже последовательности γ, состоящей из рациональных чисел r_i, может выглядеть следующим образом:

$$\boldsymbol{P}(r_1) =< \Omega| - + - + - ... >$$
$$\boldsymbol{P}(r_2) =< \Omega| + - - + + ... >$$
$$\boldsymbol{P}(r_3) =< \Omega| + - - + + ... >$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$\boldsymbol{P}_\gamma =< \Omega| + + + ... >$$

где $\boldsymbol{P}(r_i)$ - сверхчисло, соответствующее рациональному числу r_i.

При этом важно отметить следующий момент. Структуры чисел $\boldsymbol{P}(r_i)$ содержат в себе некоторую закономерность. Напротив, структура числа $\boldsymbol{P}(r_\gamma)$ a'priori не подчинена никаким закономерностям и поэтому может считаться случайной. Таким образом, сверхчисло $\boldsymbol{P}_\gamma$ с точки зрения неограниченной случайной последовательности «+» и «-» («0», «1»; «орел», «решка») можно рассматривать как *случайное* (при этом, разумеется, сначала надо ввести понятие вероятностного пространства на совокупности неограниченных последовательностей «0» и «1»). Это интуитивное утверждение может быть сделано строгим, если воспользоваться энтропийным походом, в рамках которого можно определить случайность *индивидуальной* последовательности. Заметим также, что связь непрерывного и случайного отчетливо осознается в «булевозначных моделях» теоретико-множественного универсума, с помощью которых можно опровергнуть континуум-гипотезу (Д.Скотт, Р.Соловей). Именно совокупность случайных чисел можно рассматривать как модель континуума. Однако до истинного континуума ей «не хватает» множества меры нуль. В теории множеств преодолеть этот барьер невозможно. Однако это вполне можно сделать перейдя к порядковой бесконечности. Таким образом, теория сверхчисел высвечивает новую двойственность: «непрерывное» - «случайное». Эта двойственность проявляется и в самом понимании вещественного числа.

Как известно, вещественное число может быть определено как класс фундаментальных последовательностей. Если каждой фундаментальной последовательности γ сопоставить сверхчисло $\boldsymbol{P}_\gamma$, то *классу* фундаментальных последовательностей, определяющих вещественное число d, естественное сопоставить следующее сверхчисло:

$$\boldsymbol{P}(d) = \sum_\gamma \boldsymbol{P}_\gamma(\gamma \sim d)$$

Эта формула, с одной стороны, есть всего лишь новая запись классического канторовского определения вещественного числа. С другой стороны, в силу сделанного выше замечания, сверхчисло $\boldsymbol{P}(d)$ есть сумма «случайных сверхчисел» $\boldsymbol{P}_\gamma(\gamma \sim d)$. Наконец, вспоминая принцип определения количества через порядок, можно сказать, что сверхчисло $\boldsymbol{P}(d)$ определяет и само вещественное число d.

2.7. Рассмотренная выше математика очень «физична», что, разумеется, не может быть случайным. Однако, чтобы навести мосты между рассмотренными конструкциями и современными физическими представлениями, необходимо сделать ряд шагов.

Начнем с того, что волновую функцию Ψ вполне можно трактовать как целостный объект, обладающий внутренней динамикой - вращением, т.е. как некое сверхчисло $\boldsymbol{P}_\mu$. Во всяком случае, это не противоречит ее традиционному пониманию как «волны вероятности» нахождения частицы в данной точке пространства. Соотношение $\lambda = \hbar/p$ параметров волны и частицы и утверждения, что сама волновая функция представляет собой сверхчисло, позволяет придать фундаментальному постулату де Бройля следующий вид: *физическая величина импульса* p *имеет своим значением сверхчисло, т.е.* $|\mathrm{p}| \in \{ \boldsymbol{P}_\gamma \}$.

Покажем, что эта переформулировка является фундаментальной и, по-сути, вскрывает внутреннюю пружину квантовой механики. Полагая значением p действительное число, мы возвращаемся в рамки классической механики.

Рассмотрим далее совокупность пар $\mathcal{F} = \{(\omega_k;\boldsymbol{P}_\gamma)\}$ (мы будем крайне осторожно использовать термин «множество»). Числу ω_k соответствует *геометрический* объект - точка, числу $\boldsymbol{P}_\gamma$ - *динамический* объект - вращение. Принимая во внимание тот факт, что числа $\boldsymbol{P}_\gamma$ можно рассматривать как значения импульса, саму совокупность $\mathcal{F}$ можно соотнести с *фазовым пространством.* При этом переменная q будет пробегать по «точкам», а переменная p - по «вращениям».

Выясним теперь, каким образом можно интерпретировать основной постулат $|\mathrm{p}| \in \{ \boldsymbol{P}_n \}$ в теоретико-множественной области.

Сверхчисло $\boldsymbol{P}_n$ можно естественно представить некоторым замкнутым контуром γ (возможно, крайне нетривиальным с топологической точки зрения). Импульс p в этом случае можно понимать как определенную на вектор γ функцию p(q). Поскольку соотношение $|\mathrm{p}| \in \{ \boldsymbol{P}_n \}$ инвариантно относительно любых теоретико-множественных конструкций, контур и функция p(q) должны быть согласованы таким образом, чтобы циркуляция p(q) вдоль контура была бы *постоянной*.

Приведенное замечание позволяет сделать следующий шаг.

Определим отображение $P\ell$ совокупности сверхчисел $\{ \boldsymbol{P}_n \}$ - натуральных чисел в совокупность действительных чисел следующим образом:

$P\ell(\boldsymbol{P}_k) = \mathrm{m/k} \int\limits_{\gamma} \mathrm{p(q)dq}$ при m-кратном обходе контура γ.

Нормирующий множитель 1/k вводится для устранения коллизий между числом m обхода γ и числом $\boldsymbol{P}_k$. Согласно сделанному замечанию интеграл не зависит от контура γ и равен некой постоянной величине, которая определяется *только* числом $\boldsymbol{P}_k$.

Как известно, величина $\int\limits_{\gamma} \mathrm{p(q)dq}$ равна постоянной Планка $\hbar$. Тогда отображение $\mathrm{P}\ell$ можно назвать *планковским* отображением, а его значением при однократном обходе контура будут:

$$\mathrm{P}\ell(\boldsymbol{P}_1) = \hbar,$$
$$\mathrm{P}\ell(-\boldsymbol{P}_1) = -\hbar,$$
$$\mathrm{P}\ell(\boldsymbol{P}_2) = \hbar/2,$$
$$\mathrm{P}\ell(-\boldsymbol{P}_2) = -\hbar/2,$$

....

Таким образом, арифметические «бозоны» и «фермионы», определенные выше, во всяком случае получает правильное значение спина.

2.8. Сделаем следующий шаг и выясним физический смысл формулы:

$$\boldsymbol{P}(d) = \sum_{\gamma} \boldsymbol{P}_{\gamma}(\gamma \sim d) \ (*)$$

Несколько изменим ситуацию, сохраняя все принципиальные моменты данного соотношения.

Рассмотрим пространство R^3. Как известно, траектория от точки A до точки B определяется как класс путей, соединяющих A и B. Далее, от переменных q, p («координаты», «импульс«) путем известных преобразований можно перейти к координатам φ, S («угол», «действие»). Поскольку импульс, согласно квантовому постулату, имеет своим значением сверхчисло, то и действие также должно иметь значение из области сверхчисел. Наконец, можно отметить, что волновую функцию можно рассматривать как сверхчисло или, более точно, как некое приближение сверхчисла.

Дальнейшие рассуждения проходят по следующей схеме.

Рассмотрим движение материальной точки между A и B. Расстояние от A до B по действительной траектории движения обозначим через d. Очевидно, d количественное действительное число. Рассмотрим какой либо путь из A точки в точку B. Этому пути соответствует действие S, которое имеет своим значением сверхчисло $e^{iS/\hbar}$. В этом сверхчисле *действительное значение* S является *линейным* приближением фундаментального вращения - сверхчисла.

Таким образом, (*) превращается в хорошо известное соотношение Фейнмана, особенно если учитывать отмеченный выше вероятностный характер соотношения (*).

Не производя в данный момент детальный рефлексии полученного результата, сделаем, тем не менее, достаточно естественный вывод, что квантовую механику можно рассматривать как теорию фундаментальных вращений, которые раскрываются через физические вращения. В этом плане она похожа, скажем, на теорию приближений, где объекты, характеризуемые действительными числами, изучается, через рациональные приближения. Будущее покажет, правильной ли является такая аналогия.

3.

Вернемся к первоначальной задаче и попробуем понять, что дает теория сверхчисел для понимания природы континуума.

Во-первых, становится очевидным, что теоретико-множественный, статический континуум - это, по сути дела, не существующий объект. Диагональный процесс имманентно присутствующий в его структуре можно считать проявлением его сверхчисловой природы. Вещественное число, «прикрепленное» к каждой точке континуума, можно рассматривать как линейный «фрагмент» фундаментального вращения - сверхчисла. Сама же «точка» становится приближением некой «не-точки»

- геометрического образа сверхчисла. Этот континуум, с точки зрения теории множеств, заведомо динамичен, что, в частности, не дает возможности «подсчитать» в нем количество точек («линейных фрагментов») и, следовательно, определить мощность, что немедленно влечет, в частности, независимость континуум-гипотезы от остальных теоретико-множественных аксиом.

Во-вторых, количественные характеристики континуума, например, расстояние между двумя «точками» определяются через фундаментальное вращение. С другой стороны, приближением фундаментального вращения является волновая функция - амплитуда вероятности перехода из одной «точки» в другую. Таким образом, расстояние между точками континуума определяется через амплитуды перехода, т.е. физические взаимодействия. Это говорит о том, что метрика континуума (и сам, континуум), в частности, пространственно-временной континуум, имеют *реляционную* природу. Это совпадает с трактовкой пространственно-временного континуума в теории БСКО (Бинарной системы комплексных отношений) Ю.С.Владимирова. Примечательно, что в теории БСКО расстояние между точками как и в теории сверхчисел, определяется на основе аналога формулы Фейнмана (*) из предыдущего пункта.

4.

В заключение автор хотел бы выразить благодарность всем, кто своими мыслями и действиями способствовал развитию теории сверхчисел. Это, прежде всего, Б.У.Родионов, без которого само появление этой теории было бы невозможным. Дискуссии с Ю.С.Владимировым и В.Д.Захаровым способствовали прояснению ее многих положений. Подключившийся на заключительном этапе А.С.Бешенков высказал ряд мыслей, в которых намечена новая линия развития теории. Всем им автор приносит свою глубокую благодарность.

Список литературы

[1] Ю. С. Владимиров, *Геометрофизика.* - М. Бином. Лаборатория знаний, 2005.

[2] Д. Гильберт, П. Бернайс, *Основания математики.* - Основания математики, М. Наука, т. 1, 1979.

[3] Г. В. Лейбниц, *Монадология* - соч. т. 1. М. 1982.

[4] A. Robinson, *«Non-Standard analysis».* - Amsterdam: North-Holland, 1966.

[5] Г. Вейль, *Континуум.* - Математическое мышление, М., Наука, 1989.

[6] Б. У. Родионов, *Регистрация континуальных токов* - Метафизика XXI. М. Бином. Лаборатория знаний, 2007.

[7] С. А. Векшенов, *Является ли «множество действительных чисел» множеством* - Вестник ТГУ. Сер. Естественные и технические науки. Том 5, вып. 5, стр. 519-535.

[8] С. А. Векшенов, Ю. С. Владимиров, *Об основаниях математики и физики* - Метафизика XXI. М. Бином. Лаборатория знаний, 2006.

[9] Б. У. Родионов, С. А. Векшенов, *Дуальная структура континуума и фазовое пространство* - Фундаментальные исследования материи в экстремальных состояниях. МИФИ, М. 2007, с. 63-64.

Реляционное статистическое пространство-время, связь с квантовой механикой и перспективы развития модели

В. В. Аристов

В работе обсуждаются проблемы реляционного пространства-времени (см. [1-6]). В этой концепции на основе анализа фундаментальных физических приборов – часов и линеек развиваются статистические представления. Временная переменная выражается через осредненные пространственные переменные для элементов (частиц) рассматриваемой системы. В свою очередь, пространственные величины описываются статистическим образом через конфигурацию масс элементов системы. В настоящей работе основное внимание сосредоточено на установлении соответствия уравнений реляционной модели и соотношений квантовой механики. Причем, так как основное реляционное уравнение связывает непосредственно малые (или инфинитезимальные) величины, удается получить ограничения на приращения измеряемых пространственно-временных величин и вывести аналоги соотношений принципа неопределенности. Предлагаемая дискретная неевклидовая геометрия (неединственность прямой, проходящей через две точки) подтверждает индетерминизм движения на малых масштабах. Невозможность ввести точную производную в традиционном смысле, поскольку есть ограничения снизу на пространственно-временные величины, приводит к некоторому вероятностному процессу движения, сходному с броуновским случайным процессом. При использовании формализма Нельсона выводится уравнение Шредингера. В заключении обсуждаются результаты работы и определяются перспективы развития реляционно-статистической концепции.

1. Введение

Реляционный подход трактует время и пространство как важнейшие для физической реальности сущности, однако требующие описания на более глубоком уровне. Данный подход, безусловно, опирается на древнюю и достаточно авторитетную традицию (Платон, Аристотель, стоики, отчасти Плотин и Августин, Лейбниц, Беркли, Мах, Эйнштейн, Пуанкаре и др.). Можно отметить также высказывавшиеся различными авторами (Циммерман, Чу и др.) идеи о макроскопичности пространства-времени. Но математический формализм, который подтверждал бы такие воззрения, не был предложен. В работах Ю.С.Владимирова (см., например, [7-9]) и его учеников развивается реляционный подход к построению теории пространства-времени и физических взаимодействий. Этот сходный «по идеологии» подход, отличается по способам пути построения теории от предлагаемой реляционно-статистической модели (важно было бы, конечно, сопоставить различные реляционные концепции).

Отметим, что в наших терминах слова «концепция» (более «философское») и «модель» (более «практическое») являются во многих смыслах синонимами. Для пояснения понимания этого полезно привести высказывание Л.Больцмана из [10] (где, кстати, обсуждаются варианты введения бессилового описания Кирхгофом и Герцем, что является программой и реляционного подхода): «Герц стремится внедрить в сознание физиков то, что давно уже высказывалось философами, а именно, что никакая теория не представляет собой чего-то объективного, полностью совпадающего с природой, но, что, скорее, каждую из них следует рассматривать как мысленную модель явлений, относящуюся к последним, как знак относится к обозначаемому». Безусловно, физический смысл моделей играет главную роль в построениях.

Некоторые новые проблемы, возникающие в реляционном подходе, получили, на наш взгляд, разрешение, другие требуют внимательного изучения или нуждаются еще в постановке. Существенно, что удается воспроизвести важнейшие фрагменты существующей физической теории согласно принципу соответствия, что дает уверенность в правильности модели, построенной на новых основаниях. При этом удается принципиально связать отдельные части существующей теории, например, в рамках данной статистической модели могут быть объяснены связи между некоторыми мировыми константами (космологические совпадения). Определяются также отличия от традиционной теории, связанные со статистичностью реляционной модели эти отличия (весьма малы и находятся пока далеко за пределами современных экспериментальных возможностей).

Важно прояснить отношение к квантовой теории. Данная реляционная статистическая теория исходит из гипотезы, что равномерность времени, измеряемого по часам, и равномерность распределения масс в веществе измерительных линеек объясняется определенным осреднением по множеству элементов в системе. Тем самым реализуется представление о макроскопичности пространства-времени. При небольшом числе элементов, в частности, для небольших расстояний и масс будут заметны отклонения от классических измерений пространства и времени. С этим и связываются проявления квантовых закономерностей. На малых масштабах проявляется неевклидовость дискретной геометрии, на больших масштабах она должна переходить в традиционную евклидову геометрию. Строятся аналоги дифференциальных уравнений для дискретного пространства-времени. Определяются отличия от традиционного математического анализа: производная не может быть получена здесь обычным образом, поскольку возникают ограничения снизу и на величину расстояния, и на временной интервал. Все это согласованно подводит к необходимости пересмотра классического описания движения на микроскопических масштабах. Схема число-частица-пространство-время (см. [3, 5-6]), определяемая на пути построения настоящей концепции, проявляется здесь во всех своих звеньях. В отличие от постулативного характера представлений квантовой механики в настоящей работе предпринята попытка получить квантовую теорию конструктивно.

2. Основные положения реляционно-статистической модели

Приведем основное уравнение связи интервалов времени и пространства (временной интервал определяется как среднее от пространственных интервалов при перемещении всех частиц в системе), причем вначале рассмотрим малые, но конечные приращения:

$$\Delta\tau^2 = \frac{a^2}{N}\sum_{i=1}^{N}(\Delta r_i - \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N}\Delta r_j)^2 \qquad (1)$$

Здесь, как показано в [1,2], a – постоянная, обратно пропорциональная скорости света в вакууме, N – число частиц в рассматриваемой системе (в дальнейшем подразумевается, что рассматривается «мировое время», задаваемое средним движением всех атомов в Метагалактике). В правой части (1) фигурируют интервалы пространственных перемещений частиц системы. Исходя из (1), можно определять скорости частиц. Причем это «видимые скорости», поскольку сведения о координатах частиц получаются с помощью «идеального фотоаппарата», и перемещения всех частиц определяются по изменениям положений частиц на различных «фотографиях». Среди «видимых скоростей» могут быть и скорости, большие скорости света (известно, что в экспериментах наблюдаются такие скорости звезд), что не противоречит определению в СТО скорости света как предельной и согласуется с определением одновременности пространственно-разделенных событий по Эйнштейну (обсуждение этого см. в [1,2]). Таким образом, $c = 1/a$ есть среднеквадратичная скорость всех частиц, что следует из уравнения (1) и релятивистского обобщения в [1,2].

Уравнение (1), которое связывает между собой величины малых интервалов времени и пространства, является основой для получения ограничений на точность измерений (можно получить ограничения на временные интервалы, если пространственные интервалы имеют ограниченную физическую точность) и получения аналога соотношений принципа неопределенности. Подчеркнем, что уравнения обычной механики не могут быть источником подобных связей, поскольку традиционные быть источником подобных связей, поскольку традиционные уравнения записываются для производных, т.е. для величин в общем случае порядка единицы. Поэтому извлечь отсюда информацию о значениях «дифференциалов», приращений величин невозможно. В этом проявляется большая общность описания через малые величины типа уравнения (1). Если записать (1) для бесконечно малых (инфинитезимальных) величин, то получим

$$d\tau^2 = \frac{a^2}{N}\sum_{i=1}^{N}(dr_i - \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N}dr_j)^2 \qquad (1')$$

Уравнение (1') служит основой для получения обычных физических уравнений, записанных через производные (см. [1, 2, 6]).

Реляционная модель физического пространства устанавливает связь между расстоянием и конфигурацией частиц, репрезентируемой линейкой (см. [3, 5, 6]). Метрические свойства пространства определяются измерительным прибором – масштабной линейкой, состоящей из атомов. Но аналогично случаю с часами, не любая конфигурация атомов пригодна для того, чтобы стать средой для "изготовления" линейки, а лишь удовлетворяющая симметричному взаимному расположению. Фактически в этом неявно проявляется осреднение при получении однородной среды из частиц. Схематизация дает геометрию, отличающуюся от традиционной: через две точки (ассоциируемые с частицами) можно провести неединственную прямую. Данное положение легко поясняется формализацией с помощью графов, для которых расстояние между вершинами определяется как минимальное число промежуточных вершин для всех возможных маршрутов между указанными вершинами. Тем самым отрезок прямой трактуется как отрезок линии минимальной длины, где расстояние определяется подсчетом частиц, через которую проходит линия: так вводится (локально) геодезическая. Формализм статистической неевклидовой геометрии со множеством прямых, проходящих через две точки, дает евклидову геометрию на больших расстояниях, где в определенном смысле прямая становится единственной: отношение "толщины" пучка прямых к расстоянию стремится к нулю при стремлении этого расстояния к бесконечности. Так что на больших расстояниях в определенном смысле происходит стремление к единственной прямой, проходящей между двумя точками. В [5, 6] предложены варианты простых дискретных моделей, в которых комбинаторным путем устанавливается указанный формализм. Так осуществляется предельный переход к евклидовой геометрии классической физики.

3. Дискретность пространства-времени и переход на микроуровень

Реляционная дискретная геометрическая схема устанавливает соответствие между расстоянием и массой, причем важное свойство заключается в том, что существует минимальное расстояние, связанное с минимальной массой системы, а именно массой одной частицы. Данное соотношение выглядит так

$$\Delta x \ge r_e = bm_e \qquad (2)$$

где m_e – масса частицы, r_e – минимальное расстояние, которое можно определить в этой модели (поскольку нельзя измерить расстояние меньшее, «чем одна частица»), b – множитель, имеющий размерность длины, деленной на массу, и который выражается через фундаментальные константы. С учетом (1) и (2) получаются ограничения снизу на интервал времени.

Рассмотрим вначале простую одномерную модель. Пусть приращения Δx_i испытывают случайные колебания около 0, причем эти приращения принимают только значения $-r_e$ или r_e. Тогда принимая, что справедливы традиционные вероятностные оценки, имеем

$$\left|\frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N}\Delta x_i\right| \sim \frac{1}{\sqrt{N}} r_e.$$

Пренебрегая этой малой величиной в каждом члене среднеквадратичного выражения, можно оценить интервал по времени согласно (1):

$$\Delta\tau^2 = \frac{a^2}{N}\sum_{i=1}^{N}\Big(\Delta x_i - \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N}\Delta x_j\Big)^2 \sim \frac{a^2}{N}\sum_{i=1}^{N}\Delta x_i^2 = a^2 r_e^2.$$

Значит

$$\Delta\tau \ge \tau_e = ar_e = \frac{r_e}{c}.$$

В общем случае так как $|\Delta r_i| \ge r_e\,(i = 1,\ldots,N)$, то

$$\Delta\tau = a\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\Big(\Delta r_i - \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N}\Delta r_j\Big)^2} \ge ad_\tau r_e$$

где $d_\tau \sim 1$. Этот множитель возникает при естественных предположениях о случайном распределении векторов Δr_i (например, для атомов в реальном мире), которые не равны средней величине приращения $\frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N}\Delta r_j$.

Важно отметить, что при стремлении всех $|\Delta r_i|$ к предельному значению r_e интервал $\Delta\tau$ не обращается в нуль из-за разнонаправленности векторов и стремится к величине порядка τ_e. На малых расстояниях, где уже требуется знать не только результаты измерения по макроприбору (обычной линейке), прямая может быть неединственной, тем самым реляционная модель приводит к индетерминизму. Существенно то, что с указанными ограничениями на приращения координат и времени скорость определяется как предел, где пространственный и соответственно временной интервалы стремятся к некоторым малым, но конечным величинам. Это отличает данную величину от традиционной производной. То есть определение скорости отличается от обычного, и в уравнениях появятся дополнительные члены, поскольку, если заменить отношение малых, но конечных интервалов производной, то надо добавить некоторые величины, которые стремятся к нулю для бесконечно малых приращений. Тем самым изменения в математическом аппарате оказываются некоторым образом согласованными и в аналитическом, и в геометрическом описании. Скорость задается как предел, где и приращение по времени, и приращение по координате стремятся к минимально допустимым величинам:

$$u_x = \lim_{\Delta\tau\to\tau_e}\frac{\Delta x}{\Delta\tau} \quad . \qquad (4)$$

Здесь подразумевается, что $\Delta x \to r_e$. Подчеркнем еще раз, что в данной реляционной модели время не является аргументом, а в соответствии с (1) выражается через изменения всех пространственных величин элементов (частиц) рассматриваемой системы. (Заметим, что согласно оценке (3) приращение шага по времени может даже не стремиться в точности к предельно возможно малому приращению по времени τ_e, а лишь к некоторой величине τ^*, которая того же порядка, но величина ее зависит от характера распределения приращений координат в системе). В любом случае, определение скорости отличается от традиционного, и в уравнениях появятся дополнительные члены.

Получим аналог соотношения неопределенности, основываясь на полученных ограничениях на пространственно-временные величины. Оценим произведение ошибок в нахождении координат и соответствующих скоростей. Так как мы рассматривали предел при условии, что приращения всех координат стремятся к возможному минимальному значению, получаем, что модуль приращения каждой частицы $|\Delta r_i|$ стремится к одной и той же величине r_e. Таким образом, приращение Δu_x оказывается порядка u_x, поскольку относительная ошибка отношения из (4) $\frac{\Delta u_x}{u_x} \sim \frac{\Delta(\Delta x)}{\Delta x} + \frac{\Delta(\Delta \tau)}{\Delta \tau} \sim 1$. Следовательно $\Delta u_x \sim r_e / \tau_e \sim 1/a = c$ (напомним, что c есть среднеквадратичная скорость, что следует из уравнения (1) и релятивистского обобщения). Таким образом, скорость частицы стремится в этом случае к своему среднему (предельному в терминах СТО) значению – скорости света c. Причем приращение скорости оказывается такого же порядка.

Полученные ограничения соответствуют фактически релятивистскому принципу неопределенности с ограничениями на точность координат. В результате получим для свободной частицы ограничения в соответствующем произведении, а именно $\Delta p_x \Delta x = m_e \Delta u_x \Delta x \sim m_e r_e / a = m_e r_e c$. Если мы сопоставим эту величину с постоянной Планка, то получим $m_e r_e c = \hbar$ или $r_e = \hbar/(m_e c)$. Последняя формула может быть соотнесена с комптоновской длиной волны и, если мы предположим, что m_e есть масса нуклона, тогда r_e (с точностью до нескольких порядков) равна величине диаметра нуклона. Отсюда находим выражение через фундаментальные константы коэффициента, который в формуле (2) связывает размерность длины и массы: $b = \hbar/(m_e^2 c)$.

4. Получение уравнения Шредингера в реляционной модели

Отличие от классического описания заложено в самой основе предлагаемой реляционной дискретной концепции. Уравнения динамики не будут в точности совпадать с ньютоновскими, поскольку принимаются соотношения (1), а уравнения динамики записываются с помощью производных, т.е. с помощью следствий из уравнений (1'). Отличия соотношений (1) и (1') сказываются, когда пространственные и временные интервалы малы, т.е. при переходе на микроуровень. Для правильного описания индетерминизма в динамических уравнениях следует получить аналог уравнения Шредингера.

Мы будем следовать методу работ Нельсона (см. [11, 12]), где выводится уравнение Шредингера с существенным физическим допущением ad hoc, что в пустом пространстве частица с массой m подвержена броуновскому движению с коэффициентом диффузии $\nu=\hbar/2m$. Принципиальное отличие нашего подхода состоит в том, что "броуновские случайные блуждания" на фундаментальном уровне есть следствия теории, которая в принципе должна быть концепцией более общего уровня описания по сравнению с традиционной. В предлагаемом описании дополнительными члены связаны с ограничениями в измерениях на микроуровне. Статистичность проявляется в осреднении, связанным с макроприборами - часами и линейками, рассмотрение модели реляционных часов и линеек подводит к тому, что на микроуровне осредненные значения дают неполную информацию о движении частиц, неполнота этой информации проявляется в характере описания, присущем квантовой механике. Коэффициент диффузии, соответствующий работе Нельсона, в нашем случае равен $\hbar/2m_e$, где m_e – масса частицы, составляющей основу нашей "материальной измерительной среды" (в настоящей работе ограничимся изучением движения только одной частицы). Заметим, что проблема измерения с помощью макроприбора, существенная для квантовой механики, в реляционно-статистическом подходе разрешается, по-видимому, тем, что все измерения в физике восходят к фундаментальным измерениям с помощью часов и линеек. Именно эти объекты и моделирует данная реляционная концепция в своем статистическом принципе.

С использованием предположений из [11] вводится некоторая вероятностная схема, в которой нет понятия скорости как производной в данной пространственно-временной точке, что соотносится и с представлениями реляционной концепции. Можно, однако, определить скорости "вперед" и "назад". Затем вводятся две скорости: V - полусумма двух указанных скоростей ("текущая скорость"), и u - полуразность этих скоростей ("осмотическая скорость"). Можно получить два уравнения для описания изменения V и u, которые эквивалентны уравнению Шредингера. Эта пара векторных уравнений получается, если отделить действительную и мнимую части в уравнении Шредингера. Фактически такой формализм может быть извлечен из материала стандартных учебников [13-15], где эта процедура проводится в квазиклассическом приближении. Более подробное изложение приведено, например в [16], где в общем случае уравнение Шредингера преобразуется в систему уравнений гидродинамического типа. Причем в уравнении непрерывности и в аналоге уравнений Эйлера фигурирует плотность $\rho=|\Psi|^2$- квадрат модуля волновой функции. С учетом этого замечания, ищем (опуская некоторые подробности) согласно работе Нельсона [11] волновую функцию в виде

$$\Psi = e^{R+iS}.$$

Подставляя ее в уравнение Шредингера

$$\frac{\partial\Psi}{\partial t}=\frac{ih}{2m_e}\Delta\Psi-\frac{i}{h}\mathrm{U}\Psi,$$

где U -- потенциал внешнего поля (сила $F=-\nabla U$), имеем

$$(\frac{\partial R}{\partial t}+i\frac{\partial S}{\partial t})\Psi=\frac{h}{2m_e}(\Delta R+i\Delta S+(grad(R+iS))^2)\Psi-i\frac{1}{h}\mathrm{U}\Psi.$$

Вводя обозначения $u=\hbar\ grad\,R/m_e$, $V=\hbar\ grad\,S/m_e$, получим систему уравнений для u и V. Для этого в последнем уравнении разделим обе части на Ψ, применим к обеим частям операцию градиента и отделим действительную и мнимую части:

$$\partial u/\partial t=-(h/2m_e)grad(divV)-grad(Vu), \qquad (5)$$

$$\partial V/\partial t=(1/m_e)F-(V\nabla)V+(u\nabla)u+(h/2m_e)\Delta u. \qquad (6)$$

Согласно методу Нельсона из [11] движение частицы массы m_e описывается кинематически, как в теории Эйнштейна-Смолуховского, марковским процессом в координатном пространстве с коэффициентом диффузии $\hbar/2m_e$. Динамика будет задаваться законом Ньютона, как в теории Орнштейна-Уленбека.

В реляционном подходе для частицы нельзя указать траекторию в классическом смысле. Сопоставим это с формализмом Нельсона, где также рассматриваются случайные процессы, которые недифференцируемы. Пусть *x(t)* - стохастический процесс (*x* - координата частицы в момент времени *t*). Рассматривается винеровский процесс, использующийся в теории Эйнштейна броуновского движения. Может быть найдена средняя производная "вперед", определяемая при положительном приращении времени, и средняя производная "назад" (соответственно определяемая с отрицательным приращением времени). Эти скорости не совпадают. Случайный процесс задается так:

$$dx(t)=b(x(t),t)+dw(t), \qquad (7)$$

где - b - вектор-функция пространства-времени, *w(t)* - винеровский процесс, *dw(t)* - гауссиан с математическим ожиданием, равным 0, причем

$$Edw_i(t)dw_j=2\nu\delta_{ij}dt. \qquad (8)$$

Здесь E обозначает математическое ожидание, ν - коэффициент диффузии, δ_{ij} – символ Кронекера. Такое описание используется в аппроксимационной теории броуновского движения Эйнштейна-Смолуховского, это предельный случай теории Орнштейна-Уленбека. Причем *dw(t)* не зависят от *x(s)* с $s<t$, так что b есть средняя скорость "вперед":

$$Dx(t) = b(x(t),t). \qquad (9)$$

Аналогично определяется скорость "назад":

$$D_* x(t) = b_*(x(t),t).$$

В реляционной модели эффективный коэффициент диффузии возникает за счет указанного отклонения от точного описания из-за появления дополнительных членов в дискретном пространстве-времени. Производная (скорость) не может быть определена обычным образом, что следует из (4). Малое, но конечное приращение координаты можно записать через некоторую "среднюю скорость", умноженную на приращение времени, но с добавлением (в тейлоровском разложении) дополнительного члена, который можно полагать случайной величиной. По сути, может быть построен аналог формулы (7) для случайного процесса

$$\Delta x(\tau) = u_{mx}(\tau)\Delta\tau + \Delta w(\tau), \qquad (10)$$

где в согласии с (1), (4) и с оценками порядка характерных величин, данными в 3., получим

$$\Delta w(\tau) = (1/2)u'_{mx}(\Delta\tau)^2 \sim (1/2)r_e \sim \hbar/(2m_e c), \qquad (11)$$

где u'_{mx} трактуется как некоторая средняя производная от u_{mx}. Видно, что в реляционной модели эффективный коэффициент диффузии (для одной частицы $\nu \sim \hbar/2m_e$. Это соответствует подходу Нельсона, где вводится такой коэффициент диффузии, но в виде допущения, а не как следствие общей модели.

Отметим кратко основные пункты в формализме Нельсона получения уравнений (5) и (6), эквивалентных уравнению Шредингера. В применяемой в [11] теории Орнштейна-Уленбека средняя производная случайного процесса определяется следующим образом

$$a(t) = 1/2(D_* D\mathrm{x}(t) + D_* Dx(t)). \qquad (12)$$

Эта величина полагается равной силе, деленной на массу частицы, как в теории Ньютона, т.е. $a = F/m_e = -(1/m_e)\nabla U$.

Рассмотрим движение одной частицы. Пусть ρ – плотность вероятности *x(t)*. Тогда ρ удовлетворяет уравнению Фоккера-Планка "вперед"

$$\partial\rho/\partial t = -div(b\rho) + \nu\Delta\rho, \qquad (13)$$

и уравнению Фоккера-Планка "назад"

$$\partial\rho/\partial t = -div(b_*\rho) - \nu\Delta\rho. \qquad (14)$$

При осреднении этих уравнении получаем уравнение непрерывности

$$\partial\rho/\partial t = -div(V\rho), \qquad (15)$$

где текущая скорость V определяется так:

$$V = 1/2(b + b_*). \qquad (16)$$

Вычитая (13) из (14), получим

$$div(u\rho) - \nu\Delta\rho = div(u\rho - \nu grad\rho) = 0, \qquad (17)$$

где "осмотическая скорость" u определяется как

$$u = 1/2(b - b_*). \qquad (18)$$

Легко видеть, что следующее уравнение

$$u = \nu(grad\rho/\rho), \qquad (19)$$

удовлетворяет (17). Что именно уравнение (19) описывает изменение u, показывается в [11]. Согласно эйнштейновской теории броуновского движения "осмотическая скорость" u, определяемая по формуле (18), есть скорость, с которой движется броуновская частица в равновесии, когда существует баланс внешней и осмотической силы. По этой причине скорости u в [11] дано такое название. С использованием уравнения непрерывности из (19) получаем

$$\partial u/\partial t = -\nu\, grad(divV) - grad(Vu). \qquad (20)$$

После подстановки в (20) указанного выше коэффициента диффузии приходим к уравнению (5).

Опишем кратко, как выводится уравнение для скорости V. Записывается дифференциал для b вплоть до членов второго порядка, $dx_i(t)$ заменяется на $dw_i(t)$ в этих членах с использованием (7). После осреднения учитывается, что $dw(t)$ не зависит от $x(t)$ и среднее равно нулю. Тогда, используя (8), получаем выражение для средней скорости "вперед" от b. Так же можно получить среднюю скорость "назад" от b_*. После применения определения для ускорения (12) находим

$$a = \frac{1}{2}\frac{\partial}{\partial t}(b + b_*) + \frac{1}{2}(b \cdot \nabla)b_* + \frac{1}{2}(b_* \nabla)b - \frac{1}{2}\nu\Delta(b - b_*). \qquad (21)$$

С учетом определения "текущей" и "осмотической" скоростей можно записать

$$b = V + u\,, \quad b_* = V - u\,.$$

Так что (21) оказывается эквивалентным следующему уравнению

$$\frac{\partial V}{\partial t} = a - (V \cdot \nabla)V + (u \cdot \nabla)u + \nu\Delta u. \qquad (22)$$

После использования в (22) ньютоновской связи $a = F/m_e$ придем к уравнению (6).

5. Выводы и перспективы

В данной работе показано, как исходя из положений реляционной теории пространства-времени могут быть получены основные составные элементы аппарата квантовой механики. Причем выведенные соотношения неопределенности в силу ограничений на измерение времени и расстояния соответствуют соотношениям неопределенности для релятивистского случая (т.е. по сравнению с традиционным нерелятивистским случаем здесь не может быть "сколь угодно высокой точности" по x).

Дальнейшее обобщение модели предполагает несколько направлений. Необходимо последовательное обобщение на релятивистский случай с получением уравнений Дирака, это можно сделать, например, на основе формализма, предложенного Ордом в [16,17]. В принципе, традиционная связь спина и статистики намекает на возможную продуктивность использования статистических подходов к описанию пространства-времени.

Для более глубокого обобщения потребуется, по-видимому, учесть в физическом и математическом аппарате реляционной модели возможность несохранения числа частиц, образование пар. Соответственно будет усложняться и дискретная реляционная геометрия, для которой фоновая среда из одинаковых элементов должна быть обобщена. Для расстояний, меньших, чем "размер атома", можно попытаться использовать методы работы [18].

Другое направление обобщения связано с получением римановой метрики в модели реляционного пространства, что должно привести к установлению соответствия с эффектами ОТО. В работе [6] намечен путь такого обобщения, поскольку показывается, что расстояние, которое фигурирует в выражении для интервала, представляет некоторую сумму по всем частицам рассматриваемой системы. Причем распределение частиц на фоне однородного распределения дискретной среды масштабных линеек может быть различным. Так как измерение "по линейке" соотносятся именно с однородным распределением, то отличия в данной сумме, связанные с присутствием массивных тел как проявление неоднородности, и может объяснить отличия от СТО (с метрикой Минковского), которую в реляционной концепции можно соотносить с предельно однородным распределением масс.

Подчеркнем, что путем редукции процессов измерения времени и пространства к более простым процедурам (соответственно к пространственным перемещениям и распределениям масс) появляется возможность описания в безразмерной по сути схеме время-пространство-частицы-числа. Размерные уравнения должны получаться при использовании фундаментальных физических констант. Так намечается связь между постулатами физики и аксиомами математики. Встает вопрос о возможности "аналитической физики" (по аналогии с известной декартовской программой связи геометрии и алгебры в аналитической геометрии). Из множества допустимых уравнений и соотношений, обеспечиваемых аксиоматикой алгебры (или арифметики) физика выбирает только некоторые уравнения и соотношения, которые определяются характером построенных исторически в процессе развития многих техник и наук фундаментальных приборов – часов и линеек. Во всяком случае, классическая физика вплоть до квантовой теории, может быть, по-видимому, охвачена таким подходом, который задан в реляционно-статистических пространстве и времени. С другой стороны, здесь возникает принципиально новый взгляд на характер физических законов: можно новые закономерности не только обнаруживать, открывать, но и "строить", поскольку любое "обнаружение" происходит на основе определенного языка, в случае физической реальности

- "в терминах" фундаментального описания с помощью пространства и времени.

Возможно, хотя бы в принципе, конструирование иных часов и линеек, со свойствами и уравнениями, отличными от известных. Именно в этом смысле можно будет говорить о "конструировании законов": новые связи определят новые уравнения, что позволит более подробно описывать реальность. Новая гипотетическая дисциплина "физическая математика" (по аналогии и в противоположность математической физике) должна поставить себе целью выработку новых математических закономерностей с определением возможности конкретного физического воплощения, чтобы строить новые фундаментальные приборы - часы и линейки.

После написания новых уравнений и создания новых приборов можно будет говорить о возможности введения "открытых параметров" в описание микромира ("скрытые параметры" невозможны в существующей квантовой механике), именно в этом смысле можно будет говорить о более полном описании.

Литература

1. Аристов В.В. Статистическая модель часов в физической теории // Доклады РАН. 1994. Т.334. С. 161-164.

2. Аристов В.В. Реляционная статистическая модель часов и физические свойства времени // Конструкции времени в естествознании.Ч.1. А.П.Левич ред. М.: Изд-во МГУ, 1996. С. 48-81.

3. Аристов В.В. Статистическая механика и модель для описания пространства-времени // Сообщения по прикладной математике. М.: Вычислительный центр РАН. 1999. 22 с.

4. Aristov V.V. Relative statistical model of clocks and physical properties of time // A.P.Levich (ed.). On the way to understanding the time phenomenon: the constructions of time in nature science. Singapore: World Scientific. 1995. P. 26-45.

5. Aristov V.V. On the relational statistical space-time concept // The Nature of Time: Geometry, Physics and Perception. R. Bucchery et al. eds. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 2003. P. 221-229.

6. Аристов В.В. Реляционная статистическая модель пространства-времени и физические взаимодействия // Конструкции времени в естествознании.Ч.3. А.П.Левич ред. М.: Прогресс-Традиция, 2008 (в печати).

7. Владимиров Ю.С. Реляционная теория пространства-времени. М.: Изд-во МГУ. Ч.1. Теория систем отношений. 1996. Ч.2. Теория физических взаимодействий. 1998.

8. Владимиров Ю.С. Метафизика. М.: Изд-во "Лаборатория базовых знаний". 2002.
9. Владимиров Ю.С. Физические основания геометрии // "Академия Тринитаризма". М. Эл. №77-6567, публ. 11598, 26.10.2004.
10. Больцман Л. О развитии методов теоретической физики в новейшее время // Больцман Л. Избранные труды. М.: Наука. 1984. с. 363.
11. Nelson E. Derivation of the Schrodinger equation from Newtonian mechanics // Phys. Review. 1966. V. 150. P. 1079-1085.
12. Nelson E. Quantum Fluctuations. Princeton. NJ: Princeton University Press. 1995. 264 p.
13. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. Нерелятивистская теория. М.: Наука, 1974.
14. Блохинцев Д.И. Квантовая механика. М.: Наука, 1974.
15. Давыдов А.С. Квантовая механика. М.: Гос. изд. физ.-мат. лит. Наука, 1963.
16. Алексеев Б.В. Математическая кинетика реагирующих газов. М.: Наука, 1982.
17. Ord G.N. Fractal spacetime and the statistical mechanics of random walks // Chaos, Solitons and Fractals. 1996. V. 7. p. 821-843.
18. Ord G.N. Entwined paths, difference equations, and the Dirac equation // Phys. Review A. 2003. V. 67. 022105.
19. El Naschie M.S. A review of E infinity theory and the mass spectrum of high energy particle physics // Chaos, Solitons and Fractals. 2004. V.19. p. 209-236.

К истории интерпретаций квантовой механики в России, или от физики к метафизике

А. Ю. Севальников

Такое название работы неминуемо отсылает нас к истории. В данном случае к истории науки и философии, которая, как и все остальное, приобретает в Росси особый оттенок. Европейские достижения никогда не проходили мимо российских умов, более того, очень часто весьма проницательно, и несколько загодя оценивалось то, что позднее входило в кровь и тело Запада.

«Приблизительно с 1900 года началась революция в науке. Сначала ее игнорировали не только по приему полемики, но и по той причине, что невозможно было сразу же популяризовать это явление. Наука и сейчас еще все находится в брожении, так как каждый день приносит что-нибудь новое»[1]- так говорит о. Павел Флоренский в 1921 г. в своей лекции «Знамения эпохи», посвященной новому миросозерцанию, нарождающемуся у него на глазах. По всему, видимо, Флоренский не имел в виду, уже появившуюся квантовую теорию, однако общий анализ тенденций новой науки, заставляет сделать его провиденциальный вывод. «Оказалось, что простейшие элементы – не тупик [Флоренский имеет в виду редукционизм, сводящий все ни к чему далее несводимым простейшим «атомам» – А.С.], а вход в новые миры, в другое царство, которое заставляет нас удивляться все больше и больше. Вместо прежней элементарности открыта бесконечная сложность…

Мы вступаем в тот круг идей, которым окончилось средневековое миропонимание, – Платон, Аристотель. Философия Ренессанса началась с разрушения формы как реального начала. Форма [же] – то начало, которое производит все разнообразие сторон. Целое – прежде частей, а части развиваются из целого; признание этого – главная уступка религиозному миропониманию, которое теперь легко обосновать»[2].

Современная фундаментальная наука вызвала в последнее время на Западе к жизни множество мистических и религиозных интерпретаций результатов современной науки, прежде всего физики. Много раньше появились такие интерпретации в России, причем, когда у власти находились большевики. Наиболее интересные выводы касались квантовой теории.

Со времени открытия теории квантов уже минуло более ста лет. Целый век, казалось бы, достаточный срок для того, чтобы устоялось какое-либо представление о теории, однако квантовая механика в этом смысле

---

[1] Флоренский П. Соч. в 4-х т. Т 3(2) М., Мысль. 1999. С. 394.
[2] Там же. С. 396-397.

уникальна. Споры вокруг неё вовсе не утихают, а разгораются в последнее время с новой силой после двух десятков лет затишья. Связано это, как представляется, с тем обстоятельством, что квантовая механика является, в некотором смысле, *предельной* теорией. Она подводит нас к границам, к рамкам эмпирического, явленного бытия, и является в этом смысле метафизической теорией. На это последнее обстоятельство обращали внимание целый ряд западных авторов, начиная с Бора и, кончая современниками Д. Эстанья и Шимони. То же самое утверждают и ряд наших исследователей.

Несомненно, что сама квантовая механика (КМ) – физическая теория, а метафизика возникает, когда мы переходим к её интерпретациям, к сфере, так сказать, сверх-естественнонаучной – а, потому, соприкасающейся, и со сферой религиозной. Вся история КМ – история, если так можно сказать, интеллектуальной борьбы, столкновения и противостояния различных её интерпретаций.

Как уже указывалось выше, моя работа (она является весьма краткой и обзорной, и не претендует на полное освящение данного вопроса) посвящена интерпретациям КМ, возникших в России, и имеющих непосредственное отношение к сфере религии. По вполне понятным обстоятельствам, таковых вплоть до конца 80-х годов в России, было не так уже и много.

Первоначально бы я хотел привлечь внимание к небольшой, неоконченной работе русского богослова и апологета Николая Николаевича Фиолетова «Очерки христианской апологетики, написанной им ещё до 1940 года. Он утверждает, что исследование атомных процессов привело к коренному изменению физического мировоззрения. Как он пишет, «открылся новый мир бесконечно малых явлений – микрокосмос, лежащий в основе того, что называлось до сих пор материй, первоисточник её. Исследования природы этих бесконечно малых элементов обнаружили в них отсутствие каких-либо обычных признаков вещественности, пространственности, осязаемости… В основе того, что называлось веществом, субстанцией, лежат, таким образом, невещественные элементы»[3].

В своих выводах Н.Н. Фиолетов следует (сам он не был специалистом в области атомной физики) работе физика А. Галя «Физическая картина мира по данным новой физики». Она вышла в 1924 (!) году, т.е. еще до того, как сложилась окончательная формулировка квантовой механики, до появления уравнения Шредингера. В этой книге Галь пишет: «Я категорически утверждаю, что понятие субстанции сыграло свою роль в физике. Физика должна освободиться от протяженной субстанции. Материя понимается теперь не как субстанция, а как динамическое действие, как понимал ее классический философ динамического представления о мире

[3] Фиолетов Н.Н. Очерки христианской апологетики. М. 1992. С. 54-55.

Лейбниц. Но Лейбниц был метафизик, а современная общая теория атома дает возможность лейбницевскую динамическую теорию основать на точных данных»[4].

«Материальные частицы, - продолжает он, не являются пунктом в пространстве и вообще не представляют ничего пространственного, но обнаруживаются в пространственной среде, как в поле своей деятельности. В этом отношении имеется аналогия с "Я", действия которого, хотя оно не пространственного рода, через тело, совершаются в определенном месте мирового пространства… Материя в современной физике рассматривается как деятель («агент»), существо которого лежит по ту сторону пространства и времени. Этот, состоящий из бесчисленных и субстанциально не связанных индивидуумов (атомов), деятель мы называем материей, поскольку рассматриваем его как причину расположенного в пространственном мире начала. Его (деятеля) внутренние свойства можно с таким же основанием назвать творческой жизнью и волей, как и материей»[5].

Как отмечает Фиолетов, автор оказывается близок в своих выводах к философии Н.О. Лосского, как они были изложены в его книге «Материя в системе органического мировоззрения». Фиолетов также близок к этой точке зрения. Для него, например, материя оказывается наделенной активностью, и через эту активность она, как он пишет, «не вмещается в формулы математической необходимости», т.е., как бы мы сейчас сказали, не подчиняется законам жесткого, лапласовского детерминизма.

«"Математическая необходимость" исключает действие и значение качественного своеобразия, как бы отвлекается от него. Между тем, как определенно утверждает атомистическая теория, бесконечно малые простейшие элементы атома обладают индивидуальностью и своеобразием, и нет двух элементов, вполне тождественных друг другу»[6]. В этом месте с точки зрения современной физики имеется, конечно же, явная ошибка, точнее говоря, подгонка результатов науки под свои метафизические убеждения. И, тем не менее, такая ошибочная трактовка, а точнее не знание факта принципиальной тождественности элементарных частиц, позволяет Фиолетову подойти к такой оценке новой квантовой физики, что впоследствии станет лейтмотивом в тех ее трактовках, что появятся на российской почве. Поэтому мы чуть подробнее остановимся на тех немногих страницах, что посвящены у него особенностям атомной механики.

«Квантовая теория говорит о «способности элементарных изменений в материи», их целеустремленности. Но если это так, то к ним применима не механическая необходимость, а лишь та закономерность и пра-

---

[4] Цит. по Фиолетов Н.Н. Очерки… С.55.
[5] Там же. С.55.
[6] Фиолетов Н.Н. Цит. соч. С. 55.

вильность, которая открывается (так же, как и в области индивидуально своеобразных явлений социальной жизни) лишь «статистическим методом».

В этом и заключается существенное различие старого и нового атомизма: старый атомизм относится исключительно к этой пространственно-временной сфере, в то время как новый атомизм ставит материю над пространственно- временным бытием. Мир в пространстве и времени, «мир вещей», материя новой физики, в отличие от старой, *невещественны*. Они также мало являются вещами, как мало являемся предметами мы сами. Действительность, стоящая над временем и пространством, также поддается физическому эксперименту, только он основывается не на причинной необходимости, а на статистической правильности, как и социальные проявления личной жизни являются предметом статистики» [7].

Вывод о «над пространственном» характере бытия квантовых объектов, является наиболее интересным в работах и А. Галя и Н.Н. Фиолетова. Мы оказались на «пороге двойного бытия», как говорил Флоренский в уже цитированной работе. Именно в этом пункте проявилось своеобразие трактовок квантовой механики на российской почве. Поиск *метафизического* начала, *инобытия*, стоящего за гранью явленного, резко отличает рассматриваемый подход от укоренившегося на Западе подхода Копенгагенской школы (я имею в виду копенгагенскую трактовку квантовой механики – А.С.), прямо запрещающей поиск какой-либо сущности за рамками наблюдаемых феноменов. К этому вопросу, мы еще позднее вернемся, сейчас же отметим, что в своей трактовке результатов новейшей для того времени физики, Фиолетов следует, естественно, святоотеческой традиции, которая видит источник чувственного в сверхчувственном. Его работа, написанная до 1940 года, осталась неоконченной и неизвестной широкой публике. 25-го июня 1941 года он был арестован и погиб в лагерях в 1943 году. Обреченная, казалось бы, на забвение, эта работа явилась, тем не менее, неким вектором в духовном пространстве, которому в дальнейшем следовали и другие работы на российской почве.

Миновало почти ровно полвека, когда появилась следующая работа, в которой квантовая механика рассматривалась с религиозных позиций. Я имею в виду статью Виктора Николаевича Тростникова «Научна ли научная картина мира?». Опубликованная в декабрьском номере «Нового мира» за 1989 год, она вызвала широкую дискуссию и привела в дальнейшем к целому ряду публикаций. В этой статье, посвященной в целом таким актуальным и спорным вопросам современной науки, как эволюционизм, редукционизм, рационализм, проблем математики и логики, затрагивались и вопросы квантовой механики.

---

[7] Там же. С.55-56.

Как утверждает автор, КМ привела «к такому взгляду на окружающую действительность, который противоположен прежнему не в каких-то деталях, а в самом своем существе…

Начнем с того, что идеальное оказалось реальнее материального. Тут невольно вспоминаются космологические представления индуизма, согласно которым материя есть майя – род иллюзии. Не будем сейчас вдаваться в анализ понятия материи как философской категории, но если говорить о том, что физики называют наблюдаемыми, то индусы, пожалуй, правы. И это плод не каких-то косвенных соображений, которые можно понимать и так и сяк, на этот счет имеется *теорема*. В квантовой физике центральным понятием служит не частица, а *пси-функция*, которая принципиально не может быть зафиксирована никаким прибором, то есть является невещественной данностью. Но жизнь Вселенной есть именно жизнь пси-функций, а не наблюдаемых. Во-первых, законам природы подчиняются не наблюдаемые, как полагали раньше, а пси-функции; наблюдаемые же управляются пси-функциями, да и то не в строгом, а в статистическом смысле. Все законы природы суть не что иное, как уравнения Шредингера, а они определяют лишь эволюцию пси-функций, материя в них не фигурирует. Во-вторых, Джон фон Нейман доказал математически (как раз в этом и состоит упомянутая только что теорема), что классической модели Вселенной, адекватно описывающей ее экспериментально установленные свойства, существовать не может»[8]. По мнению В.Н. Тростникова, какими бы ухищрениями мы ни пользовались, как бы ни пытались свести мир «к наглядным понятиям», у нас ничего не получиться. Главный вывод, который делает автор, следующий: «Только признав главной мировой реальностью умозрительное, мы обретаем шанс понять поведение чувственно воспринимаемого. Узлы тех нитей, на которых держится видимое, завязываются и развязываются в невидимом»[9].

Автор этой работы вовсе не развивает собственной интерпретации квантовой механики. Его обращение к ней понадобилось лишь для обоснования идеи антиредукционизма. В.Н. Тростников отстаивает тезис, что целое оказывается реальнее своих частей. Как он утверждает, все дело в том, что «пси-функция системы всегда адекватнее описывает ее свойства, чем совокупность пси-функций, относящихся к ее частям, взятым по отдельности. При объединении частей в систему вступают в силу совершенно новые законы природы, предсказать которые заранее невозможно»[10]. Такое утверждение иллюстрируется на примере строения атома. «Как бы мы ни изучали свойства электронов и нуклонов порознь, мы никогда не

---

[8] Тростников В.Н. Научна ли «научная картина мира»? // Новый мир, № 12, 1989. С 259.

[9] Тростников В.Н. Там же. С. 259.

[10] Тростников В.Н. Там же. С. 259.

смогли бы предвидеть, что в состоящем из них атоме вступит в силу «запрет Паули», формирующий всю менделеевскую таблицу. Строго говоря, само выражение «атом состоит из электронов и нуклонов» неверно, надо было бы сказать иначе: «электроны и нуклоны исчезли, и на их месте появился новый физический объект с новыми свойствами – атом»[11].

Не соглашаясь с автором со многими его выводами и не эксплицируя пока свою точку зрения, остановлюсь на критике этой статьи Ю. Шрейдером. Как уже отмечалось выше, публикация Тростникова вызвала оживленную дискуссию. Одной из критических статей, опубликованных в 7-ом номере «Нового мира» за 1990 год, явилась работа Ю. Шрейдера, интересная не только в смысле обстоятельности и содержательности, но и тем, что это ответ католика. Хотелось бы сразу отметить, что данную полемику вовсе нельзя воспринимать как спор двух метафизических школ, православной и католической (если так вообще можно выразиться), а скорее спор двух ученых – математиков и философов одновременно.

Шрейдер начинает с критики утверждения Тростникова, что «физике открылась ложность редукционизма». «Если бы вместо слова «ложность» он написал «необязательность», то все было бы в порядке… Редукционизм – это не суждение, а познавательная установка. Последняя не может быть ни истинной, ни ложной, она лишь обязательна или не обязательна, применима или не применима»[12]. Далее он совершенно справедливо отмечает, что из невозможности в силу теоремы Неймана редуцировать квантовую механику к классической, вовсе не вытекает неприменимость редукционизма в физике как метода. «Современный физик оказывается редукционистом, как только он пытается объяснить закономерности взаимодействия ядерных частиц (протонов, нейтронов и других), рассматривая их как составленные из кварков – не наблюдаемых в чистом виде особых частиц с достаточно странными свойствами даже для привыкшего к чудесам квантовой физики». И, тем не менее, автор этой статьи оказывается солидарным с Тростниковым в главном – квантовая механика действительно «преодолевает классический редукционизм (хотя редукционистские представления вовсе не изгоняются из нее): для квантовой физики целое реальнее своих частей»[13].

Ю. Шрейдером верно отмечено самое главное в позиции Тростникова: «для автора… существенно, что центральным понятиям квантовой физики служит не частица, но волновая функция, которая ”является невещественной данностью”»[14]. Однако отрицание ньютоновской концепции материи вовсе не означает, что материя – это иллюзия. «Да, состояние

---

[11] Там же. С. 259-260.
[12] Щрейдер Ю. Неправомерная альтернатива // Новый мир, № 7, 1990. С. 262.
[13] Там же. С. 262.
[14] Там же. С. 262.

квантовой системы (значит, фактически любой физической системы) описывается не наблюдаемой непосредственно волновой функцией (псифункцией), а наблюдаются опосредованные характеристики, вероятности которых вычисляются через пси-функции. Именно через пси-функцию задается эволюция физических систем, а "материя в них не фигурирует". Но материя не фигурирует и в учебнике классической механики, в уравнениях которой можно найти лишь математические конструкты»[15]. Последовательное развитие идей, высказанных Тростниковым, может привести либо к гностической точке зрения, либо к индуистским представлениям. И то, и другое мало совместимо с позицией ортодоксального христианства, что и отмечается Шрейдером. «Если субатомные объекты… обладают свойствами, весьма непохожими на свойства бильярдных шаров, то это еще не дает основания говорить об их идеальности и тем более иллюзорности. Представление о материи как об иллюзии или майе годится для индуистов, но плохо совместимо с монотеизмом, утверждающим, что природный мир сотворен Богом и потому заслуживает быть принятым всерьез. (Наоборот, гностики учили, что наш мир сотворен злым демиургом и не заслуживает доброго отношения)»[16].

Тростников исходит из «неправомерной альтернативы» (Ю. Шрейдер) между материальным и идеальным. Он стремится показать, что с развитием науки природные объекты все в большей степени предстают перед нами не как
материальные, но как идеальные. Даже если бы это и было верным, идеалистическая картина, «сводящая бытие к идеям, не ближе христианской ортодоксии (и вообще монотеизму), чем материалистическая»[17].

К сожалению, позиция В. Н. Тростникова в этом пункте не намного отличается как от подхода советской философии, так и современной западной, исходящих из принципа одномодусности бытия. Вовсе не случайна его ссылка на Ричарда Фейнмана, который утверждал, что «у нас нет двух миров квантового и классического, нам дан один-единственный мир, в котором мы живем, и этот мир квантовый»[18].

Позиции А. Галя и Н.Н. Фиолетова, возникшие полувеком раньше, оказываются более согласными с традиционной христианской точкой зрения, чем точка зрения В. Н. Тростникова. За миром явленным, феноменальным существует ноуменальное. Реальность не сводится к какомулибо одному модусу бытия, будь-то материальному или идеальному, как это делается в большинстве современных трактовок, в том числе и у Тро-

---

[15] Там же. С. 262.
[16] Там же. С. 263.
[17] Там же. С. 262.
[18] Цит. соч. Тростников В.Н. С. 259.

стникова. В этой же работе делается еще одна ошибка, так же весьма распространенная. Речь идет о понятии целостности.

Совершенно справедливо, что крайний редукционизм, укоренившийся в сознании многих ученых и философов XX века, совершенно неприемлем для религиозного сознания. Сейчас уже большинству исследователей стало совершенно ясно, что попытка объяснения мира через элементарный уровень, стремление разъять его на элементарные «кирпичики» провалилась. «Элементарное», как это следует из антропологического принципа, из современных космологических теорий, тесно связано со строением всей Вселенной. Из этого факта, да из самой квантовой механики, вовсе не следует исчезновения элементарных частиц при их объединении в сложные системы. Мы вполне способны, пользуясь современными физическими методами, определить те или иные характеристики элементарных частиц, входящих в систему. Можно, например, напомнить об открытии планетарной структуры атома Резерфордом, когда, пользуясь методами рассеяния, мы оказываемся в состоянии определить и заряд ядра, и его массу, оценить примерный радиус. В теории, для того же атома, у нас никуда не исчезают характеристики электрона, взаимодействующего с ядром, когда мы записываем для него уравнение Шредингера, где обязательно учитываем и его массу, и заряд и спин. Можно напомнить, что первоначальный расчет структуры спектральных линий атома водорода, выполненный Шредингером после того, как он открыл свое уравнение, не согласовывался с экспериментальными данными. Согласие было получено лишь только после того, как был учтен спин электрона. Так что вовсе не приходится говорить об «исчезновении» частиц при вхождении их в систему ни на экспериментальном уровне исследования, ни на теоретическом.

К сожалению, здесь мы сталкиваемся с совершенно неадекватными представлениями о целостности, которые действительно играют фундаментальную роль в любой метафизической системе. Учет только одной целостности без рассмотрения индивидуальности объекта, приводит к такому мировоззрению, которое стало весьма модным в последнее время в работах, связанных с современными интерпретациями науки. В таких подходах разрушается, упускается из виду принцип индивидуальности частиц, шире говоря, субъекта взаимодействия. Вряд ли он может быть согласован с принципом *синергии* в православии, когда объекты взаимодействуют и объединяются не по сущности, а по своим энергиям. Такого рода мировоззрение, назовем его – холистским, в соответствии с тем как оно получило название в целом ряде работ, связанных с оккультно-мистическими трактовками науки, не может не привести к пантеизму. Пантеизм - учение, в котором объекты сливаются по сущности, является фундаментом различного рода герметико-гностических представлений, в частности, и дает суть индуизма об иллюзорности материи, майе, упоминание о которой в статье Тростникова вовсе не является случайным.

Как мы уже упоминали выше, характерной чертой всех трактовок современной науки, возникших в России за последнее время, является поиск метафизического начала, *иного*, стоящего за гранью явленного. В области интерпретаций квантовой механики ведущей остается копенгагенская трактовка, которая поразительным образом созвучна кантовскому тезису о непознаваемости «вещи в себе». Копенгагенская трактовка просто-напросто запрещает искать что-либо, стоящее за гранью явленного, полученного в результате измерения.

Квантовую механику действительно нельзя понять, если все сущее, а в частности квантово-механические объекты, мыслить существующими только как актуально. *Для понимания этих феноменов необходимо принять, что существует иной модус бытия, отличный от бытия актуального, бытия наличного*. Многие физики, надо сказать, давно это чувствуют. Так говориться, например, о «завуалированной» реальности, о квантовом «зазеркалье» или о существовании «имплицитного порядка» (Д. Бом) в квантовой теории. Вернер Гейзенберг, как известно, вводил понятия «бытия потенциального» и «бытия актуального», а В.А. Фок говорил о «потенциальных возможностях» и об «осуществившемся» в рамках квантового эксперимента. То, что квантовая механика говорит и отсылает к некоторого рода трансцендентности, следует как из анализа основных положений квантовой механики, так и из опытов по проверке неравенств Белла.

Остановимся кратко на первом аспекте. Уже с самого начала квантовой механики физики оперировали с двумя родами величин – *наблюдаемыми* и *ненаблюдаемыми*. Волновая функция Ψ, описывающая квантовое поведение объекта, является сама по себе (и это очень важно) ненаблюдаемой величиной. В эксперименте наблюдается некоторое конкретное значение соответствующей физической величины, связанное с квадратом модуля волновой функции $|\Psi|^2 = \Psi\Psi^*$, где Ψ^* - комплексно-сопряженная волновая функция. Возникновение двух видов величин в квантовой механике, *наблюдаемых* и *ненаблюдаемых*, не является чисто формальным приемом, как это считалось одно и время, и имеет полную аналогию с электродинамикой, где также имеются два рода величин: *наблюдаемые* величины – напряженности поля, и *ненаблюдаемые* потенциалы.

Уже в 1925 году Вернер Гейзенберг, создавая матричный аппарат квантовой теории, пришел к выводу, что в квантовой теории не может быть классического понятия траектории как наблюдаемой величины. Это утверждение, стало впоследствии предметом горячих дискуссий между Гейзенбергом, Эйнштейном, Бором и Шредингером. Этот факт хорошо известен, но радикальных философских выводов, не смотря на то, что минуло более 80 лет, не было сделано до сих пор.

Напрямую с принципом ненаблюдаемости связан принцип суперпозиции состояний, составляющий сердцевину математического аппарата квантовой механики. В соответствии с ним, состояние системы может быть описано определенной (вообще говоря, комплексной) функцией координат $\psi(q)$. Квадрат модуля этой функции определяет распределение вероятностей значений координат: $|\psi|^2dq$ есть вероятность того, что произведенное над системой измерение обнаружит значения координат в элементе dq конфигурационного пространства. Функция ψ называется волновой функцией (ВФ) системы.

Принцип суперпозиции дает утверждение относительно свойств волновой функции и заключается в следующем. Пусть в состоянии с волновой функцией $\psi_1(q)$ некоторое измерение приводит с достоверностью к определенному результату 1, а в состоянии $\psi_2(q)$ - к результату 2. Тогда принимается, что всякая линейная комбинация 1 и 2, т.е. всякая функция вида $c_1\psi_1 + c_2\psi_2$ (где c_1 и c_2 - постоянные), описывает состояние, в котором то же измерение дает либо результат 1, либо результат 2. Кроме того, можно утверждать, что если нам известна зависимость состояний от времени, которая для одного случая дается функцией $\psi_1(q, t)$, а для другого - $\psi_2(q, t)$, то любая их линейная комбинация также дает возможную зависимость состояний от времени.

Тот глубокий философский смысл, который таится за внешне простой математической формулировкой, до сих пор остается еще не вполне проясненным. Слишком много необычного и странного преподносит он классическому, "здравому" рассудку. Во-первых, волновая функция описывает не сам процесс, а вероятность (точнее - амплитуду вероятности) того или иного процесса. Часто, особенно в первую пору возникновения квантовой механики, в этом усматривалась ее "неполнота", и утверждалось, что необходимо искать более глубокую теорию, дающую более детальное и точное описание процессов.

Во-вторых, принцип суперпозиции утверждает (и это является, на наш взгляд, наиболее существенным в нем), что квантовый объект до измерения находится в необычном, "размазанном", "суперпонированном" состоянии, или точнее говоря, он находится во всех допустимых состояниях сразу.

Все эти необычные свойства квантовой теории, так сильно расходящиеся со «здравым рассудком» вынудили Эйнштейна поставить вопрос об описании реальности в квантовой механике. Им в 1935 году совместно с Подольским и Розеном была написана статья «Может ли квантово-механическое описание физической реальности рассматриваться как полное»[19]. В ней и был сформулирован тот парадокс, который в последствии и получил название «парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена».

Эйнштейн вместе с сотрудниками предложил мысленный эксперимент, проведение которого и могло ответить на вопрос о полноте описания реальности в этой теории. Авторы парадокса отмечают, что для суждения об успехе физической теории нужно ответить сначала на два вопроса

1. Правильна ли теория? и
2. Является ли данное теорией описание полным?

Предварительно авторами сформулировано следующее определение реальности: «Если мы можем без какого бы то ни было возмущения системы предсказать с достоверностью (т.е. с вероятностью, равной единице) значение некоторой физической величины, то существует элемент физической реальности, соответствующий этой физической величине»[20]. Далее предполагается некоторый мысленный эксперимент, проведение которого должно недвусмысленно ответить на следующую альтернативу:

1) квантово-механическое описание реальности посредством ВФ неполно или
2) когда операторы, соответствующие двум физическим величинам, не коммутируют, эти величины не могут одновременно быть реальными.

В КМ механике предполагается, что ВФ действительно дает полное описание физической реальности для системы, которой она соответствует. Эйнштейном с сотрудниками было показано, что такое предположение противоречит принятым им определению реальности.

Если авторы парадокса связывали понятие реальности с существованием объектов «самих по себе», и возможности наблюдения их «без какого-либо возмущения системы», то Н. Бор, в противовес этой позиции показывал, что при анализе квантовых явлений невозможно провести сколько-нибудь резкое разграничение между независимым поведением атомных объектов и их взаимодействием с измеряющими приборами. Невозможность учета реакции объекта на измерительные приборы и означает для него «радикальный пересмотр нашей позиции в отношении физической реальности»[21]. Говоря об изменении в понимании реальности, Бор, тем не менее, ничего не говорит, о том, как конкретно такое понимание должно изменяться, и в чем должна состоять суть такого изменения.

---

[19] Einstein A., Podolsky B., Rosen N. Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete // Physical Review, 47 (1935). P. 777.
[20] Einstein A., Podolsky B., Rosen N. Phys. Rev, 47 (1935). P. 777.
[21] Бор Н. Дискуссии с Эйнштейном о теоретико-познавательных проблемах в атомной физике // Сб. Философские проблемы современной науки. М. Изд-во АН СССР. 1959. С. 213.

Физика наука все-таки эмпирическая, и прежде чем говорить о том или ином типе реальности, понадобилось проведение соответствующего эксперимента, который бы ответил на вопрос о полноте описания в рамках квантовой механики.

Постановки соответствующего эксперимента пришлось ждать примерно полвека, т.к. существовали значительные технические трудности. Ключевым событием на пути к такого рода эксперименту стало появление статьи Джона Белла «О парадоксе Эйнштейна-Подольского-Розена» в 1964 г. В ней предлагалось простое соотношение - т.н. «неравенства Белла», проверка которого и могла ответить на вопрос с какого рода реальностью мы сталкивались в квантовой области.

Проверка выводов затянулась примерно до середины восьмидесятых годов, когда были проведены эксперименты Аланом Аспеком (Aspect), а затем успешно повторены и целым рядом других исследований. Было продемонстрировано нарушение неравенства Белла, из чего вытекала полнота описания квантово-механического описания реальности, что в разрез шло с ожиданиями Эйнштейна. Однако тут же встал вопрос, в согласии с выводами авторов ЭПР – парадокса, о реальности наблюдаемых физических величин и способе их существования.

Ряд физиков, например, Клышко Д. Н. и А. В. Белинский в связи с результатами этих экспериментов стали утверждать, и весьма категорично, что «фотоны объективно не существуют»[22]. Такая формулировка, как представляется, в своей категоричности не верна, но со всей остротой ставит вопрос о понятии *существования* в квантовой механике (КМ).

Мы привыкли предполагать, что существует источник фотонов, он их испускает, и они со скоростью света двигаются к приемнику. Так вот, в некотором смысле, как совершенно определенно показывают эксперименты, фотоны на пути от источника к приемнику не существуют! Встает вопрос - как это возможно, и что же мы наблюдаем?

Чтобы ответить на этот вопрос необходимо переосмысливать концепцию существования, о чем много и говорилось выше. Приходится утверждать, что существует иной модус бытия. Существование квантовых объектов, когда они описываются ВФ, связано с этим модусом бытия. Похоже, что пространство не является первичной категорией, и именно с этим и связаны все дискуссии о локальности и нелокальности КМ. Как известно, физическим величинам в КМ мы сопоставляем операторы, в том числе и координатам. Наблюдаем же мы некоторые события, описываемые соответствующими уравнениями КМ. ЭПР–парадокс наводит на мысль о «непервичности» пространства. Возникает вопрос, не ткется ли его ткань в результате определенных событий? При этом время в КМ иг-

[22] Клышко Д.Н, Белинский А.В. Существуют ли фотоны? Наука и жизнь. 1995. № 12. С. 28-31.

рает выделенную роль. Ему, как известно, в рамках этой теории нельзя сопоставить соответствующего оператора. Если попытаться развить эти идеи, то выявляются весьма интересные особенности, сильно расходящиеся с тем, что ты привыкли думать о реальности, но что, тем не менее, хорошо коррелирует с рядом старых метафизических систем.
1. Коснемся, например, понятия времени. В КМ, если мы станем применять ее уравнения для описания мира в целом, то мы сталкиваемся со следующим интересным выводом: время для Универсума в целом останавливается, оно «замораживается». Такой вывод делается в квантовой космологии. Что это может означать? Если мы соотносим волновые функции квантовых объектов с иным модусом бытия и, если правомерно применение уравнений КМ к Универсуму в целом, то это может говорить только о том, что время на том модусе бытия, который описывается КМ, не течет. Мы сталкиваемся здесь с определенного рода вечностью. Аналогичный вывод делается, например, также Нестеруком в его книге «Логос и Космос». Комментируя сценарий Хокинга «сотворения» видимой вселенной, он отмечает, что в рамках квантовой космологии никакого творения в точном смысле этого смысла нет. «Она [вселенная – А.С.] возникает в пространстве, не имеющих временных качеств... «Сотворение» видимой вселенной в модели Хокинга – это не творение или «возникновение», а, скорее, ее переход от вневременного Евклидова пространства к пространству-времени, где время отличается от пространства и где можно наблюдать временной поток событий»[23]. С выводом этого автора о существовании вневременной области бытия мы полностью согласны, а вот говорить о наличии там пространственных отношений, похоже, не приходиться.
2. КМ описывает, по-видимому, некоторую промежуточную (и двойственную) реальность, которая и задает вероятность актуализации тех или иных событий, «формы» которых, если так можно сказать, отнесены к совсем иному уровню реальности. То, что мы наблюдаем, является своеобразной проекцией, отображением этой реальности на «плоскость» бытия актуального. Почему приходиться говорить при этом о некоторой промежуточной реальности?

Во-первых, уравнения КМ имеют вид

$$\boldsymbol{H}\psi = E\psi,$$

где $\boldsymbol{H}$ – некоторый оператор (т.н. оператор энергии), который действует на волновую функцию ψ, и переводящий ее в другое состояние. Можно показать, что было сделано в 1937 году, Максом Борном, что существует т.н. «принцип взаимности», связывающий симметричными соотношениями координат и импульса. Суть этого принципа состоит в том, что любой закон в $\boldsymbol{x}$-пространстве имеет «инверсный» образ в $\boldsymbol{p}$-пространстве.

[23] Нестерук А. Логос и Космос. М. 2006. С. 188-189.

В соответствии с тем, что в КМ импульс и координаты независимы, и, в импульсном представлении уравнения КМ имеют более простой и изящный вид, можно предположить, что импульс обладает некоторым самостоятельным существованием. В свое время из анализа КМ об этом факте, о возможной первичности импульсного представления по отношению к координатному, говорили Паули и Фок.

И вот здесь можно вернуться к сопоставлению выводов КМ и метафизики. Традиционная метафизика выделяет несколько модусов бытия. Она утверждает, что наблюдаемый нами феноменальный мир, не есть единственная реальность. Как правило, выделяются три основных модуса бытия. Например, как у Платона имеется первичный мир – вечный мир эйдосов, первообразов, сущностей, которые воплощаясь в материи, порождают видимый космос.

Аналогичные конструкции существуют в иных метафизических системах, например, в китайской философии. В связи с ней обычно говорят о двух началах инь и янь, но на самом деле существует и третья, промежуточная реальность *чжун ли*. Также в менее известной персидской метафизике выделяют аналогично три уровня реальности: Меног – Ритаг – Гетиг. Меног – первичное состояние, прообраз, абстрактная изначальная вечная идея, мир нематериальный.

Гетиг – проекция первого, замкнутый в самом себе, оформленный космос, мир, имеющий форму. И третий мир, их опосредующий - Ритаг, такой мир, что дает возможность воплощения, проявления первичного мира.

В индусской метафизике, если, например, взять одну из самых древних школ -санкхью, мы находим три гуны -саттва, раджас и тамас. Они проявляются на всех уровнях, и по одной из трактовок также являются различными модусами бытия. «Саттва означает сущность или форму, которую нужно воспринять. Тамас является препятствием к ее восприятию, а раджас представляет силу, которая преодолевает препятствия и делает явной форму сущности»[24]. В рамках космоса, а точнее, всей природы в рамках индийской системы также выделяется три уровня бытия – свар, бхувас и бхур.

Если обратиться к стандартному формализму квантовой механики, то если пытаться сопоставить ее с такого рода метафизическими системами, то можно видеть, что она описывает лишь два модуса бытия, точнее промежуточную реальность, динамическую, которая и дает возможность воплощения, проявления чего-то.

Но она, однако, никак не описывает и даже не затрагивает область иерархически более высокую – бытие сущностей. Сущности, а им в физике можно было бы сопоставить массы, заряды и спины частиц, ниоткуда

[24] Радхакришнан С. Индийская философия. Т.2. М. МИФ, 1993. С. 232.

не выводятся. Они, как и фундаментальные константы, заданы извне. Более того, основные уравнения КМ ниоткуда не выводятся. Они скорее угаданы их основателями. И в этом смысле КМ не полна, она требует теории более общего типа, откуда выводились бы все уравнения и ее следствия.

Как может быть построена теория такого типа? Из каких принципов можно было бы исходить при реализации такой программы? Как нам представляется, парадоксальным образом, современная наука, немало способствующая ранее утере горизонта трансцендентного, сейчас, в новейших открытиях в рамках психологии, космологии, квантовой физики способствует возврату *иного*, находящегося по ту сторону - трансцендентного. Новая наука, физика может реально осуществить тот *поворот-Kehre* к ***метафизике***, о котором говорил Хайдеггер, и чему в настоящее время есть все предпосылки. Говоря более конкретно, мы можем набросать те основные принципы, основные метафизические утверждения, которые могли бы обосновать фундаментальные физические законы.

Что же необходимо для построения такой метафизики, которая находилась бы в единстве и не противоречивости со всем зданием физики? На первый взгляд такая постановка вопроса кажется совершенно бесперспективной, т. к. существует серьезное расхождение в понимании сущего, а конкретно в понимании материи. Материя в понимании современной физики есть нечто существующее со вполне определенными свойствами, подчиняющееся математическим законам, которые можно познавать и познаются современной физикой. Материя же в представлении классической метафизики, в частности античной, выступает в качестве того, что не имеет никаких положительных предикатов и определений. Материя связывается с чистой отрицательностью, выступает как *иное* - не то и не это. «Поэтому всякое определение материи может быть апофатическим: материя – нечто неопределенное, инаковость, не то и не это – ни сущее, ни количество, ни определенное нечто, но небытие, не-сущее. Как говорит Порфирий, "согласно древним, свойства материи таковы: она бестелесна, ибо отлична от тел, лишена, жизни, поскольку она – не ум, не душа и не живое само по себе, безвидна, изменчива, беспредельна, бессильна. И потому она не является сущим, но абсолютно не-сущим (ouk on). Она не то сущее, которое есть [постоянное] движение [и изменение], но несущее (me on)"»[25].

Материя такого рода не поддается ни чувству, ни разуму, оказывается чем-то неуловимым и нефиксируемым. «Будучи немыслимой, материя не может, тем не менее, быть отмыслена и изъята из цельного сущего, то есть, будучи случайной, она также – парадоксальным образом – совершенно необходима. Но это значит, что материя самопротиворечива. Не

[25] Никулин Д.В. Метафизика и этика. М. 2005. С. 117.

случайно материя описывается во взаимоисключающих терминах как «постоянно иная», «неизменно изменчивая», даже истинно не-сущее, сущностно не-сущее, истинно ложное, чья тождественность состоит в том, чтобы быть нетождественной и неопределенной»[26].

Именно такая самопротиворечивость материи, ее непознаваемость, принципиальная текучесть и изменчивость и заставляла физику до XVII столетия говорить о невозможности применения количественных методов в физике, науке о природе, т. к. вещи, объекты этого мира состоят из материи, что и обуславливает их текучесть и невозможность применения математики для их описания. Однако мы в настоящее время природу успешно описываем математикой, в частности, геометрическими методами. Не вступаем ли мы именно здесь в неустранимое противоречие с метафизикой? Не нужно ли без оглядки отбросить все попытки привлечения метафизики, как это произошло триста лет тому назад?

Представляется, что существует возможность согласования физики и метафизики, более аккуратного применения тех возможностей самой метафизики, что были ранее отброшены и как раз в том пункте, чему и была посвящена вся предыдущая часть статьи. Если мы хотим действительно перейти к возможности применения метафизики в сфере сущего, то мы должны отказаться от принципа объяснения материи из самой себя. Существует то, что оформляет материю, придает этой множественной неопределенности качественную и количественную определенность. Да, природа говорит с нами на языке математики, но обязательно ли математика имманентна самой материи? Не связана ли «непостижимая эффективность математики в естественных науках» с теми умопостигаемыми формами, которые воплощаются и оформляют материю? Если это так, то мы должны говорить об изначальной двойственности этого мира; должна существовать та форма трансцендентного, которая и позволяет говорить о подлинной метафизике. Современная физика, как мы настойчиво старались показать выше, возвращает нас к идее разных способов бытия сущего, а вместе с тем неизбежно и к понятию *инобытия*. Можно попытаться сформулировать те принципы, необходимые для построения законов физики.

Законы традиционной метафизики являются законами первооснов бытия, и его законы выполняются и отображаются на всех уровнях и модусах бытия, в природном мире, для социума, для человека. Выделяются, как указывалось выше, три модуса бытия – модус бытия идей, эйдосов, того, что должно быть воплощено, и два модуса, связанных со становлением, движением. Промежуточный, модус бытия динамического (раджас, бхувас, ритаг и др.), который дает возможность воплощения. И, наконец,

---

[26] Никулин Д.В. Там же. С. 119.

бытие актуальное, воплощенное, явленное, мир конкретных наблюдаемых форм.

Мир эйдетический, как настаивает традиционная метафизика, никак не может быть описан количественно - это мир качества, вечного и неизменного бытия. Однако его законы отображаются, конституируют законы иных модусов бытия.

Число же в рамках платоновской философии связано с некоторой промежуточной сферой бытия. В традиционной метафизике промежуточный мир дает возможность воплощения мира эйдосов. У Аристотеля ему соответствует модус бытия в возможности. В рамках индусской метафизики с этим модусом бытия связаны понятия *рита, рта*, у персов аналогичное понятие *ритаг*, что означает порядок, ритуал. Сущностно этот модус бытия задает систему *отношений*, а точнее *взаимоотношений* - то, что дает возможность воплощения законов мира эйдосов. Именно этот модус бытия в наибольшей степени интересен для построения здания конкретной физики. Как раз он должен давать прообразы воплощения. Метафизика, если суммировать все то, что известно из индийских и персидской систем, описывает его хотя уже как оформленное, но тем не менее, как подвижное, зыбкое, дающее прообразы вещественного. У индусов – это мир волнения, вибраций, мир циклического воспроизведения самого себя. Он, с одной стороны, отражает, законы верхнего мира, и воспроизводит их на уровне проявленного, бытия актуального. В соответствии же законом аналогий - законы нашего мира и являются отражением тех законов, что заложены на ином модусе бытия. Те образы модуса бытия промежуточного, бытия в возможности, которые мы привели из традиционной метафизики, отражают его существенные свойства, но являются скорее символами, метафорами, которые нужно воплотить в конкретной форме, из которой мы могли бы получить законы *природного*.

От чего мы можем отталкиваться, чтобы найти такой прообраз физических законов? Если мы предполагаем, что нашли в рамках современной физики некоторые основные законы, удовлетворительно описывающие действительность, то они должны содержать в себе то, что и может быть перенесено на рамки модуса бытия в возможности, а именно первичные, базовые положения, касающиеся всей природы - fusis. Основное свойство природного – это движение, изменение. Как теория относительности, так еще и в наибольшей степени квантовая механика кладут в свои основания понятия *события*, некоторого элементарного процесса.

Если мы хотим учесть результаты того, что говорилось выше о квантовой механике, то она явно указывает на бытие квантовых объектов, явно не связанных до своей актуализации с нашим пространством-временем. Если мы используем понятие пространства, то вводим соответствующие понятия «больше-меньше», отчего соответственно необходимо отказаться.

В современной физике мы оперируем с математикой. Язык физики - язык математики. Для описания этой надпространственной области бытия нам не подходит обычные действительные числа. Простейшими объектами, которые не знают понятия больше-меньше, являются комплексные числа. Повторим, что, исходя из уроков КМ, и теории относительности, наш мир есть мир событий, переходов, символически которое можно описать как $u_{i\alpha}$. «Квантовая теория имеет дело с элементарным звеном процесса, для которого существенны лишь характеристики возможных состояний микросистем и (амплитуды) вероятности переходов между ними. Строго говоря, обсуждение промежуточных стадий между состояниями бессмысленно. Квантовую теорию можно строить на основе представлений о S-матрице, где нет эволюции иной, чем дискретный переход между двумя состояниями»[27].

Если предположить, что в области бытия в возможности заданы прообразы частиц, то элементарным движением, обобщая результаты квантовой механики, и является переход $u_{i\alpha}$, связывающий ее начальное и конечное состояние. Множеству прообразов частиц естественно сопоставить функцию, связывающую все их начальные и конечные состояния: $\Phi(u_{i\alpha}, u_{i\beta},\ldots, u_{k\gamma}) = 0$. Отнесенная к модусу бытия промежуточного, она в свою очередь сама должна отображать законы вечного и неизменного модуса бытия эйдосов. Как можно совместить подвижность, описываемую этой функцией с одной стороны, и, с другой стороны, ее неизменность, своеобразную «вечность»? Единственный путь, это потребовать, чтобы такая функция оставалась *себетождественной*, т.е. чтобы она не изменялась при перестановке, замене одних ее элементов (r) на другие (s):

$$\Phi_{(r,s)}\,(u_{i\alpha}, u_{i\beta},\ldots, u_{k\gamma}) = 0. \qquad (1)$$

Казалось бы все это очень абстрактно. Однако постулированная таким образом закономерность приводит и оказывается тождественной принципу т.н. *фундаментальной симметрии* Ю. И. Кулакова. Требование фундаментальной симметрии позволяют показать, что уравнение (1) носит функционально-дифференциальный характер, и из него можно найти как конкретный вид $u_{i\alpha}$, так и саму функцию **Ф**[28]. Используя результаты, полученные Кулаковым и Михайличенко Ю.С. Владимирову удалось получить практически все здание современной физики в рамках развиваемой им бинарной геометрофизики[29]. В мою задачу не входит здесь разбор основных положений и выводов бинарной геометрофизики, но то, что в ней

---

[27] Владимиров Ю.С. Геометрофизика. М. БИНОМ. 2005. С. 410.

[28] Михайличенко Г.Г. Решение функциональных уравнений в теории физических структур // Доклады АН СССР, 1972, Том 206, № 5, с. 1056-158; Михайличенко Г.Г. Математический аппарат теории физических структур. Горно-Алтайск, 1997.

[29] Владимиров Ю.С. Реляционная теория пространства-времени и взаимодействий. Ч. 2. Теория физических взаимодействий. М., МГУ. 1998.

дан совершенно нетрадиционный взгляд на суть физических взаимодействий и дается новый подход к их объединению, и, к примеру, то, что в ее рамках впервые выводятся, а не постулируются основные уравнения квантовой теории, позволяет очень серьезно отнестись к этой теории.

Для целей нашей работы интересно то, что бинарная геометрофизика явным образом демонстрирует все те выводы, которые нами делались на основе анализа квантовой механики. Она отчетливо указывает на существование иного, допространственного модуса бытия, который мы отождествляем с бытием в возможности. В ней показано как возникают пространственно-временные отношения, феноменологически описываемые аппаратом традиционной физики. Явно демонстрируется первичность (в соответствии с догадками В. Паули и В.А. Фока) т.н. импульсного пространства, более того показано, как первичные импульсы «ткут полотно» пространственно-временных отношений. При этом указывается особая роль принципа взаимности координатного и импульсных представлений, открытого М. Борном более семидесяти лет тому назад, но роль которого проясняется только теперь.

В заключение этой статьи мы хотели бы указать, что физики могут долго блуждать в концептуальном тупике, если не будет изменен кардинально метафизический подход к действительности. Попытка мыслить природу, исходя из самой себя, программа, заложенная на заре эпохи модерна, себя исчерпала. Физика, лишенная **понимания**, отрезанная от метафизических, от трансцендентных источников с одной стороны, а также не опирающаяся на эмпирический базис, как это делается в теории суперструн, с другой стороны, обречена на такого рода бесконечные блуждания. Только сочетание двух этих подходов и может дать новый подход к о-*смысл*ению, но уже в новой перспективе как старых данных естествознания, так и вновь открываемых, которые упрямо не хотят укладываться в новоевропейскую парадигму. В противном случае, утверждения о «конце науки» (Дж. Хорган), будут до тех пор актуальными, пока не будет изменена изначальная метафизическая позиция.

Метаболическая модель частиц, порождающая пространство-время и становление[*]

А. П. Левич

Кафедра моделирования природных референтов времени Web-Института исследований природы времени http://www.chronos.msu.ru
Кафедра общей экологии Биологического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова

Я выбрал для разрабатываемой конструкции термин *"метаболическая"*. Определение "метаболическая" восходит к Аристотелю (Аристотель, 1981, с. 472), который, описывая изменение как движение в самом широком смысле, называл его "μεταβολη", т.е. изменение, перемена. Наряду с термином "метаболический" (подход, часы и др.) в ряде моих работ использован термин "субституционный" (от латинского *"substitution"* – замена).

Основная гипотеза метаболического подхода – это постулат о существовании генерирующих флюэнтов, по отношению к которым открыты все естественные системы, в частности, и наша Вселенная. Термин "флюэнт" заимствован у И.Ньютона: "В дальнейшем я буду называть *флюэнтами,* или текущими величинами, величины, которые я рассматриваю как постепенно и неопределенно возрастающие…" (Newton, 1744).

В более ранних моих работах вместо термина "флюэнт" можно встретить термины "поток", "истечение", которые я готов использовать как синонимы нынешнему "флюэнту" (как и, например, термины "излучение", "фонтанирование"). Термин "поток" кажется мне теперь менее удачным, поскольку нагружен ассоциацией с определением "изменение какой-либо величины в единицу времени", т.е. имплицитно содержит в себе представления о времени. Термин "истечение" через кальку своего звучания в западноевропейских языках "эманация" нагружен теологическим оттенком смысла, что может дезориентировать читателя, поскольку такой смысл не присутствует в предлагаемой разработке. Термин "излучение" уже оккупирован в научно-технических текстах по радиоактивности, электромагнетизму, акустике и другим областям знания. Я буду благодарен читателям за советы, в частности, по поводу наиболее удачного термина для столь непривычного, но фундаментального понятия как "генерирующий флюэнт".

Представления о "потоках" не новы ни в естествознании, ни в философии. При желании их можно обнаружить во взглядах на время у И.Ньютона, где "время само по себе и по самой своей природе течет…"

[*] Работа поддержана грантами РФФИ (№ 08-06-00073а) и РГНФ (№ 06-03-00163а).

(Newton, 1687). В работе 1853 г. Б.Риман (по De Tunzelmann, 1910), показал, "что поток… в "большую вселенную" через каждую частицу может дать эффект притяжения…". К.Пирсон предположил, что "… первичной субстанцией является жидкая невращающаяся среда, а атомы или элементы материи суть струи этой субстанции. Откуда взялись в трехмерном пространстве эти струи, сказать нельзя; в возможности познания физической Вселенной теория ограничивается их существованием. Может быть, их возникновение связано с пространством более высокой размерности, чем наше собственное, но мы о нем ничего знать не можем, мы имеем дело лишь с потоками в нашу среду, со струями…, которые мы предложили именовать материей" (Pearson, 1891, с. 309-312). И, конечно, совершенно явно термин "поток времени" звучит в трудах Н.А.Козырева (1991), где автор ввел в динамическое описание мира новую "активную" сущность, не совпадающую ни с веществом, ни с полем, ни с пространством в обычном их понимании.

Буду называть совокупность элементов генерирующих флюэнтов субстанцией, подчеркивая её иной бытийный статус, нежели статус "вещества", состоящего из нуклонов и электронов. Разработка субстанциональных подходов, в частности, в силу неидентифицируемости декларируемых субстанций современными экспериментальными технологиями встречается со многими познавательными трудностями – отсутствием общепринятых образов, адекватного языка описания, эмпирических реперов, понятийного аппарата. Гипотеза о существовании генерирующих флюэнтов весьма радикальна. Сдержанно настроенному исследователю можно предложить рассматривать её не в качестве утверждения о "действительном" устройстве Мира, а лишь как удобный технический прием при моделировании времени. Многие рассуждения в рамках метаболического подхода в высшей степени спекулятивны (*speculatio* (лат.) – созерцание, умозрительность), но в определенной степени неизбежны, поскольку затрагиваемые вопросы крайне редко бывают полностью осознаны в чисто физических контекстах.

Представленная попытка – не законченная теория, но лишь предварительная схема, иллюстрирующая возможное направление в реализации методологических установок автора на пути к пониманию феномена времени (Левич, 1986; 1989; 1996; 2007а,б; 2008в; Levich, 1995).

1. Исходные постулаты, термины и следствия модели

1) Существуют *генерирующие флюэнты (истечения, потоки, излучения),* "порождающие" свои элементы в нашем Мире (или "выводящие" их в небытие). Элементы генерирующих флюэнтов буду назы-

вать *частицами-эманонами* (термин, производный от слова "эманация", т.е. истечение), а их совокупности – *субстанцией.*

2) Совокупность элементов генерирующего флюэнта образует линейно упорядоченное множество. Соответствующее линейное отношение порядка буду называть *предшествованием*. Существование отношения порядка означает, что для любых элементов a, b и c выполняется: 1) если a предшествует или есть b и b предшествует или есть c, то a предшествует или есть c; 2) если a предшествует или есть b и b предшествует или есть a, то a есть b и 3) либо a предшествует b, либо b предшествует a, либо a есть b.
3) Назову элемент b *соседним* (по отношению предшествования) с элементом a, если 1) a предшествует b и 2) не существует других элементов c таких, что a предшествует c и c предшествует b. Если любой элемент в генерирующем флюэнте имеет соседний элемент, то такое свойство генерирующего флюэнта (и, соответственно, субстанции) назову *дискретностью* (по отношению предшествования).
4) Назову генерирующие флюэнты *частицами-зарядами*. Частицы-заряды могут появляться (рождаться) и исчезать (гибнуть) в нашем Мире.

Наглядный образ частиц-зарядов – ключевой источник, фонтан или струя, "бьющие" в субстанциональном "водоеме".

5) Генерирующий флюэнт (частица-заряд) $\mathcal{F}$ может быть задан парой (Q, f), где Q – источник (или сток) эманонов, а f – *шлейф* из излучённых источником (поглощенных стоком) Q частиц-эманонов. Излучение эманонов источником заряда назову *генеральным процессом*. Буду в дальнейшем термины "источник", "излучение" часто применять и для "стоков", "поглощения", подразумевая, что сток определен как источник "противоположного знака". Совокупность нескольких флюэнтов $\mathcal{F}_j, j \in J_S$ назову *системой* S. Совокупность шлейфов f_j флюэнтов $\mathcal{F}_j$, входящих в систему S, *есть метаболическое пространство* системы S. Совокупность источников Q_j из флюэнтов $\mathcal{F}_j$, входящих в систему S, есть *субституционное пространство* системы. Систему, состоящую из всех флюэнтов Мира, назову *универсумом.* Т.е. любая система есть подмножество универсума. Дополнение системы до универсума, т.е. совокупность флюэнтов универсума, не входящих в систему, есть *среда* системы.
6) Замены ("появления" и "исчезновения", "вхождения" и "выходы") частиц-эманонов в системе буду отождествлять *с течением метаболического времени* в ней, а также называть *метаболическим движени-*

ем системы. Генерирующие флюэнты представляют собой *природные референты метаболического времени*.

Предложенный постулат фактически несколько перефразирует утверждение И.Ньютона: "Но так как мы здесь привлекаем к рассмотрению время лишь в той мере, в которой оно выражается и измеряется равномерным местным движением, и так как, кроме того, сравнивать друг с другом можно только величины одного рода, а также скорости, с которыми они возрастают или убывают, то я в нижеследующем рассматриваю не время как таковое, но предполагаю, что одна из предложенных величин, однородная с другими, возрастает благодаря равномерному течению, а все остальные отнесены к ней как ко *времени*. Поэтому по аналогии за этой величиной не без основания можно сохранить название времени. Таким образом, повсюду, где в дальнейшем встречается слово *время* (а я его очень часто употребляю ради ясности и отчетливости), под ним нужно понимать не время в его *формальном* значении, а только ту отличную от времени величину, посредством равномерного роста или течения которой выражается и измеряется время." (Newton, 1744).

Метаболическое движение и течение метаболического времени – тождественные понятия. Метаболическое движение соответствует "пространственноцентрической" точке зрения: эманоны "неподвижны", а система движется "поглощая" и (или) "испуская" элементы субстанции ("точки") пространства. Течение метаболического времени соответствует "системоцентрической" точке зрения: система "неподвижна", а субстанция пространства входит в систему и (или) выходит из нее, заменяя (накапливая, убавляя) имеющуюся в системе субстанцию.

Наглядный образ метаболического движения – движение изображения на экране электронно-лучевой трубки или символов в "бегущей строке". Более близкий к физике образ метаболического движения – распространение волны, в частности, уединенной волны (солитона) в среде.

Метаболическое движение происходит не путем "раздвигания" элементов субстанции, а путем их замены в системе, а именно, путем "вхождения" в систему одних "точек" метаболического пространства и "выхода" других. Поскольку субстанция генерирующих флюэнтов не взаимодействует с "частицами-зарядами" и, проникая в результате метаболического движения "сквозь" "весомую материю", состоящую из этих частиц-зарядов, не вызывает эффектов трения и сопротивления (в обычном их понимании), то она не является эфиром XIX века, "обдувающим" тела или "увлекаемым" ими. В понятийном аппарате естествознания наиболее близкими к субстанции являются понятия пространства, поля или космического вакуума Эйнштейна-Глинера, называемого еще "темной энергией" (Архангельская и соавт., 2006).

7) Замены флюэнтов в системе (т.е. замены источников вместе с их шлейфами) назову *течением субституционного времени* или *субституционным движением*.

Обсуждение свойств субституционного времени проведено в более ранних моих работах (Левич, 1986; 1989; 1996).

Аналогии метаболического времени с субституционным могут помочь в понимании мотивов для выбора предложенных постулатов и построений.

8) Различные типы генерирующих флюэнтов представляют собой различные, несводимые друг к другу и невзаимозаменяемые сущности. Им соответствуют различные типы эманонов. Они порождают различные типы зарядов, взаимодействий, метаболических пространств и времен.
9) Существуют устройства, способные детектировать и различать элементы субстанции определенных генерирующих флюэнтов. Назову эти устройства *"инструментами"*. Пусть для совокупностей элементов генерирующих флюэнтов определено понятие "количество элементов". Инструмент, позволяющий подсчитывать количества элементов, назову *метаболическим счетчиком*.

Сформулирую некоторые первоначальные следствия (Левич, 1996) приведенных постулатов, а также комментарии к ним, что поможет продолжить построение метаболической "картины Мира".

1) Метаболический подход оперирует двумя формами материи – это "субстанция" (частицы-эманоны, шлейфы флюэнтов) и "субстрат", "вещество", "весомая" материя (флюэнты, или частицы-заряды, т.е. источники-сингулярности субстанции вместе со шлейфами излучённых эманонов).

Субстанция генерирующего флюэнта имеет иной бытийный статус, нежели порождаемая этим флюэнтом частица-заряд. Элементы субстанции не являются "весомой" материей, (эта материя состоит из частиц-зарядов), но потоки частиц субстанции порождают "весомую" материю и формируют свойства зарядов. Элементы субстанции не взаимодействуют с частицами-зарядами, но обеспечивают механизм самого взаимодействия.

2) В метаболическом подходе присутствует разделение бытия на два (или более) мира: *"внутренний мир"* – тот, куда поступают через источники или откуда уходят через стоки эманоны, и *"внешний"* ("внешние"), – откуда эманоны берутся или куда уходят. Границами этих миров являются источники (стоки) всех зарядов-флюэнтов.
3) Генерирующий флюэнт представляет собой элементарный объект теории, или ее структурный принцип (Левич, 2008а). В этом объекте слиты воедино представления о частицах "весомой" материи как об источниках и стоках субстанциональных истечений, о пространстве как о совокупности субстанций, о времени и движении как о процессе замены элементов субстанции в системах. Таким образом, понятие

частицы, пространства, движения, течения времени – уже не самостоятельные элементарные объекты теории, а лишь проекции, смысловые элементы, интерпретации единого элементарного объекта – генерирующего флюэнта. Поскольку флюэнт представляет собой пару (Q, f) (см. пятый постулат), то он является не "точечным", как источник Q, а, благодаря шлейфу f, "протяженным" (см. раздел 2.2) элементарным объектом теории.

Подчеркну, что излучаемые источниками во внутренний мир потоки эманонов не "распадаются" на несвязанные частицы. Излучённые одним источником эманоны сохраняют "связность" в шлейфах генерирующих флюэнтов. Механизм и свойства этой связности не описаны в метаболическом подходе (впрочем, как и в других моделях с протяжёнными элементарными объектами, например, в теории струн). Образно говоря, источники "склеивают" эманоны в "цепочки времени" – шлейфы генерирующих флюэнтов.

4) Можно сказать, что метаболический подход – это модель частицы-заряда:
   - открытого по отношению к субстанциональным потокам;
   - не точечного, а протяженного, распределенного (т.е. нелокального) как в метаболическом пространстве, так и в метаболическом времени.
   - с характеристиками существования, меняющимися в пространстве и времени "волнообразно", благодаря пульсациям эманонов (см. раздел 3.2).
5) Метаболический подход вводит субстанциональное пространство, представляющее собой объединение шлейфов генерирующих флюэнтов.
6) Метаболический подход – это теория открытого по отношению к субстанции Мира. Тем самым, феномен времени в Мире – следствие существования в нем генерирующих флюэнтов. Системы открыты по отношению к флюэнтам среды. Среда открыта по отношению к флюэнтам системы.
7) Метаболический подход моделирует феномены становления – возникновение нового в мире, "рождение" элементов мира. Появление эманонов из источников есть элементарный акт становления.
8) И метаболическое время, и метаболическое пространство, а вместе с ними и метаболическое движение дискретны в том же смысле и в той же степени, в каких дискретны элементы соответствующих субстанций (см. третий постулат). Проявление дискретности флюэнтов можно описать в терминах пульсационности излучения эманонов своим источником.

9) Соединение нескольких типов метаболических пространств, порождаемых субстанциями генерирующих флюэнтов различных типов, позволяет рассматривать единое многомерное метаболическое пространство системы. Наличие метаболических движений в различных "измерениях" многомерного метаболического пространства требует оперировать либо с многомерным временем системы, либо выбрать один из генерирующих флюэнтов в качестве *"времяобразующего"* и оперировать с метаболическим временем этого флюэнта как с единственным временем системы. Для систем, состоящих из нескольких зарядов одного типа, возникает вопрос о согласовании времен, порождаемых различными флюэнтами. Один из подходов к согласованию – гипотеза о синхронности излучений эманонов одного типа всеми источниками. В этом случае метаболическое время нескольких флюэнтов становится не "флюэнтоспецифичным", но остается "типоспецифичным".

10) Флюэнт как совокупность эманонов не является множеством в строгом смысле, поскольку для совокупности эманонов в "различные моменты метаболического времени" не выполняется аксиома экстенсиональности, требующая, в частности, тождественности множества самому себе. Формально подобные проблемы решаются введением отображений, расслоений и т.п. конструкций, в которых помимо совокупностей эманонов фигурировало бы некое априорное абстрактное базовое множество, играющее роль "оси времени". В предлагаемой неформальной аксиоматике не хотелось бы идти по такому пути. Возможно, следует подумать об аксиоматическом введении особых "динамических множеств", примерами которых являются популяции организмов в биосфере, словари языков, совокупности мыслеобразов в человеческом сознании и т.п. Скорее всего, такие формальные конструкции существуют, и я был бы очень благодарен читателям, подсказавшим мне нужные ссылки.

Мой вариант формализации представлений о динамических множествах использует аксиоматику теории категорий и функторов (Левич, 1982; 2008б). Класс объектов ObS категории S объединяет все потенциально возможные реализации некоторой математической структуры. (На языке теории систем – это класс всех допустимых состояний системы, или её категорное время (Левич, 2008б). Последовательность реальных состояний системы – "траектория" в протранстве состояний – названа её системным временем.) И если объекты категории есть структурированные множества, то класс ObS формально не является множеством, но может быть назван динамическим множеством, так как удовлетворяет предъявленным мной выше интуитивным о нём представлениям. Таким образом, динамическое множество есть класс множеств – всех реализаций некоторой математической структуры, моделирующей изучаемую систему.

2. Метаболические часы и линейки

2.1. Метаболическое время

Введу элементы количественного измерения изменчивости в метаболическую картину Мира (Левич, 1996). Постулаты метаболического подхода задают линейное, дискретное отношение порядка на совокупности эманонов каждого флюэнта (см. второй и третий постулаты). Существует стандартная процедура, позволяющая ввести на множестве с таким отношением порядка согласованное с ним расстояние ρ, согласованное в том смысле, что, если $a < b < c$, то $\rho(a,b) < \rho(a,c)$. Процедура состоит в постулировании расстояний между соседними элементами и суммировании этих элементарных расстояний на "пути" между несоседними элементами. Таким "естественным" образом отношения порядка порождают "свои" метрики.

Пусть среди генерирующих флюэнтов, по отношению к которым открыты рассматриваемые системы, выбран времяобразующий флюэнт. Этот флюэнт можно назвать *эталонным процессом измерения времени*. В дополнение к сформулированным уже постулатам введу *принцип конвенциональности* в выборе эталонного процесса: в качестве времяобразующего может быть выбран любой из существующих флюэнтов. Пусть также в распоряжении исследователя есть метаболический счетчик элементов времяобразующего флюэнта (см. девятый постулат).

Моментом метаболического времени, или *эталонным метаболическим событием* для заданной системы назову акт замены в этой системе элемента эталонного процесса.

Согласно второму постулату, два элемента некоторого генерирующего флюэнта или совпадают, или один из них предшествует другому. Для моментов времени это условие буду формулировать как "из двух различных моментов один происходит раньше другого". Синонимом "соседнего элемента" (третий постулат) будет "соседний момент метаболического времени". Легко показать, что соседний момент всегда единственен.

Количеством моментов метаболического времени Δm *между эталонными событиями* назову количество замен элементов эталонного процесса между двумя соответствующими этим событиям моментами метаболического времени (это количество складывается из различных слагаемых $\Delta m = \Delta m^{+} + \Delta m^{-}$, соответствующих появлениям элементов в системе и исчезновениям из нее).

Введу постулат существования *эталонного интервала метаболического времени (эталонной длительности)*. Буду говорить, что эталонный интервал между соседними событиями эталонного процесса есть число τ_0, и называть его *периодом эталонного процесса*.

Подразумевается, что выполняется *принцип императивности* для эталонного процесса: периоды между всеми соседними событиями эталонного процесса одинаковы.

Необходимость подобного соглашения осознана естествоиспытателями: "A priori мы можем взять любое динамическое явление и использовать его развивающий процесс, чтобы определить масштаб времени. Однако не существует равномерного естественного масштаба, так как мы не можем сказать что мы имеем в виду под словом "равномерный" в отношении времени; мы не можем схватить текущую минуту и поставить рядом с ней последующую. Иногда говорят, что равномерный масштаб времени определяется периодическими явлениями. Однако разрешите задать вопрос: может ли кто-либо нам сказать, что два следующие друг за другом периода равны?" (Milne, 1948, с. 5).

В физике роль соглашения о равномерности играет первый закон Ньютона: равными принимаются промежутки времени, за которые тело, не участвующее во взаимодействии с другими телами, проходит равные расстояния (Tompson, Tait, 1890).

Также подразумевается один из эквивалентных по своим следствиям постулатов: 1) эталонные события не имеют длительности или 2) длительности эталонных событий включены в эталонный период. Другими словами, или 1) "рождения" эталонных эманонов мгновенны, а между "рождениями" проходит период τ_0, или 2) эти эманоны "рождаются" в течение периода τ_0.

Назову *эталонными метаболическими часами* тройку, состоящую из эталонного процесса, из метаболического счетчика (см. девятый постулат) элементов эталонного процесса и из периода τ_0 эталонного процесса.

Интервалом времени по метаболическим часам (интервалом, или длительностью метаболического времени) между метаболическими событиями эталонного процесса назову число $\Delta t = \Delta m \tau_0$, где Δm – количество моментов метаболического времени, детектируемое метаболическим счетчиком между указанными событиями, и τ_0 – период эталонного процесса.

Период τ_0 задает *единицы измерения метаболического времени.* Если $\tau_0 = 1$, то интервал метаболического времени равен количеству его моментов Δm, определяемому метаболическим счетчиком.

Пример "фотонных" метаболических часов продемонстрирован в концепции "скрытого" времени П.В.Куракина и Г.Г.Малинецкого (2004).

Вариантом метаболических часов являются любые атомные часы.

Выше введены конструкции: эталонного процесса; эталонного метаболического события; интервала, или длительности метаболического времени между событиями эталонного процесса; эталонных метаболических часов.

Если задана процедура синхронизации эталонных и произвольных метаболических событий, то не трудно ввести понятия произвольного метаболического события; произвольного метаболического процесса; интервала времени в таком процессе и произвольных метаболических часов.

2.2. Метаболическое расстояние

По аналогии с времяобразующим флюэнтом, эталонным процессом измерения времени и принципом конвенциональности в выборе этого процесса введу:

- *пространствообразующий флюэнт;*
- *эталон измерения расстояний;*
- *принцип конвенциональности в выборе эталона расстояний.*

Точкой метаболического пространства некоторого генерирующего флюэнта назову элемент этого флюэнта, т.е. соответствующую частицу-эманон.

Таким образом, метаболический счетчик элементов выбранного флюэнта (см. девятый постулат) способен подсчитывать количество точек метаболического пространства Δl.

Введу постулат существования *эталонного расстояния*. Буду говорить, что эталонное расстояние между соседними точками метаболического пространства, создаваемое простраствообразующим флюэнтом – эталоном измерения расстояний, – есть число λ_0, и буду называть его *шагом эталона измерения расстояний*. Подразумевается, что выполнен *принцип императивности для эталона расстояния*: шаги между всеми соседними точками эталона измерения расстояний одинаковы.

Следует выбрать один из двух умозрительных вариантов: 1) эманоны эталона расстояний не имеют размеров и "расположены" в метаболическом пространстве с шагом λ_0 или 2) их размеры "включены" в эталонный шаг и не превышают величины этого шага λ_0.

Назову *эталонной метаболической линейкой* тройку, состоящую из эталона измерения расстояний, метаболического счетчика элементов и шага λ_0. Принцип императивности постулирует равноудаленность друг от друга всех соседних "делений" на эталонной метаболической линейке.

Назову *расстоянием по эталонной метаболической линейке (метаболическим расстоянием) между двумя точками метаболического пространства пространствообразующего флюэнта* число $\Delta s = \Delta l \lambda_0$, где Δl – количество точек метаболического пространства между указанными точками и λ_0 – шаг эталона измерения расстояний.

Перемещением системы в метаболическом пространстве простраствообразующего флюэнта $\mathcal{L}$ в результате метаболического движения назову величину $\Delta x = \Delta l \lambda_0$, где величина $\Delta l = \Delta l^+ + \Delta l^-$ складывается из величины Δl^+ – количества эманонов из $\mathcal{L}$, вошедших в систему, и величины Δl^- – количества вышедших из системы эманонов.

Шаг λ_0 задает *единицу измерения метаболического расстояния*. Если $\lambda_0 = 1$, то метаболическое расстояние между двумя точками равно количеству Δl точек метаболического пространства пространствообразующего флюэнта между указанными точками.

Примером метаболической линейки могут служить дальномеры, измеряющие расстояния в длинах электромагнитных волн.

Тремя абзацами ранее введено понятие расстояния между точками метаболического пространства пространствообразующего флюэнта (эталона измерения расстояний). Если задана *процедура совмещения* точек эталонной метаболической линейки с какими-либо заданными точками произвольного метаболического пространства, то *расстоянием между* такими *точками* следует назвать расстояние по эталонной линейке между точками флюэнта – эталона измерения расстояний, совмещенными с заданными точками.

Естественно, что время- и пространствообразующими могут быть как различные генерирующие флюэнты (рис.1), так и один и тот же флюэнт (рис.2).

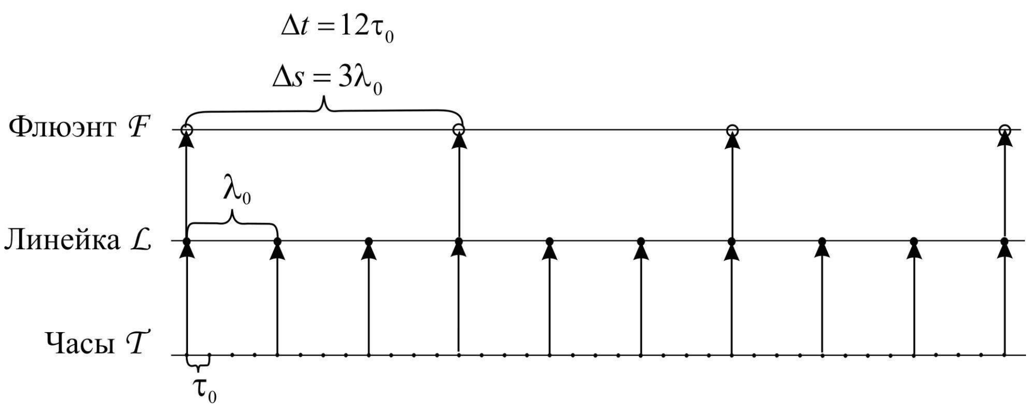


Рис.1. Метаболические часы $\mathcal{T}$ и линейка $\mathcal{L}$

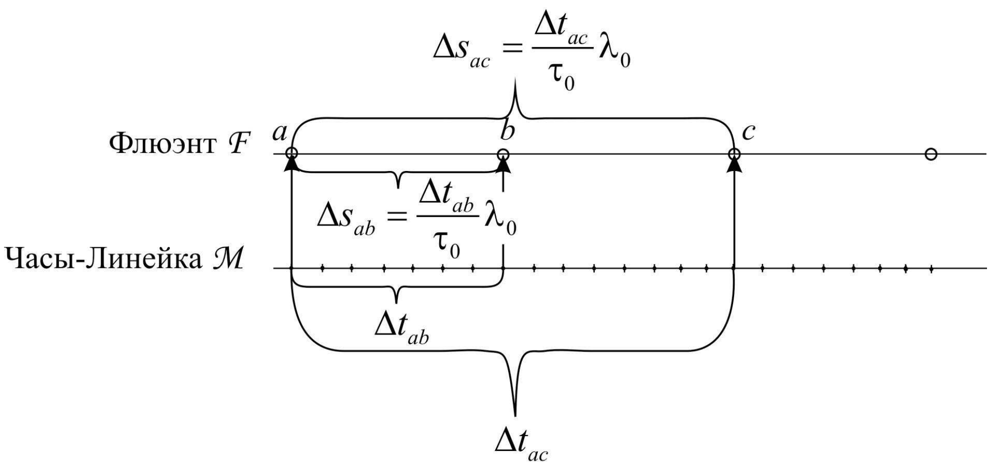


Рис.2. Метаболические часы-линейка $\mathcal{M}$

Пусть в качестве время- и пространствообразующего выбран один и тот же флюэнт. Эманоны этого эталонного флюэнта задают как события в системах, так и точки в пространстве. Как длительности процессов, так и расстояния в соответствующем метаболическом пространстве определены через количества Δn одних и тех же эманонов.

Однако эти количества фигурируют в двух различных феноменах. Первый – превращение (появления и исчезновения) эманонов, второй – неизменное существование "уже" появившихся, но "еще" не исчезнувших эманонов. Первый феномен, допуская вольность речи, это – время, второй – пространство. Первый феномен можно рассматривать существующим независимо от второго, второй – независимо от первого и оба феномена – сосуществующими совместно.

Продолжу демонстрацию свойств генерирующих флюэнтов с помощью ранее уже упомянутого наглядного образа (всего лишь аналогии, но не тождества) источника флюэнтов в субстанциональном "водоеме".

Представим себе бассейн с входящей в него трубой. Из трубы в бассейн через счетчик поступают с периодом τ_0 частицы объемом λ_0 каждая.

Первый случай: период τ_0 конечен (т.е. частота поступления частиц не равна нулю), бассейн изначально пуст, объем частицы λ_0 равен нулю. В этом случае "время" идет и $\Delta t = \Delta m\tau_0 \neq 0$, но бассейн по-прежнему пуст, т.к. $\Delta l = \Delta m\lambda_0 = 0$, т.е. "пространство" не существует.

Второй случай: период τ_0 бесконечен (т.е. частота поступления частиц равна нулю), объем частицы $\lambda_0 \neq 0$ и бассейн изначально не пуст. В этом случае "время" отсутствует, но "пространство" – совокупность частиц с ненулевым объемом – существует.

Третий случай: период τ_0 конечен (т.е. частота поступления частиц не равна нулю), объем частицы $\lambda_0 \neq 0$. "Время" идет, "пространство" существует.

Генерирующий флюэнт – именно такая труба с бассейном только без бассейна, роль которого играет вся совокупность "вытекших" из трубы и имеющих собственный объем эманонов. Эта совокупность и составляет метаболический бассейн-пространство, увеличивающий на шаг свой "объем" с каждым моментом метаболического времени.

3. Эвристики метаболического подхода

3.1. Описание модели

Постулаты метаболического подхода определяют модель элементарного объекта теории:

Заданы генерирующие флюэнты, названные частицами-зарядами: источники вместе со шлейфами из излучённых источниками дискретных частиц-эманонов. Существуют эманоны различных типов. Совокупность шлейфов образует метаболическое пространство системы, состоящей из выделенных флюэнтов универсума.

Метаболическое движение системы в метаболическом пространстве универсума есть замена в ней частиц-эманонов. Количество заменённых в системе эманонов некоторого типа измеряет её метаболическое время (указанного типа). Количество точек-эманонов между заданными точками метаболического пространства измеряет расстояние в этом пространстве.

В дальнейшем для краткости изложения я буду, допуская вольность речи, опускать префикс "частица" в терминах "частица-заряд" и "частица-эманон", а также прилагательное "метаболический" в терминах, связанных с пространством, движением, временем и прилагательное "генерирующий", говоря о флюэнтах, вкладывая, тем не менее, каждый раз в эти термины смысл, отраженный лишь их полным определением.

Буду различать системы:

- состоящие из одного источника, излучающего эманоны одного типа;
- состоящие из одного источника, излучающего эманоны нескольких типов;
- состоящие из нескольких источников, излучающих эманоны одного или нескольких типов.

Предложенная простая модель достаточна для попыток конструирования не только времени и пространства, но и ряда других существенных характеристик систем. В последующих разделах рассмотрены некоторые из таких попыток, которые на нынешней стадии разработок следует рассматривать лишь как умозрительные построения, предназначенные для иллюстрации направлений дальнейшего развития модели. Окончательным критерием приемлемости такого развития должна быть возможность вывода с помощью модели (а не угадывания) уравнений изменчивости и движения исследуемых систем.

3.2. Распространение субстанции и метаболические волны

Согласно исходным постулатам эманоны "появляются" в метаболическом пространстве из источника-сингулярности. Предположим, что мы умеем фиксировать с помощью метаболических часов моменты появления эманонов. Рассмотрим генерирующий флюэнт, принятый как в качестве времяобразующего эталонного процесса, так и в качестве пространствообразущего эталона измерения расстояний (рис.2). Выделю эманоны этого процесса a, b и c такие, для которых a предшествует b и b предшествует c. Пусть между появлениями эманонов a и b прошел интервал времени Δt_{ab} и между появлениями эманонов a и c – интервал Δt_{ac}. Легко показать, что из-за транзитивности отношения предшествования $\Delta t_{ac} > \Delta t_{ab}$. Эманоны a и b находятся на расстоянии $\Delta s_{ab} = \frac{\Delta t_{ab}}{\tau_0}\lambda_0$, а эманоны a и c – на расстоянии $\Delta s_{ac} = \frac{\Delta t_{ac}}{\tau_0}\lambda_0$ друг от друга. Следовательно, $\Delta s_{ac} > \Delta s_{ab}$. Увеличение времени и расстояния между "ранее появившимися" и "вновь появляющимися" из источника эманонами буду называть *процессом распространения* эманонов в метаболическом пространстве.

Величину $\gamma_0 = {\lambda_0}/{\tau_0}$ назову *скоростью распространения эталонного процесса.* Замечу, что эта величина постоянна в ходе метаболического времени и в метаболическом пространстве эталонного процесса. Для неэталонных генерирующих флюэнтов аналог отношения ${\lambda}/{\tau}$ может меняться во времени и пространстве.

Величина γ_0 зависит от произвола в выборе единиц измерения времени и пространства. Постоянство скорости γ_0 при фиксированных единицах измерения есть не "свойство Мира", а результат вынужденного (принцип императивности) соглашения между познающими субъектами о равенстве эталонных периодов и расстояний, соглашения, принимаемого в силу отсутствия инструментальных способов обнаружить "неравномерность" измерительного эталона без перехода к другому эталону. В свою очередь, эталонные величины интервалов между эталонными событиями или расстояний между ними принимают за равные в силу принципа простоты, а именно – за неимением верифицируемых оснований для принятия другого, может быть, менее простого варианта.

Представления о процессе распространения эманонов в метаболическом пространстве и о скорости распространения этого процесса нетрудно ввести для произвольного, а не эталонного флюэнта.

Естественно возникает вопрос, меняется ли скорость γ_0 при движении самого источника эталонного генерирующего флюэнта. Для ответа на него необходимо задать еще хотя бы одно метаболическое пространство, отличное от порождаемого эталонным процессом, и сформулировать понятие системы отсчета, относительно которой и можно будет говорить о движении источника в метаболических пространствах. Таким дополнительным пространством могут быть флюэнт другого типа (см. восьмой постулат), порождаемый тем же рассматриваемым источником, или флюэнт другого источника. Я предполагаю вернуться к рассмотрению указанного вопроса после содержательного обсуждения инструмента сопоставления различных флюэнтов – процедуры синхронизации.

Во многих задачах удобно выделять одно из эталонных событий (одну из точек эталона o) и называть его *началом отсчета метаболического времени (началом отсчета метаболического расстояния),* а интервал между этим и некоторым другим событием (другой точкой a) называть *координатой времени t для события a (координатой расстояния x для точки a).*

Пусть заданы три генерирующих флюэнта: 1) флюэнт $\mathcal{T}$ – эталон измерения времени с периодом τ_0 и выбранным началом отсчета, 2) равномерный относительно процесса $\mathcal{T}$ флюэнт $\mathcal{L}$ – эталон измерения расстояний с шагом λ_0 и выбранным началом отсчета, а также 3) соравномерный с $\mathcal{T}$ и $\mathcal{L}$ флюэнт $\mathcal{F}$ с периодом τ и шагом λ. Рассмотрим событие с координатами (t,x) в прямом произведении метаболических пространств $\mathcal{T}$ и $\mathcal{L}$. Бытие флюэнта $\mathcal{F}$ можно выразить суждением: эманоны из $\mathcal{F}$ существуют в точках метаболического пространства, в которых отношение x/λ есть целое число, и в моменты времени, в которые отношение t/τ есть целое число. То же суждение можно сформулировать с помощью *характеристической функции флюэнта $\mathcal{F}$*:

$$\chi_{\mathcal{F}}\ (t/\tau, x/\lambda) = \begin{cases} 1, \text{ если } t/\tau \text{ и } x/\lambda \text{ — целые числа;} \\ 0, \text{ если } t/\tau \text{ и } x/\lambda \text{ — не целые числа.} \end{cases}$$

А именно, эманоны из $\mathcal{F}$ существуют только в точках (t,x) метаболических пространств флюэнта $\mathcal{F}$, где характеристическая функция $\chi_{\mathcal{F}} = 1$ (рис.3). Назову характеристическую функцию $\chi_{\mathcal{F}}$ *метаболической волной* флюэнта $\mathcal{F}$.

Сделаю эвристическое допущение – заменю характеристическую функцию χ тригонометрической функцией, например:

$$\xi_{\mathcal{F}}(t,x) = \Xi \cos\left(\frac{2\pi}{\tau}t + \frac{2\pi}{\lambda}x\right),$$

которая совпадает с функцией $\chi_{\mathcal{F}}$ там, где $\chi_{\mathcal{F}} = 1$. Указанное допущение сделано для того, чтобы провести аналогию между метаболической волной и волной де Бройля

$$\psi(t,x) = \Psi \cos\left(\frac{2\pi E}{h}t + \frac{2\pi p}{h}x\right)$$

(здесь h – постоянная Планка, E и p – энергия и импульс частицы).

Характеристическая функция флюэнта соответствует модели частиц, называемой пульсатором или меандром (Гришаев, 2000). Тригонометрическая функция соответствует моделированию частиц гармоническим осциллятором (среди недавних работ, где частицы рассмотрены как осцилляторы, отмечу книгу М.Х.Шульмана (2004)). Переход от характеристических функций к тригонометрическим требует указать физический смысл той характеристики ξ, которая колеблется по гармоническому закону. Если интерпретировать характеристическую функцию как вероятность существования эманонов в метаболическом пространстве (равную 1 или 0), то аналогичная интерпретация для нее в форме тригонометрической функции близка к предложению М.Борна (Born, 1926) считать волну де Бройля амплитудой вероятности распределения в пространстве свободной частицы с точно заданными энергией и импульсом. Характеристическая функция флюэнта – это отображение параметров распространения флюэнта в двузначное пространство истинности существования эманонов $\{0,1\}$. Если расширить пространство истинности до отрезка действительной прямой [0,1], то аналогия между характеристической функцией в формализме нечеткой логики и квадратом модуля квантовомеханической волновой функции становится еще более тесной.

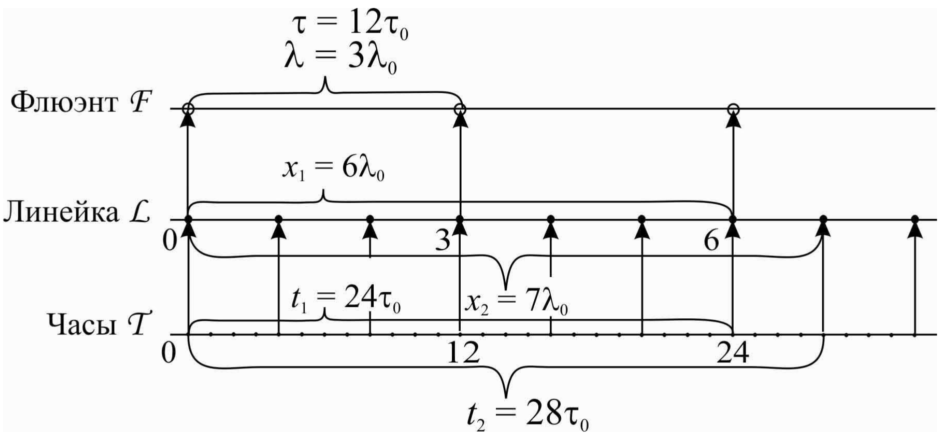


Рис.3. Характеристическая функция флюэнта $\mathcal{F}$ равна 1 в точке (t_1, x_1) и равна 0 в точке (t_2, x_2)

Понятие метаболической волны введено для соравномерных флюэнтов $\mathcal{T}$, $\mathcal{L}$ и $\mathcal{F}$. Его нетрудно обобщить, отказавшись от условий соравномерности, и получить аналог волны с меняющимися во времени и пространстве периодом и шагом.

Допуская вольность речи, можно использовать термин "метаболическая волна" как синоним и наглядный образ для понятия "шлейф генерирующего флюэнта". Подчеркну еще раз, что равномерная метаболическая волна – периодическая, но не тригонометрическая функция времени и расстояния.

Дискретность существования во времени эманонов, задаваемую характеристической функцией флюэнта в точке, соответствующей источнику эманонов, можно рассматривать как дискретность существования самого флюэнта-заряда. Другими словам, речь идет, если угодно, о "мерцательности бытия" зарядов, т.е. о последовательности существований (моментов рождения очередного эманона) и несуществований (периодов между рождениями эманонов). При этом шлейф эманонов, т.е метаболическое пространство рассматриваемого флюэнта существует во все моменты эталонного времени $\mathcal{T}$.

3.3. Количественные характеристики флюэнтов

Каждая частица-заряд включает источник одного или нескольких генерирующих флюэнтов. С каждым флюэнтом связаны числа – период τ и шаг λ. Для эталонных флюэнтов они заданы постулативно и возникают как единицы измерения длительностей и расстояний. Для остальных флюэнтов они представляют собой результаты измерения с помощью эталонных флюэнтов.

Напомню, что для произвольного флюэнта существуют метаболические события, состоящие в появлении эманонов из источника флюэнта. По определению флюэнта эти события линейно упорядочены и дискретны (см. второй и третий постулаты). Поэтому любой флюэнт есть метаболический процесс (раздел 2.1). Пусть события из заданного флюэнта $\mathcal{F}$ синхронизированы с некоторыми событиями из эталонного процесса $\mathcal{T}$. Длительностью $\tau(i)$ между соседними событиями i и $i+1$ флюэнта $\mathcal{F}$ следует считать длительность между синхронными с ними событиями из эталона $\mathcal{T}$. Аналогично введены расстояния $\lambda(i)$ между соседними эманонами i и $i+1$ флюэнта $\mathcal{F}$, если эманоны из флюэнта $\mathcal{F}$ совмещены с некоторыми эманонами заданного эталона измерения расстояний $\mathcal{L}$.

Введу ряд дополнительных постулатов. Для каждого источника эманонов существует его *акт рождения.* Буду считать, что имеющийся у исследователя инструмент (см. девятый постулат) способен фиксировать и акт появления эманона в источнике. Буду называть *его актом настоящего для всего флюэнта.*

Назову *мощностью флюэнта* количество эманонов n, порождённых между актами рождения и настоящего.

Возникает соблазн связать мощность частицы-заряда с какими-либо физическими характеристиками реальных частиц, например, с инертной массой; величиной заряда, определяющей интенсивность взаимодействий; величиной энергии или действия и т.п. Предлагаю отложить вопросы интерпретации до более содержательного обсуждения модели.

Возрастом флюэнта назову число $T=\sum_{i=1}^{n}\tau(i)$, где n – мощность флюэнта; индекс i нумерует (с помощью метаболического счетчика, см. девятый постулат) эманоны от акта рождения до акта настоящего; $\tau(i)$ – длительности между соседними эманонами i и $i+1$. Для флюэнта, соравномерного с эталонным процессом, выполняется $T=n\tau$, где τ – период флюэнта.

Радиусом флюэнта назову число $R=\sum_{i=1}^{n}\lambda(i)$, где n – мощность флюэнта; индекс i нумерует эманоны от акта рождения до акта настоящего; $\lambda(i)$ – расстояние между соседними эманонами i и $i+1$. Для флюэнта, соравномерного с эталоном расстояний, выполняется $R=n\lambda$, где λ – шаг флюэнта.

Назову *распределением плотности метаболического времени для флюэнта $\mathcal{F}$ относительно эталонного процесса $\mathcal{T}$* множество $\{\tau(i)\}_{i\in\mathcal{F}}$, где длительности $\tau(i)$ между соседними событиями флюэнта $\mathcal{F}$ измерены по часам $\mathcal{T}$. Если флюэнт $\mathcal{F}$ равномерен относительно эталонного процесса, то все длительности $\tau(i)$ одинаковы и в разделе 3.2 названы периодом метаболической волны $\mathcal{F}$. Соответственно, множество $\{\lambda(i)\}_{i\in\mathcal{F}}$ следует назвать *распределением плотности метаболического расстояния для флюэнта $\mathcal{F}$ относительно заданного эталона измерения расстояний $\mathcal{L}$*, где $\lambda(i)$ – расстояния между соседними эманонами флюэнта $\mathcal{F}$, измеренные метаболической линейкой $\mathcal{L}$ (или шаг λ метаболической волны флюэнта, равномерного эталону измерения расстояний).

Поскольку выполняется $\sum_{i\in\mathcal{F}}\tau(i)=T_{\mathcal{F}}$ и $\sum_{i\in\mathcal{F}}\lambda(i)=R_{\mathcal{F}}$, где $T_{\mathcal{F}}$ и $R_{\mathcal{F}}$ – период и радиус флюэнта $\mathcal{F}$, то можно ввести нормированные распределения плотностей метаболического времени и расстояния.

$$\{\psi_{\mathcal{F}}^{\mathcal{T}}(i)\}_{i\in\mathcal{F}},\ \text{где}\ \psi_{\mathcal{F}}^{\mathcal{T}}(i)=\tau(i)/T_{\mathcal{F}}$$

$$\{\psi_{\mathcal{F}}^{\mathcal{L}}(i)\}_{i\in\mathcal{F}},\ \text{где}\ \psi_{\mathcal{F}}^{\mathcal{L}}(i)=\lambda(i)/R_{\mathcal{F}}.$$

Эти распределения могут быть интерпретированы как вероятностные распределения.

Тем самым, чтобы задать полное описание флюэнта (относительно заданных эталонов времени и расстояния), следует задать вероятностные распределения $\left\{\psi(i)\right\}_{i\in\mathcal{F}}$.

> Для равномерных флюэнтов $(\tau(i) = const,\ \lambda(i) = const)$, распределения можно описывать тригонометрическими периодическими функциями, а для неравномерных флюэнтов (или, допуская вольность речи, для неравномерных метаболических волн) – их разложениями в интегралы Фурье по тригонометрическим функциям, т.е. суперпозициями тригонометрических функций.

Поскольку в величины $\tau(i)$ и T в качестве множителей входят одинаковые периоды эталона τ_0 времени, а в величины $\lambda(i)$ и R – одинаковые шаги λ_0 эталона расстояний, то нормированные распределения плотности $\psi(i)$ не зависят от выбора единиц измерения времени τ_0 и расстояний λ_0. При замене эталонов времени и расстояний не меняются мощности флюэнтов. Периоды и радиусы изменяются пропорционально изменению единиц измерения, а распределения плотности могут измениться весьма существенно, если прежние и новые эталоны не соравномерны.

3.4. Многокомпонентные флюэнты

Рассмотрим D генерирующих флюэнтов различных типов. Пусть эти флюэнты имеют общий источник. Будем в таком случае говорить, что имеется *многокомпонентный* (*D-компонентный*) *флюэнт*.

Если отказаться от выбора единственного времяобразующего ("главного") флюэнта, то изменения (течение времени) в системе можно охарактеризовать многокомпонентной величиной $\boldsymbol{\Delta t} = \left\{\Delta t_1, \Delta t_2, \ldots, \Delta t_{\boldsymbol{k}} \ldots\right\}$, где индекс k нумерует типы наличествующих флюэнтов, а Δt_k есть метаболическое время k-го флюэнта. Функторный метод сравнения структур, применённый, например, к структуре множеств с разбиением (через которую, по-видимому, можно выразить очень многие математические структуры (Левич, 1982)), позволяет ввести "усреднитель" метаболических времен, для которого есть основание назвать его *энтропийным временем* систем H (Левич, 1982; 1996; 2004а; 2008б):

$$\boldsymbol{H}\left(\boldsymbol{\Delta t}\right) = \sum_{\boldsymbol{k}} \lambda_{\boldsymbol{k}}\left(\boldsymbol{\Delta t}\right)\Delta t_{\boldsymbol{k}},$$

λ_k здесь множители Лагранжа сопутствующей вариационной задачи.

Для формального описания многокомпонентных величин могут быть использованы такие математические объекты как векторы, комплексные числа, кватернионы (например, Кассандров, 2008).

Для меня составляет проблему обоснование применения подобных имеющих богатую математическую аксиоматику конструкций для описания многокомпонентных величин. Например, рассматривая величины как векторы, мы приписываем им свойства покомпонентного сложения и умножения на общее для всех компонент число. Отождествляя двухкомпонентную величину с комплексным числом, мы, кроме операции покомпонентного сложения, считаем присущей нашей паре компонент специфическую операцию перемножения. Вопрос, который далеко не всегда обсуждают при подобных отождествлениях: навязана ли математическая аксиоматика исходным объектам, имеющим естественнонаучное происхождение, или в полном объеме продиктована их исходными внематематическими свойствами? Отмечу, что существуют работы (Шульман, 2004; Каминский, 2006), в которых авторы пытаются дать обоснование применению комплексных чисел в квантовой механике.

Рассмотрим простейший случай: двухкомпонентный флюэнт, компоненты которого $\mathcal{F}_1$ и $\mathcal{F}_2$ соравномерны и имеют одинаковые периоды τ, измеренные с помощью эталонного процесса $\mathcal{T}$. *Сдвигом фаз между пульсациями флюэнтов* $\mathcal{F}_1$ и $\mathcal{F}_2$ назову величину

$$\varphi_{12} = {}^{\Delta t_{12}}\!/_{\tau},$$

где промежуток Δt_{12} есть интервал метаболического времени между событием $a \in \mathcal{F}_1$ и ближайшим к нему последующим событием $\alpha \in \mathcal{F}_2$ (порядок событий в заданных флюэнтах есть порядок, индуцированный порядком прообразов в эталонном процессе $\mathcal{T}$ по соответствиям синхронизации $s_i : \mathcal{T} \to \mathcal{F}_i,\ i = 1,2$). Поскольку $\Delta t_{12} + \Delta t_{21} = \tau$ (рис.4), то $\varphi_{12} + \varphi_{21} = 1$. В случае гармонических колебаний фазу и сдвиг фаз определяют в единицах периода гармонических функций, т.е. $\varphi_{12} = 2\pi\, {}^{\Delta t_{12}}\!/_{\tau}$. Тогда $\varphi_{12} + \varphi_{21} = 2\pi$.

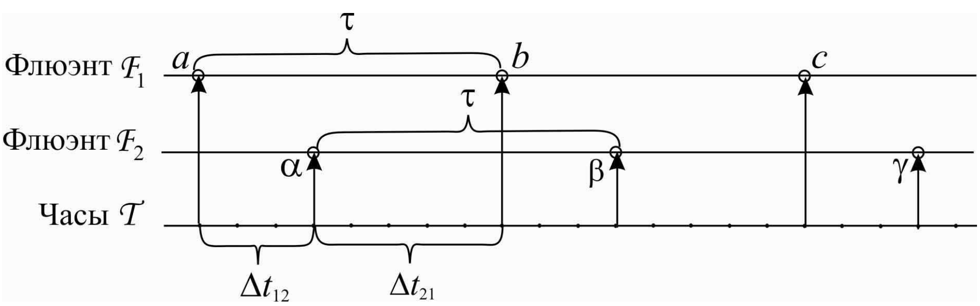


Рис.4. Сдвиг фаз между соравномерными флюэнтами

Понятие сдвига фаз легко обобщить на соравномерные флюэнты с неодинаковыми периодами. Для несоравномерных флюэнтов разность фаз оказывается зависящей от координат времени и пространства. D-компонентный флюэнт обладает $D-1$ дополнительной степенью свободы – набором из $D-1$ сдвига фаз. М.Х.Шульман (2004) интерпретирует определенный сдвиг фаз между гармоническими колебаниями частицы, моделируемой двумерным осциллятором, как спин частицы.

Как указано в предыдущем разделе, все флюэнты обладают протяженностью и пульсационной степенью свободы. Многокомпонентные флюэнты обладают несколькими собственными частотами, характеризующими пульсации их компонент, а также обладают набором сдвигов фаз между пульсациями.

> Как элементарные объекты теории многокомпонентные флюэнты оказываются похожими на конструкции, порождающие структурные принципы теории струн, в которой "элементарными объектами предлагается считать не точечные частицы, а одномерные протяженные объекты..." (Морозов 1992, с. 87). "Колебания струны различаются номером гармоники ("числом узлов"), поляризацией... и амплитудой. Номер гармоники и (квантованная) амплитуда связана с энергией колебаний; поскольку – это энергия внутренних колебаний струны, понятно, что она отвечает за массу покоя частицы: разные гармоники – разные массы. Поляризация, очевидно, должна быть связана со спином частицы." (Морозов, 1992, с.100).
>
> "Хотя это совершенно не очевидно… такая простая замена точечных элементарных компонентов материи струнами приводит к устранению противоречий между квантовой механикой и общей теорией относительности. Тем самым теория струн распутывает основной гордиев узел современной теоретической физики. Это выдающееся достижение, но оно представляет собой только часть причин, по которым теория струн вызывает такое восхищение… Теория струн даёт единый способ объяснения свойств всех взаимодействий и всех видов материи… Теория струн говорит, что все наблюдаемые свойства элементарных частиц… являются проявлением различных типов колебаний струн… каждая из разрешённых мод колебаний струн… проявляется в виде частицы, масса и заряды которой определяются конкретным видом колебания… всё – вся материя и все взаимодействия объединяются под одной и той же рубрикой – колебания микроскопических струн … " (Greene, 1999, с.19).

Общими для флюэнтов и струн являются, как было указано, протяжённость и наличие колебательных степеней свободы. Следует отметить и существенные различия между флюэнтами и струнами. Протяжённость струн имеет явно микроскопические масштабы: в различных подходах размеры струн варьируют от планковской длины до атомных размеров (Greene, 1999). Протяженность флюэнтов определена их мощностью и в зависимости от давности "акта рождения" может изменяться от микромасштабов до размеров Вселенной.

Различна и природа колебаний. Колебания струн – аналог механических стоячих волн, "точки" струны колеблются в заданном до и независимо от постулирования струн пространстве, колебания имеют квантованную амплитуду. Колебания флюэнтов – пульсации, периодические появления эманонов, чередования "бытия" и "небытия" источника флюэнта.

Главное же, с точки зрения метаболического подхода, отличие – то, что для струн многомерное пространство-время задано независимо от их аксиоматики. Уравнения, описывающие струны, сформулированы в изначально заданном, неквантовом пространстве-времени. Флюэнты же сами порождают время и пространство.

Модели не точечных (но неодномерных) частиц предложены В.В.Кассандровым (2008) и Л.С.Шихобаловым (2005).

3.5. Свойства метаболического пространства

Согласно определениям принятой модели, метаболическое пространство однокомпонентного флюэнта $\mathcal{F}=\{Q, f\}$ есть шлейф f этого флюэнта, состоящий из совокупности излучённых источником Q эманонов. Метаболическое пространство системы было определено (см. пятый постулат) как совокупность шлейфов входящих в систему флюэнтов. Следует уточнить вид этой совокупности.

Метаболическое пространство системы S, состоящей из нескольких однокомпонентных флюэнтов $\mathcal{F}_j$, источники которых не совпадают, есть объединение $\sum_S = \bigcup_{j\in S} f_j$ метаболических пространств (шлейфов) f_j.

Пусть система S состоит из нескольких многокомпонентных флюэнтов $\mathcal{F}_j = \left\{Q_j; f_j^1; f_j^2; \ldots, f_j^{D_j}\right\}$ где Q_j – источники эманонов (заряды), f_j^i – шлейфы эманонов типа i во флюэнте j и D_j – число типов эманонов во флюэнте j. Метаболическое пространство системы S есть прямое произведение метаболических пространств компонент $\sum_S^i$:

$$P_S = \prod_{i=1}^{\max\{D_j\}} \sum\nolimits_S^i = \prod_{i=1}^{\max\{D_j\}} \bigcup_{j\in S} f_j^i .$$

Замечу, что предъявленные на данном этапе эвристических рассуждений конструкции для совокупностей шлейфов отдельных флюэнтов представляют собой лишь один из возможных вариантов соединения нескольких множеств в одно. Например, в статистической физике фазовое пространство нескольких частиц есть прямое произведение фазовых пространств индивидуальных частиц. Для многокомпонентных флюэнтов возможно определение метаболического пространства системы как $\tilde{P}_S = \bigcup_{j\in S} \prod_{i=1}^{D_j} f_j^i$, причем $\tilde{P}_S \neq P_S$. Предполагаю, что окончательный выбор конструкции станет возможным при решении конкретных задач.

Поскольку каждый флюэнт задает как течение метаболического времени (замену эманонов в системах, состоящих из зарядов), так и метаболическое пространство (совокупность эманонов), то объединение флюэнтов правильнее называть *метаболическим временем-пространством.*

Размерностью D метаболического времени-пространства назову количество типов флюэнтов (см. восьмой постулат), образующих пространство.

Проблема происхождения размерности пространства стоит и перед разработчиками теории струн, элементарные объекты которой в чем-то аналогичны генерирующим флюэнтам (см. раздел 3.4). "Наиболее перспективным представляется поиск подходов, как-то выделяющих 4-мерное пространство. Более того, их не надо специально искать – занятие теорией струн само постоянно наводит на эти вопросы: помимо нашей воли струна и размерность $D = 4$ – минимальная размерность пространства-времени, где мировые поверхности струн, находящиеся в общем положении, еще пересекаются. Простейшим же выражением этого факта является гипотеза о "перенормировке" любой другой размерности к 4 за счет эффектов квантовой гравитации... Напомним, что другой, безусловно, замечательной возможностью, предоставляемой струнным сценарием объединения, является автоматическое появление сигнатуры Минковского в пространстве-времени… " (Морозов, 1992, с. 133).

Замечу, что в метаболическом подходе время-пространство как декартово произведение пространственных и временной координат возникает после конвенционального (см. раздел 2.1.) выбора исследователями среди генерирующих флюэнтов различных типов эталонов измерения времени и расстояний (см. разделы 2.1 и 2.2), т.е. в указанном смысле оказывается условным. При этом время и пространство как явления Мира продолжают быть совершенно не эквивалентными: время есть замена эманонов в шлейфах, а пространство – объединение шлейфов генерирующих флюэнтов.

Строго говоря, метаболическое время столь же многомерно, сколь и метаболическое время-пространство (независимо от выбора эталонов измерения), поскольку замены эманонов происходят во флюэнтах всех типов.

Модели неодномерного времени все чаще привлекают внимание как физиков (например, Chen, 2000; Bars, 2001; Bars, Kuo, 2006), так и биологов (например, Моисеева, 1980; Михайловский, 1982).

Генерирующие флюэнты, порождая (или выводя в небытие) частицы-эманоны, порождают и само метаболическое пространство (или "поглощают" его). Другими словами, субстанция генерирующих потоков может накапливаться (или тратиться) в нашем Мире. Если существуют только источники некоторого флюэнта, но нет его стоков (или источники преобладают), то происходит только накапливание субстанции соответствующего метаболического пространства. Про такой эффект накапливания можно говорить как про *расширение метаболического пространства*. Расширение пространства сопровождает рост радиуса R и возраста T соответствующего флюэнта (см. раздел 3.3). Поскольку возраст и радиус каждого флюэнта прямо пропорциональны мощности флюэнта, то в случае пропорциональности между его периодом и шагом также возраст и радиус оказываются пропорциональными друг другу. Поэтому рост радиуса R флюэнта, порождающего метаболическое пространство, может быть природным референтом времени (Шульман, 2003). В случае конечности радиуса R (и соответственно возраста T) о факте конечности можно говорить как об *ограниченности метаболического пространства*.

Согласно модели, генерирующий флюэнт "состоит" из источника – сингулярности метаболического пространства и из эманонов шлейфа, образующего (вместе с шлейфами других флюэнтов) само это пространство. Если источник "точечен" (с точностью до "размеров" испускаемых им эманонов), то шлейф распределен во всем пространстве, точнее он и есть само пространство. Таким образом, флюэнт как целое локализован не в "точке", а во "всем" метаболическом пространстве.

То же замечание относится к временной протяженности флюэнта-заряда. Указанные свойства М.Х.Шульман (2004) назвал *пространственной и временной нелокальностью* объектов, для которой "нельзя говорить о состоянии не только в определённой точке... но и в определённый момент времени".

Назову флюэнт $\mathcal{B}$ обращением флюэнта $\mathcal{A}$, если $\mathcal{B}$ содержит те же элементы что и $\mathcal{A}$, а отношение предшествования (см. второй постулат) в $\mathcal{B}$ противоположно отношению предшествования в $\mathcal{A}$.

Метаболическое время, порождаемое генерирующими флюэнтами, оказывается обратимым или необратимым в том же смысле и в той же степени, в каких обратимы или необратимы сами истечения.

Частицы-заряды могут содержать источники или стоки частиц-эманонов. Обращение метаболического времени, понимаемое как обращение флюэнта, превращает источники в стоки и наоборот, т.е. влечет изменение "знака" заряда.

Сдвиг фаз φ_{12} одной из компонент в многокомпонентном заряде при обращении флюэнтов переходит в сдвиг φ_{21} (см. раздел 3.4.). Для тригонометрических функций $\varphi_{21} = 2\pi - \varphi_{12}$, что эквивалентно углу ($-\varphi_{12}$), т.е. сдвиг фаз (спин?) меняет знак при обращении метаболического времени.

Обращение метаболического времени сохраняет расстояния в метаболическом пространстве (см. раздел 2.2).

3.6. О метаболическом движении

Метаболическое движение было определено как замена эманонов в некоторой совокупности флюэнтов (см. шестой постулат). При описании движения подразумевается заданной система отсчета, т.е. объект, который принят в качестве неподвижного. Исходя из определения движения, логично за систему отсчета принять совокупность флюэнтов, в которой не происходит изменение набора эманонов. Поскольку в любом генерирующем флюэнте происходит порождение (или исчезновение) эманонов (см. первый постулат), то в указанном выше смысле неподвижные системы не существуют. Возможно, следует различать изменения в системах за счёт генерации (со "знаком плюс или минус") эманонов из источников внутри системы и изменения за счёт "проникновения" в систему из внешней среды или из системы в среду (см. пятый постулат). "Внутреннее" движение следует отождествить с явлением становления, с расширением метаболического пространства (см. раздел 3.5), с процессом распространения эманонов и с метаболическими волнами (см. раздел 3.2), а внешнее метаболическое движение сделать предметом рассмотрения *метаболической кинематики*.

Рассмотрю флюэнты: эталон времени $\mathcal{T}$, соравномерный с ним эталон расстояния $\mathcal{L}$ и соравномерный с ними флюэнт $\mathcal{F}$, синхронизированный с $\mathcal{T}$ и совмещенный с $\mathcal{L}$. Примем шлейф флюэнта $\mathcal{T}$ за систему отсчета и выберем в нем один из эманонов в качестве начала отсчета времени (см. раздел 3.2.). В силу соравномерности эталонов $\mathcal{T}$ и $\mathcal{L}$ точки из $\mathcal{L}$ неподвижны относительно событий из $\mathcal{T}$. Пусть в $\mathcal{L}$ также выбрано начало отсчета расстояний. Как упомянуто в разделе 3.2, теперь во флюэнте $\mathcal{F}$ появилась система координат (t,x). Для координат (t,x) легко ввести алгебраические операции сложения и вычитания, поскольку конечное множество с линейным отношением порядка изоморфно подмножеству натуральных чисел. Напомню, что в выбранной "пространственноцентрической" системе отсчета происходит внутреннее движение источника $Q_{\mathcal{F}}$ с постоянной скоростью $\gamma_0 = \lambda_0 / \tau_0$, где τ_0 и λ_0 соответственно период эталона $\mathcal{T}$ и шаг эталона $\mathcal{L}$.

Рассмотрю систему S из двух однокомпонентных флюэнтов $\mathcal{F}_1 = (Q_1, f_1)$ и $\mathcal{F}_2 = (Q_2, f_2)$, порождающих эманоны одного типа. Метаболическое пространство этой системы есть объединение $\sum_S = f_1 \cup f_2$ (см.

раздел 3.5). Поскольку рассмотрены эманоны одного типа, то это пространство одномерно (см. раздел 3.5). Соответствия синхронизации и совмещения между флюэнтами $\mathcal{F}_1$ и $\mathcal{F}_2$ возникают благодаря аналогичным соответствиям между каждым из флюэнтов и эталонами измерения времени и расстояния. Синхронизация корреспондирует источники с какими-либо эманонами из $\sum_S$. Координаты (t_1, x_1) и (t_2, x_2) этих эманонов позволяют ввести расстояние между источниками $r_{12} = (t_2 - t_1, x_2 - x_1)$. Это расстояние, в свою очередь, позволяет ввести координаты источников в субституционном пространстве (Q_1, Q_2) системы S (рис.5).

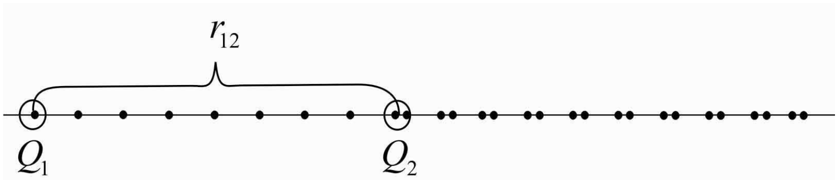


Рис.5. Расстояние между однотипными однокомпонентными источниками.

Предложенная условная схема для введения координат эманонов и источников внутри систем, по-видимому, требует детализации и разъяснений. Но для меня сейчас важно обратить внимание на то, что на одномерной оси координат (иллюстрация для двух источников приведена на рис.5) в системах с однотипными флюэнтами возникают участки с различной плотностью эманонов и это различие зависит от "пространственного расположения" зарядов, которые в случае однотипных флюэнтов все расположены на одномерной оси.

По-видимому, будет правильным описывать эманоны двухкомпонентными координатами (a,b), где a – координата источника Q флюэнта (Q, f) в субституционном пространстве, а b – координата эманона в шлейфе f этого флюэнта, т.е. в метаболическом пространстве. При этом числа a и b будут элементами неархимедова расширения действительных чисел, т.е. координата b будет "бесконечно малой" по отношению к действительной координате a (см. также рассуждения о трудностях "комплексификации" двухкомпонентных координат в разделе 3.4). Неархимедовые обобщения действительных чисел нередко находят применение в математической физике (Владимиров и соавт., 1994; Dragovich, 1994; Паршин, 2005).

Рассмотрю совокупность флюэнтов – универсум (см. пятый постулат). Выделю в нём некоторую систему S и её среду. Пусть в универсуме заданы эталоны измерения времени $\mathcal{T}$ и расстояний $\mathcal{L}$. Пусть в систему входят и из неё выходят эманоны флюэнтов $\mathcal{T}$ и $\mathcal{L}$, другими словами, пусть система S участвует во "внешнем" метаболическом движении.

Введу *перемещение системы* S во времени-пространстве $\mathcal{T} \times \mathcal{L}$ через количества эманонов из $\mathcal{T} \times \mathcal{L}$, заменённых в S (см. восьмое следствие) – вошедших в систему (Δm^{+}, Δn^{+}) и вышедших из нее (Δm^{-}, Δn^{-}):

$$\Delta t = (\Delta m^{+} + \Delta m^{-})\tau_0,$$

$$\Delta s = (\Delta n^{+} + \Delta n^{-})\lambda_0$$

(здесь τ_0 и λ_0 – период и шаг эталонов $\mathcal{T}$ и $\mathcal{L}$). Введенное определение соответствует "системоцентрической" точке зрения: система S является системой отсчета в универсуме. Она неподвижна, когда ни в неё, ни из неё не проникают эманоны эталонных флюэнтов.

3.7. О взаимодействии зарядов

Элементарные объекты метаболического подхода – генерирующие флюэнты – введены, чтобы описать феномен времени в Мире. Эти объекты порождают изменчивость, позволяющую унифицировать и измерять другие виды изменчивости. Для построения адекватной картины Мира не менее важен феномен взаимодействий материальных частиц.

Частицы-заряды в метаболическом подходе описаны источниками (или стоками) частиц-эманонов вместе с шлейфами излучённых эманонов. Можно сказать, что истечения эманонов пульсируют с частотой появления эманонов из источников. Возникает соблазн описать взаимодействие зарядов "гидродинамической" моделью для потоков частиц.

Подобные попытки не прекращались всю вторую половину XIX века. Историю "пульсационных" и "источнико-стоковых" теорий взаимодействия проследил Н.Т.Роузвер, из обзора которого почерпнуты многие из нижеследующих формулировок и ссылок (Roseveare, 1982, с.125-133).

> Среди представителей "пульсационной" школы виднейшее место принадлежит Ц.А.Бьеркнесу. Этот норвежский физик пытался объединить в рамках гидродинамической теории электрические, магнитные и гравитационные взаимодействия (Bjerknes, 1901). Ц.А.Бьеркнес начал работать над нею в 1856 г. Его вывод состоял в том, что два сферических тела, помещённые в несжимаемую жидкость и пульсирующие в фазе, будут притягиваться с силой, обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними. Если фазы колебаний отличаются на π, тела будут отталкиваться.
>
> Ф.Гатри (Guthrie, 1870) проводил эксперименты по исследованию притяжения и отталкивания двух колеблющихся камертонов. Когда Ф.Гатри опубликовал результаты опытов, многие почувствовали, как перед ними раскрывается новый мир, и стали надеяться на объяснение действия гравитации, магнетизма и электричества.
>
> Та же надежда побудила кембриджского астронома Дж.Чаллиса к целому циклу работ по пульсациям тел в среде. "Гидродинамическая теория сил притя-

жения и отталкивания", опубликованная Чаллисом в 1872 г., содержала вывод формулы для сил, содержащей члены обратно пропорциональные как второй, так и четвертой степеням расстояния.

Последователями Дж.Чаллиса стали В.Хикс (Hicks, 1880) и А.Лийи (Leahy, 1889), формулы которых содержали поправки, обратно пропорциональные соответственно пятой и третьей степеням расстояния между сферами, а также зависимость от разности фаз колебаний сфер.

Пульсационные теории не убедили А.Пуанкаре. В лекциях 1906-1907 гг. он отмечал (Poincare,1953) целый ряд недостатков таких теорий. Так, в фазе может пульсировать одновременно любое число сфер, тогда как в противофазе – только два тела, т.е. если под сферами понимать частицы материи, то из них не удастся собрать "большое" тело. Предположение о синхронности пульсаций всех частиц требует объяснения причин синхронности (идея Дж. Уилера о том, что все электроны Мира суть один единственный электрон (Feynman, 1965), возникла лишь через пятьдесят с лишним лет). Наконец, для поддержания амплитуды пульсаций всех частиц Мира необходимы какие-то внешние силы (идеи об открытости Вселенной к потокам энергии не были приняты в начале XX века, во второй его половине вопрос об изолированности Вселенной стал осторожно подвергаться сомнению (см., например, в отчечественной литературе Козырев, 1991; Левич, 1996; Шульман, 2003)).

Выдвигались и другие теории взаимодействия, исходящие из свойств эфира. В отличие от пульсационных теорий, где причиной, вызывающей притяжение и отталкивание тел, считались короткопериодические потоки эфира, в них рассматривались вековые потоки. Ещё в 1853 г. Б.Риман показал, что поток эфира в "большую вселенную" через каждую частицу может дать эффект притяжения (De Tunzelmann, 1910). В 1870 г. о силах, возникающих между источниками и стоками жидкости, и об аналогиях с гравитацией говорил В.Томсон. Но теоретически обосновал идею о взаимодействии источников (и стоков) К.Пирсон: "... и закон тяготения, и теория потенциала более естественно вытекают из теории струй эфира, чем из пульсационных теорий... первичной субстанцией является жидкая невращающаяся среда, а атомы или элементы материи суть струи этой субстанции. Откуда взялись в трехмерном пространстве эти струи, сказать нельзя; в возможности познания физической Вселенной теория ограничивается их существованием. Может быть, их возникновение связано с пространством более высокой размерности, чем наше собственное, но мы о нём ничего знать не можем, мы имеем дело лишь с потоками в нашу среду, со струями эфира, которые мы предложили именовать "материей" (Pearson, 1891, с. 309-312). Для скорости потоков Пирсон получил выражения в виде ряда. Ряд содержал постоянный член, ответственный за тяготение, периодические члены, связанные с химическим сродством и связью, и другие колебательные члены, описывающие оптические и электрические явления. Близкую к гидродинамическим моделям гипотезу о "всемирном тяготении как следствии образования весомой материи внутри небесных тел" высказал И.О.Ярковский (1889).

"Современное доказательство теоремы Ньютона основано на гидродинамических соображениях, восходящих к Лапласу: дело в том, что единственное сферически симметричное течение несжимаемой жидкости – это течение по радиусам со скоростью, обратно пропорциональной квадрату расстояния от центра…

Итак, силовое поле притяжения точечной массой математически совпадает с полем скоростей течений несжимаемой жидкости." (Арнольд, 1987, с. 8).

Взаимодействие двух тел, "излучающих" потоки газа, рассмотрел К.П.Станюкович (1958, с. 686-688): "Пусть имеются два неподвижных сферических тела... Газ, испускаемый телами, будем считать ультрарелятивистским... Очевидно, что сила взаимодействия между телами будет силой притяжения, поскольку газ расширяется неравномерно, а именно, меньше при истечении в область между телами... Мы пришли к закону взаимодействия между телами вида закона Ньютона или Кулона".

Работы по гидродинамическому моделированию взаимодействий продолжаются и в последние годы (например, Бриль, 1995; Бердинских, 1999; Савчук, 2001; Гришаев, 2002).

Объяснения механизмов взаимодействия, предлагаемые пульсационным и источниково-стоковым механизмами, основываются на "субстратной" природе материи участвующей в колебаниях или истечениях (этот "субстрат" в XIX, да и в XX веке чаще всего называли эфиром). Другими словами, колеблющиеся элементы сплошной гидродинамической среды или излучаемые источниками частицы обладают инертной массой; за счет скорости пульсаций или истечения эта масса обладает импульсом; передача импульса порождает силы взаимодействия. Указанные механизмы описывают "столкновительный" характер взаимодействия. Именно с наличием инертной массы у элементов колеблющихся сред или истекающих струй связаны трудности концепции "субстратного" эфира: наличие "эфирного ветра", трения, увлекаемости, диссипации энергии...

Постулаты метаболического подхода подразумевают, что вводимые подходом "пульсирующие" и "излучаемые" объекты – эманоны – не обладают ни инертной массой, ни какими-либо порождающими взаимодействия зарядами. Этими характеристиками обладают флюэнты в целом, а количественная мера таких характеристик может возникнуть из количественных параметров процесса излучения эманонов (см. четвертый постулат).

Квантовые гипотезы М.Планка и Л. де Бройля вводят аналоги кинетической энергии и импульса и для безмассовых частиц. На языке метаболического подхода определения энергии E и импульса p для эманонов, принадлежащих флюэнту, характеризуемому периодом τ и шагом λ, можно ввести следующим образом: $E \sim 1/\tau$ и $p \sim 1/\lambda$.

Соответствующий коэффициент пропорциональности в квантовых гипотезах назван постоянной Планка h.

Эманоны в своем метаболическом движении не "сталкиваются" с системами, состоящими из зарядов, а "проникают" сквозь них или поглощаются стоками (см. четвертый постулат). Поэтому, с одной стороны, субстанция эманонов не является эфиром, а с другой стороны, для зарядов-флюэнтов характерны, скорее, не "столкновительные", а "обменные" механизмы взаимодействия.

"... электрон излучает или поглощает фотон (не важно, поглощает или излучает). Я буду называть это действие "соединением", "связью" или "взаимодействием"." (Feynman, 1985, с. 82).

"В квантовой теории взаимодействие на расстоянии описывается в терминах обмена специальными квантами (бозонами), связанными с данным типом взаимодействия... Квантовомеханическая сила между зарядами описывается за счет обмена виртуальным фотоном с импульсом, равным изменению импульса заряда, испустившего (поглотившего) фотон...

Квантовая концепция испускания и поглощения виртуальных фотонов источником заряда – столь же условна, как и классическая концепция поля, окружающего источник.

Как поле, так и виртуальный квант ненаблюдаемы; они ответственны за силу, которую можно измерить количественно. Однако распространение электромагнитного поля действительно квантуется в виде свободных фотонов – квантов, поэтому описание взаимодействия в виде обмена виртуальными фотонами в статическом случае удобно для обсуждения взаимодействия в микроскопическом масштабе." (Perkins, 1987, с. 13-14).

Хочу подчеркнуть, что ассоциация, которая могла возникнуть у читателей в связи с приведенным цитированием, об аналогичности частиц-зарядов с электронами, а частиц-эманонов с фотонами (или другими бозонами) была бы не вполне правомерной, поскольку электроны взаимодействуют с фотонами, а для частиц-зарядов метаболического подхода декларировано отсутствие взаимодействия с эманонами. Цитирование приведено, чтобы проиллюстрировать идею обменного механизма взаимодействий.

В классической физике поле декларировано как "феноменологическая физическая реальность", существование которой приводит к обнаружению в пространстве сил, действующих на различные заряды.

Концепция поля порождает не только "обменный", но и "геометрический" механизм взаимодействий. В геометрической концепции поля пространство-время неоднородно, что может быть описано зависимостью расстояний между точками пространства-времени от координат этих точек. Если метрические соотношения зависят от распределения зарядов в пространстве, то геометрическая неоднородность становится сопряженной с распределением действия сил в пространстве-времени. Поскольку в общем случае флюэнты могут быть неравномерными по отношению к эталонам измерения времени и расстояния (см. раздел 2), то эту неравномерность можно интерпретировать как неоднородность соответствующих метаболических пространств и по аналогии с геометрическими концепциями поля описывать физические взаимодействия. Количественные характеристики флюэнта, трансформируемые в геометрические конструкции, – это распределения плотности его метаболических параметров (см. раздел 3.3).

Существует еще одна – принятая в теории струн – "топологическая" концепция взаимодействий, согласно которой взаимодействия следует описывать через слияние и распределение струн. Топологическая концепция взаимодействия обобщает "обменное" взаимодействие частиц в квантовой теории поля, где взаимодействия в вершинах полевых фейнмановских диаграмм аналогичны "слиянию" или "расщеплению" частиц, участвующих во взаимодействии (Green et al, 1986, раздел 1.4.1).

Подчеркну ещё одно связанное с представлениями о взаимодействии следствие метаболического подхода. Наличие различных типов взаимодействий обязано (см. восьмой постулат) существованию различных типов эманонов и соответствующих флюэнтов. С существованием различных типов флюэнтов в метаболическом пространстве связана и размерность самого пространства, равная, согласно определению из раздела 3.5, количеству типов флюэнтов в пространстве. Т.е. размерность пространства в метаболическом подходе непосредственным образом связана с набором физических взаимодействий.

Напомню (см. раздел 3.6), что наличие нескольких экземпляров флюэнтов одного типа может быть интерпретировано как пространственная неоднородность распределения эманонов или как аналог "слияния" флюэнтов (рис.5).

Резюмируя, отмечу, что в метаболическом подходе попытки сконструировать механизм взаимодействия могут быть предприняты на каждом из отмеченных языков описания ("столкновительном", "обменном", "геометрическом" или "топологическом").

3.8. Генерирующие флюэнты как квантовые объекты

Генерирующие флюэнты обладают свойствами, которые позволяют отнести их к квантовым, а не классическим объектам. Генерирующий флюэнт – это метаболическая волна (раздел 3.2), во многом аналогичная волне де Бройля. Корпускулярно-волновой дуализм заложен в саму конструкцию флюэнтов: источник эманонов "точечен" (с точностью до "размеров" эманонов), а шлейф флюэнта протяжён и "волнообразен". Характеристическая функция флюэнта (раздел 3.2.) или распределения плотности флюэнта (раздел 3.3) могут служить прообразами квантовомеханических вероятностных распределений. Флюэнты не локальны ни в пространстве, ни во времени. Многокомпонентные флюэнты обладают дополнительными степенями свободы – разностями фаз между пульсациями эманонов различных типов (раздел 3.4). Характеристические функции или распределения плотности таких флюэнтов также многокомпонентны, что делает их подобными, например, спинорным (векторным, тензорным) волновым функциям квантовой механики для частиц с ненулевым спином.

Существенно, что флюэнты – квантовые, но не "микроскопические" объекты: количественные характеристики их шлейфов отвечают, скорее, космологическим, чем микроскопическим масштабам во внутреннем мире (раздел 3.3). Указанное отличие флюэнтов от традиционных предметов рассмотрения квантовой механики, конечно, не единственно, и понадобится согласование многих понятий в описании мира на метаболическом и квантовом языках (например, комплекснозначности амплитуд вероятности, выполнения принципа суперпозиции, смысла соотношения неопределенности, операторного представления физических величин, роли тождественности частиц и многого другого), чтобы подмеченная аналогия между генерирующими флюэнтами и объектами квантовой механики стала конструктивной.

Некоторые особенности квантовомеханического описания систем (например, существование принципа суперпозиции, операторный формализм) могут быть следствием "динамического характера" генерирующих флюэнтов (см. следствие 10 в разделе 1). Будем описывать состояние флюэнта какой-либо функцией от количества эманонов во флюэнте, названного мощностью флюэнта (см. раздел 3.3). "Динамическим характером" флюэнта названо абсолютное непостоянство его мощности: в каждый момент метаболического времени мощность флюэнта не такая, как в другие моменты (это свойство связано с нелокальностью генерирующих флюэнтов во времени). Поэтому, чтобы описать усредненное состояние за промежуток времени $T > \tau$, где τ – период флюэнта, необходимо учитывать суперпозицию всех его элементарных состояний, входящих в интервал T. Попытка "измерения" состояния, предпринятая в промежутке T, зафиксирует одно из элементарных состояний суперпозиции. Указанное построение следует сравнить с подходом М.Х.Шульмана (2006), в котором элементарные состояния квантовых объектов по каким-то причинам принудительно сменяют друг друга около 10^{17} раз в секунду, что, по разъяснениям автора, объясняет и суперпозицию, и коллапс, и опыты с щелями для квантовых объектов.

Необходимость операторного описания, понимаемого как расчет физической величины путем усреднения по отдельным состояниям системы, также может быть связана с нелокальностью квантовых объектов как в метаболическом пространстве, так и в метаболическом времени.

Литература

АРИСТОТЕЛЬ. Сочинения в 4 т. Т.3. Физика. М.: Наука, 1981. 613 с.

АРНОЛЬД В.И. Трехсотлетие математического естествознания и небесной механики // Природа. 1987. №8. С .5-16.

АРХАНГЕЛЬСКАЯ И.В., РОЗЕНТАЛЬ И.Л., ЧЕРНИН А.Д. Космология и физический вакуум. М.: КомКнига, 2006. 216 с.

БЕРДИНСКИХ В.В. Физика глазами гидравлика // http://re-tech.narod.ru/fizique/teor/h-ph.htm, 1999.

БРИЛЬ В.Я. Кинетическая теория гравитации и основы единой теории материи. СПб.: Наука, 1995. 436 с.

ВЛАДИМИРОВ В.С., ВОЛОВИЧ И.В., ЗЕЛЕНОВ Е.И. Р-адический анализ и математическая физика. М.: Физматлит, 1994.

ГРИШАЕВ А.А. Масса как мера собственной энергии квантовых осцилляторов // http://newfiz.narod.ru/massa.html, 2000.

ГРИШАЕВ А.А. Разноименные электрические заряды как противофазные пульсации // http://newfiz.narod.ru/charge.html, 2002.

КАМИНСКИЙ А.В. Анатомия квантовой суперпозиции // Квантовая магия. 2006. Т.3. Вып.1. С. 1130-1142. (http://quantmagic.narod.ru/volumes/VOL312006/p1130.html)

КАССАНДРОВ В.В. Предсвет. Время. Материя // На пути к пониманию феномена времени: конструкции времени в естествознании. Часть 3. Методология. Физика. Биология. Математика. Теория систем. М.: Прогресс-Традиция, 2008.

КОЗЫРЕВ Н.А. Избранные труды. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1991. 448 с.

КУРАКИН П.В., МАЛИНЕЦКИЙ Г.Г. Концепция скрытого времени и квантовая электродинамика // Квантовая магия. 2004. Т.1. Вып.2. С. 2101-2109. (http://quantmagic.narod.ru/volumes/VOL122004/p2101.html)

ЛЕВИЧ А.П. Теория множеств, язык теории категорий и их применение в теоретической биологии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982. 190 с.

ЛЕВИЧ А.П. Тезисы о времени естественных систем // Экологический прогноз. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. С. 163-190.

ЛЕВИЧ А.П. Метаболическое время естественных систем // Системные исследования. Ежегодник 1988. М.: Наука, 1989. С. 304-325.

ЛЕВИЧ А.П. Время как изменчивость естественных систем: способы количественного описания изменений и порождение изменений субстанциональными потоками // Конструкции времени в естествознании: на пути к пониманию феномена времени. Часть 1. Междисциплинарное исследование. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1996. С. 233-288. (Перевод: Levich A.P. Time as variability of natural systems: ways of quantitative description of changes and creation of changes by substantial flows // On the Way to Understanding the Time Phenomenon: the Constructions of Time in Natural Science. Part 1. Interdisciplinary Time Studies. Singapore, New Jersey, London, Hong Kong: World Scientific, 1995. Pp. 149-192.)

ЛЕВИЧ А.П. Энтропийная параметризация времени в общей теории систем // Системный подход в современной науке. М.: Прогресс-Традиция, 2004а. С. 167-190.

ЛЕВИЧ А.П. Принцип максимума энтропии и теоремы вариационного моделирования в экологии сообществ // Успехи современной биологии. 2004б. Т.124. №6. С. 3-21.

ЛЕВИЧ А.П. Моделирование природных референтов времени // Необратимые процессы в природе и технике. М.: МГТУ-ФИАН, 2007а. С. 154-158.

ЛЕВИЧ А.П. Флюэнты Исаака Ньютона как модель метаболического времени систем // Пространство и время: физическое, психологическое, мифологическое. М.: КЦ "Новый Акрополь", 2007б. С. 43-52.

ЛЕВИЧ А.П. Почему скромны успехи в изучении времени? // На пути к пониманию феномена времени: конструкции времени в естествознании. Часть 3. Методология. Физика. Биология. Математика. Теория систем. М.: Прогресс-Традиция, 2008а.

ЛЕВИЧ А.П. Поиск законов изменчивости как задача темпорологии // На пути к пониманию феномена времени: конструкции времени в естествознании. Часть 3. Методология. Физика. Биология. Математика. Теория систем. М.: Прогресс-Традиция, 2008б.

ЛЕВИЧ А.П. Моделирование природных референтов времени: метаболическое время и пространство // На пути к пониманию феномена времени: конструкции времени в естествознании. Часть 3. Методология. Физика. Биология. Математика. Теория систем. М.: Прогресс-Традиция, 2008в.

МИХАЙЛОВСКИЙ Г.Е. Понятие энтропии в приложении к самовоспроизводящимся биологическим системам // Человек и биосфера. Вып.6. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982. С. 62-78.

МОИСЕЕВА Н.И. Свойства биологического времени // Фактор времени в функциональной организации деятельности живых систем. Л., 1980. С. 15-20.

МОРОЗОВ А.Ю. Теория струн – что это такое? // Успехи физических наук. Т. 162. №8. 1992. С. 83-168.

ПАРШИН А.Н. Р-адическая структура времени и пространства // http://www.chronos.msu.ru/seminar/rautumn05.html#13december, 2005.

САВЧУК В.Д. От теории относительности до классической механики. Дубна: Феникс, 2001. 176 с.

СТАНЮКОВИЧ К.П. Взаимодействие двух тел, "излучающих" потоки газа // Доклады Академии наук СССР. 1958. Т.119. №4. С. 686-689.

ШИХОБАЛОВ Л.С. Лучистая модель электрона. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2005. 230 с.

ШУЛЬМАН М.Х. Теория шаровой расширяющейся Вселенной. М.: Едиториал УРСС, 2003. 160 с.

ШУЛЬМАН М.Х. Вариации на темы квантовой теории. М.: Эдиториал УРСС, 2004. 96 с.

ШУЛЬМАН М.Х. Время и квантовое поведение // http://www.chronos.msu.ru/RREPORTS/shulman_doklad.pdf, 2006.

ЯРКОВСКИЙ И.О. Всемирное тяготение как следствие образования весомой материи внутри небесных тел. М., 1889. 388 с.

BARS C. Survey of two-time physics // Class. Quant. Grav. V. 18. 2001. P. 3113.

BARS C., KUO Y. Interacting Two-Time Physics Field Theory With a BRST Gauge Invariant Action // ArXiv: hep-th / 0605267. V3. 2006.

BJERKNES V. Vorlesungen uber hydrodynamische Fernkrafte nach C.A. Bjerknes Theorie // Leipzig Band II. Tail III. 1901.

BORN M. Quantenmechanik der Stoßvorgänge // Zeitschrift für Physik. 1926. Bd. 38. S. 803-827.

CHEN X. A New Interpretation of Quantum Theory. Time as Hidden Variable // Quantum Physics, 2000. Pp. 1-5.

DE TUNZELMANN G.W. A treatise on electrical theory and the problem of the universe. Chap. 18. L.: Charles Griffin, 1910. P. 362.

DRAGOVICH B. Adelic Model of Harmonic Oscillator //Теоретическая и Математическая Физика. Т. 101. 1994. С. 349-359.

FEYNMAN R.P. The character of physical law. London: Cox and Wyman Ltd, 1965. (Перевод: Фейнман Р. Характер физических законов. М.: Мир, 1968. 232 с.)

FEYNMAN R.P. QED the Strange Theory of Light and Matter. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1985. (Перевод: Фейнман Р. КЭД – странная теория света и вещества. М.: Наука, 1988. 144 с.)

GREEN M.B., SHWARZ J.H., WITTEN E. Superstring Theory. V.1. Introduction. Cambridge, N.Y., New Rochelle, Melbourne, Sydney: Cambridge University Press, 1986. (Перевод: Грин М., Шварц Дж., Виттен Э. Теория суперструн. Т.1. Введение. М.: Мир, 1990. 518 с.)

GREENE B. The Elegant Universe. Superstrings, Hidden Dimensions, and the Quest for the Ultimate Theory. N.Y.: Vintage Books, 1999. (Перевод: Грин Б. Элегантная Вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории. М.: Едиториал УРСС, 2004. 288 с.)

GUTHRIE F. On approach caused by vibration // Phil. Mag. 1870. V.39. P. 309; V.40. Pp. 345-354.

HICKS W.M. On the problem of two pulsating spheres in fluid // Proc. Camb. Phil. Soc. 1880. V.3. Pp. 276-285.

LEAHY A.H. On the pulsations of spheres in an elastic medium // Trans. Camb. phil. Soc. 1889. V.14. Pp. 45-62.
LEVICH A.P. Generating Flows and a Substantional Model of Space-Time // Gravitation and Cosmology. 1995. V.1. №3. Pp. 237-242.
MILNE E.A. Kinematic Relativity. Oxford, 1948. 239 p.
NEWTON I.S. Philosophiae Naturalis Principia Mathematica. L., 1687. (Перевод: Ньютон И. Математические начала натуральной философии. М.: Наука, 1989. 688 с.)
NEWTON I.S. Methodus fluxionum et seriarum infinitarum // Opuscula mathematica, philosophica et philologica, t.1. Lausaannae et Genevae, 1774. (Перевод: Ньютон И. Метод флюксий и бесконечных рядов с приложением его к геометрии кривых // Ньютон И. Математические работы. М.-Л.: ОНТИ, 1937.)
PEARSON K. Ether squirts // Am. J. Math. 1891. V.13. Pp. 309-362.
PERKINS D.H. Introduction to high energy physics. 3-d edition. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1987. (Перевод: Перкинс Д. Введение в физику высоких энергий. М.: Энергоатомиздат, 1991. 429 с.)
POINCARE H. Les limits de la loi de Newton // Bull. Astron. 1953. V.17. Pp. 121-269.
ROSEVEARE N.T. Mercury's Perihelion from Le Verrier to Einstein. Oxford: Clarendon Press, 1982. (Перевод: Роузвер Н.Т. Перигелий Меркурия. От Леверье до Эйнштейна. М.: Мир, 1985. 246 с.)
TOMPSON W., TAIT P.G. Natural Philosophy. Cambridge, 1890.

Скейлинг как фундаментальное свойство собственных колебаний вещества и фрактальная структура пространства-времени

Х. Мюллер

University of Global Scaling LLC, Santa Fe / New Mexico, USA
Institute of Space Energy Research Ltd., Munich, Germany

В 1795 году Карл Фридрих Гаусс открыл логарифмическую инвариантность в распределении простых чисел. Гаусс доказал, что количество простых чисел p(n) во множестве натуральных чисел до числа n определяется законом $p(n) \cong n / \ln(n)$. Знак равенства имеет место в пределе $n \to \infty$. Логарифмическая инвариантность их распределения является единственным нетривиальным свойством всех простых чисел.

В 1967 / 68 годах Фейнман и Бьёркен[1] открыли феномен логарифмической масштабной инвариантности (скейлинг) в физике высоких энергий, а именно в распределениях барионных резонансов в зависимости от их массы покоя.

Профессор Московского университета Симон Э. Шноль[2] обнаружил скейлинг в тонкой структуре гистограмм различных физических и химических процессов, в том числе в процессах радиоактивного распада и в тепловых шумовых процессах. В работах с 1967 по 1998 годов[3] он показал, что масштабная инвариантность тонкой структуры гистограмм является общим свойством стохастических процессов, которое не зависит от природы процесса.

В 1950-е годы Бено Гутенберг и Чарльз Рихтер впервые показали, что существует логарифмически инвариантная закономерная зависимость между количеством и амплитудами (энергией) землетрясений. Закон Гу-

---

[1] Feynman R. P. Very High-Energy Collisions of Hadrons, Phys. Rev. Lett. 23 (1969), 1415
Bjorken J. D. Phys. Rev. D179 (1969) 1547

[2] Шноль С. Э. Конформационные колебания макромолекул. // в сб. Колебательные процессы в биологических и химических системах. М. Изд. Наука с. 20-41 (1967)

[3] Шноль С. Э. Макроскопические флуктуации с дискретным распределением амплитуд в процессах различной природы. // в : Итоги Науки и Техники Молекулярная биология, т.5 М. ВИНИТИ, ред. В. П.Скулачев с. 130-200 (1985)
Shnoll S. E., Kolombet V. A., Pozharski E. V., Zenchenko T. A., Zvereva I. M., Konradov A. A., Realization of discrete states during fluctuations in macroscopic processes, Physics Uspekhi 41 (10) 1025 - 1035 (1998)

тенберга-Рихтера[4] убедительно доказывает наличие скейлинга в сейсмологии.

В 1981 году Леонид Л. Численко[5] опубликовал работу о логарифмической масштабной инвариантности в статистических распределениях количества биологических видов в зависимости от размеров и масс организмов. Численко показал, что на логарифмической шкале размеров организмов участки высокой плотности распределения биологических видов повторяются через 0,5 единиц десятичного логарифма.

В 1984 году Кнут Шмидт-Нильсон[6] опубликовал работу о логарифмической инвариантности процессов обмена веществ (метаболизма) в биосистемах. Еще в 19 столетии Эрнст Вебер и Густав Фехнер открыли скейлинг в физиологии восприятия. Они показали, что органы чувств логарифмируют интенсивность внешнего раздражения: интенсивность ощущения пропорциональна логарифму от интенсивности раздражения. Закон Вебера-Фехнера имеет место не только для слуха, но и для зрения, для обоняния и для тактильного чувства.

В 1981 году Алексей В. Жирмунский и Виктор Л. Кузьмин[7] опубликовали работу о логарифмической инвариантности критических уровней развития биологических процессов: эмбриогенеза, морфогенеза, онтогенеза.

В работах 1987 - 1989 годов нами[8] было показано, что логарифмическая инвариантность (скейлинг) является фундаментальным свойством собственных (резонансных) колебаний вещества. Разработанные нами методы оптимизации и прогнозирования технических процессов на основе анализа расположения физических характеристик колебательных процессов в спектре резонансных колебаний протонов получили европейские и международные патенты[9].

---

[4] Corral A. Universal local versus unified global scaling laws in the statistics of seismicity. // arXiv:cond-mat/0402555 v1 23 Feb 2004

[5] Численко Л. Л. Структура фауны и флоры в связи с размерами организмов. Изд. Московского университета, 1981

[6] Schmidt-Nielsen K., Scaling. Why is the animal size so important? Cambridge University Press, 1984.

[7] Жирмунский А. В., Кузьмин В. Л. Критические уровни в развитии биологических систем. Москва, Наука, 1982

[8] Мюллер Х. Общая теория устойчивости и объективные тенденции развития техники. В сб.: Применение законов развития и строения техники в поисковом конструировании. Волгоград, ВПИ, 1987

Мюллер Х. Суперустойчивость как закономерность развития технических объектов. В сб.: Закономерности техники и их применение. Волгоград-София, 1989

[9] European Patents

Nr. 05700308.9-2206-CH2005000013, Nr. 05759820.3-1237-CH2005000427,

Nr. 05759818.7-1267-CH2005000426, Nr. 05700352.7-2415-CH2005000057.

1. Логарифмическая инвариантность как фундаментальное свойство собственных колебательных процессов

Резонансные колебания гармонического осциллятора на собственной частоте обладают рядом особенностей:

1. Резонансные колебания требуют лишь минимальных энергетических затрат.
2. Резонансные колебания имеют минимальные потери. Это является следствием минимальных энергетических затрат необходимых на возбуждение собственных колебаний.
3. Резонансные колебания выполняют закон сохранения для потенциальной и кинетической энергии предельно строго. Это является следствием минимальных потерь.

Рассмотрим резонансные колебания связанных осцилляторов, приводящие к стоячим волнам и покажем, что такие колебания генерируют логарифмически фрактальные спектры.

Известно, что стоячая волна образуется только тогда, когда в направлении распространения волны среда конечна и имеет размер равный целочисленному кратному половины длины волны. Это правило имеет место для всех мод колебания.

Вследствие этого для данной моды с частотой f_0 собственного колебания всегда найдется другая мода с частотой f_1, для которой имеет место соотношение:

$$f_1 / f_0 = \mathbf{n},$$

где $\mathbf{n}$ есть целое число. Частоты f_k таких мод собственного колебания образуют экспоненциальный ряд:

$$f_k = f_0 \cdot \mathbf{n} \cdot \mathbf{n} \cdot \mathbf{n} \cdot \mathbf{n} \cdot \ldots = f_0 \cdot \mathbf{n}^k$$

Стало быть, эти моды собственного колебания образуют логарифмически фрактальный спектр. Рисунок 1 показывает ситуацию при $\mathbf{n} = 3$:

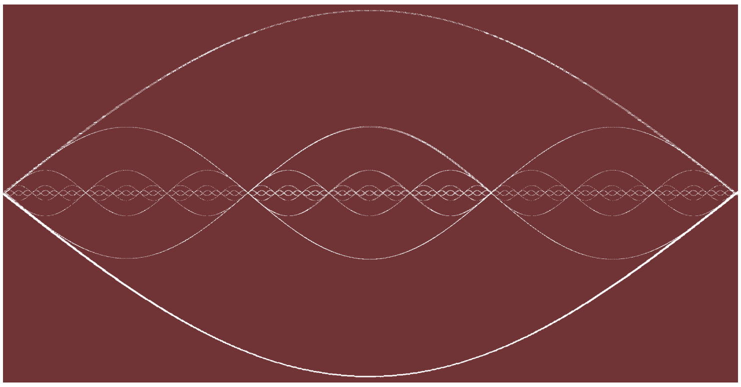


Рис. 1

Последнее высказывание имеет место для каждой выбранной моды собственного колебания. Следовательно, спектр любого собственного колебания складывается из некоторого множества логарифмически фрактальных спектров.

Вследствие фрактальности спектров мод собственных колебаний в узлах стоячей волны спектральная плотность максимальна. В тех районах среды где амплитуды мод колебания максимальны, частицы среды обладают максимальной кинетической энергией, а в узлах мод колебания кинетическая энергия минимальна. Таким образом, происходит фрактализация среды, образуются районы среды, где плотность частиц максимальна (в узлах).

Расстояние между узлами каждой моды собственного колебания равно половине длины волны. Следовательно, логарифмически фрактальный спектр частот мод собственного колебания порождает такое же логарифмически фрактальное распределение плотности частиц среды, причем это распределение совпадает с распределением спектральной плотности. В нашем примере **n** = 3 возникает фрактал Кантора[10] с фрактальной размерностью подобия Хаусдорфа[11] $D = \mathit{ln}\, 2 / \mathit{ln}\, 3 \cong 0{,}63$:

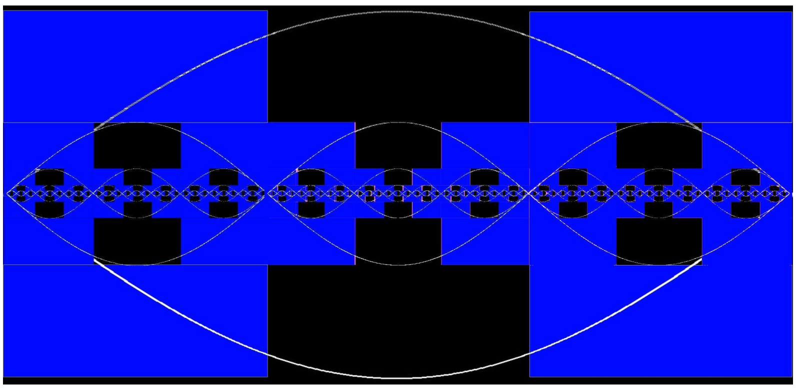


Рис. 2

[10] Georg Cantor. Über unendliche lineare Punktmannigfaltigkeiten. Math. Annalen, 1883
[11] Hausdorff F. Dimension und aeußeres Maß. Math. Annalen 79 (1919), S. 157 – 179

В фазах спектральной компрессии по мере приближения к какому-либо узлу возникает тенденция к слиянию частиц среды, в фазах спектральной декомпрессии по мере удаления от какого-либо узла возникает противоположная тенденция к рассеиванию частиц среды. Логарифмически фрактальная смена спектральной компрессии и декомпрессии влечет за собой логарифмически фрактальную смену плотных и неплотных структур в среде.

Учитывая их энергетическую эффективность, собственные колебания могут рассматриваться как наиболее вероятный механизм образования логарифмически фрактальных материальных структур.

В работах «О цепных дробях» (1737) и «О колебаниях струны» (1748) Леонард Эйлер сформулировал задачи, решение которых занимало математику в течение последующих 200 лет. Эйлер исследовал собственные колебания на модели безмассовой гибкой нити с бусинками. На основе этой задачи д'Ааламбер разработал свой метод интеграции для системы линейных дифференциальных уравнений. Даниил Бернулли сформулировал свою знаменитую теорему о том, что решение проблемы свободных колебаний струны может быть представлено как тригонометрический ряд, что привело к дискуссии между Эйлером, д'Аламбером и Бернулли, которая длилась несколько десятилетий. Позже Лагранж показал, как осуществляется предельный переход от решения проблемы колебаний бус к решению проблемы колебаний однородной струны. Полностью эта задача была решена Фурье в 1822 году.

Однако, непреодолимые трудности возникали все же с колебаниями нити с конечным числом бусинок. Эта задача приводит к функциям с дырками. После письма Чарльза Эрмита от 20 мая 1893 года, в котором он призывал исключить из математики «ужасную напасть функций без производных», Т. Стилтьес исследовал функции с негладкостями и нашел метод интеграции, который приводит к цепным дробям.

Еще Эйлер знал, что колебания сложных систем могут содержать и такие решения, которые не везде дифференцируемы. Эйлер оставил математически одаренным потомкам аналитический «монстр» - так называемые неаналитические функции (это понятие было сформулировано самим Эйлером). Неаналитические функции обеспечили занятость математиков вплоть до 20-го столетия, и после того как вызванный ими кризис математики уже казался преодоленным.

Этот кризис взял свое начало в 1875 году, когда Эмиль Гейнрих впервые доложил Реймонду о сконструированной Вейерштрассом гладкой, но недифференцируемой функции. Кризис длился приблизительно до 1925 года. Его главными актерами были Кантор, Пеано и Хаусдорф. В результате родился новая отрасль математики – фрактальная геометрия.

Наконец, в 1950 году Гантмахеру и Крейну[12] удалось решить эйлеровскую задачу о резонансных колебаниях нити с бусинками. Ленинградские математики рассматривали натянутую между бусинками нить как ломаную прямую. Именно этот незаурядный подход открыл им фрактальное видение ситуации. В результате им удалось найти общее решение двухсотлетней эйлеровской проблемы собственных колебаний нити с бусинками произвольной массы и произвольного распределения.

В работе «Осцилляционные матрицы, осцилляционные ядра и малые колебания механических систем» (Ленинград 1950) Гантмахер и Крейн показали, что цепные дроби Стилтьеса являются решениями уравнений движения Эйлера-Лагранжа для собственных колебаний цепных систем. Эти цепные дроби генерируют фрактальные спектры.

В том же 1950 году Оскар Перрон[13] опубликовал книгу «Учение о цепных дробях». Ахиезер[14] занимался цепными дробями в работе «Классическая проблема моментов и некоторые связанные с ней вопросы анализа» (Москва 1961). В работе «Метод цепных дробей» (Ленинград 1955) Терских[15] обобщил метод цепных дробей для анализа собственных колебаний разветвленных цепных систем. Хинчин раскрыл значение цепных дробей в арифметике и алгебре (Khintchine A. J. Continued fractions. University of Chicago Press, Chicago 1964). Работы Маркова, Хинчина, Тиле, Мэрфи, Хованского, Волла, Боднара, Кучминской, Скоробогатько и других математиков позволили разработать эффективные методы сложения и умножения цепных дробей.

2. Спектр собственных колебаний цепной системы гармонических осцилляторов

Основываясь на методе Гантмахера и Крейна[12] мы ищем спектр частот $\boldsymbol{f}$ собственных колебаний цепной системы гармонических осцилляторов в форме:

$$\boldsymbol{f} = \boldsymbol{f_0} \ \mathbf{exp(F)}$$

$\boldsymbol{f_0}$ есть собственная частота одного изолированного гармонического осциллятора, **F** есть некоторая цепная дробь Стилтьеса[16]:

---

[12] Гантмахер Ф. Р., Крейн М. Г. Осцилляционные матрицы, осцилляционные ядра и малые колебания механических систем. Ленинград, 1950

[13] Perron O. Die Lehre von den Kettenbruechen. 1950

[14] Ахиезер Н.И. Классическая проблема моментов и некоторые вопросы анализа, связанные с ней. Москва, 1961

[15] Терских В.П. Метод цепных дробей. Ленинград, 1955

[16] Stieltjes T. Recherches sur les fractions continues, Ann. de Toulouse, VIII-IX, 1894-1895

$$F = N_0 + \cfrac{Z}{N_1 + \cfrac{Z}{N_2 + \ddots + \cfrac{Z}{N_k}}}$$

Собственные колебания имеют минимальные потери и предельно строго выполняют закон сохранения для потенциальной и кинетической энергии. Этому требованию соответствуют цепные дроби Стилтьеса со следующими элементами:

$$\mathbf{Z = 2}$$
$$\mathbf{|\,N_0\,| = 0, 1, 2, 3, \ldots}$$
$$\mathbf{|\,N_{i>0}\,| = 1, 2, 3, \ldots}$$

Условие сходимости для цепных дробей Стилтьеса требует, чтобы

$$\mathbf{|\,N_{i>0}\,| \geq |\,Z\,| + 1}$$

Следовательно, спектральные аттракторы (области максимальной спектральной плотности) возникают для частных знаменателей $\mathbf{N_i}$ со значениями кратными трем.

Итак, цепная дробь Стилтьеса

$$N_0 + \cfrac{2}{N_1 + \cfrac{2}{N_2 + \ddots + \cfrac{2}{N_k}}}$$

с целыми элементами $\mathbf{N_0, N_1, N_2, \ldots N_к}$ генерирует логарифмически фрактальный спектр собственных частот цепной системы однотипных осцилляторов:

$$f = f_0\, e^{N_0 + \cfrac{2}{N_1 + \ddots + \cfrac{2}{N_k}}}$$

Следующий рисунок показывает процесс образования этого спектра для случая $\mathbf{N_0 = 0}$, $\mathbf{N_1 = 1, 2, 3, \ldots}$ (логарифмическое представление):

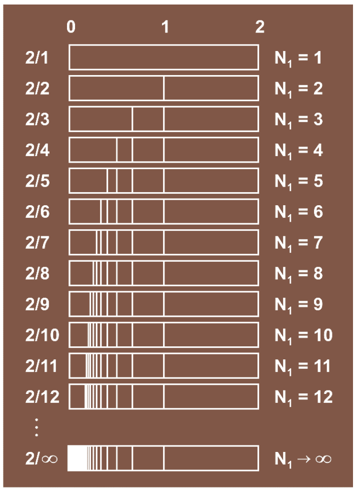


Рис. 3

Частные знаменатели $\mathbf{N_1}$ пробегают как положительные так и отрицательные целочисленные значения. Области максимальной спектральной плотности автоматически возникают на расстоянии в 3 целые логарифмические единицы друг от друга, где $N_0 = 3j$ ($j = 0, 1, 2, ...$) и $N_1 \to \infty$:

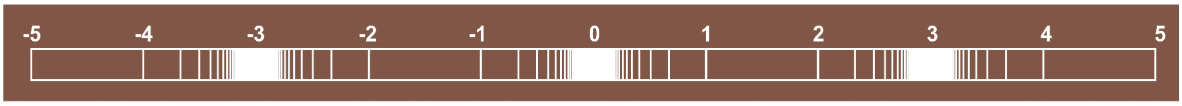


Рис.4

Для всех $| N_i | = 3j$ ($j = 1, 2, 3, ...$) спектральная плотность достигает локального (на слое i) максимума. В областях спектра от $| N_i | = 3j - 2$ до $| N_i | = 3j - 1$ для $i > 0$ спектральная плотность минимальна. Области минимальной спектральной плотности в дальнейшем мы будем называть дырками, области максимальной спектральной плотности будем называть узлами спектра.

В режиме собственных колебаний (нет возмущений) фазовый сдвиг спектра данной физической величины по отношению к спектру сопряженной с ней физической величины составляет $| \Delta\varphi | = 3/2$. Стало быть, в то время как первая физическая величина (например, разность электрических потенциалов) достигает максимума, другая (сопряженная с ней) величина (например, сила тока) достигает минимума:

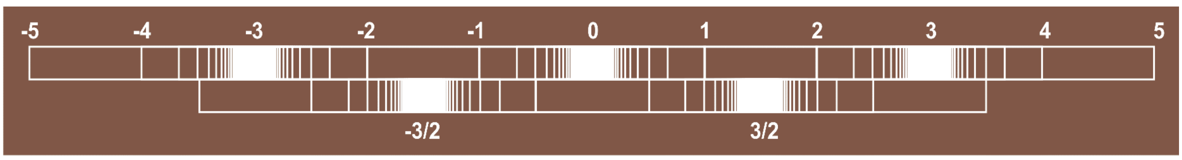


Рис. 5

Области перекрытия спектров закрашиваем зеленым цветом:

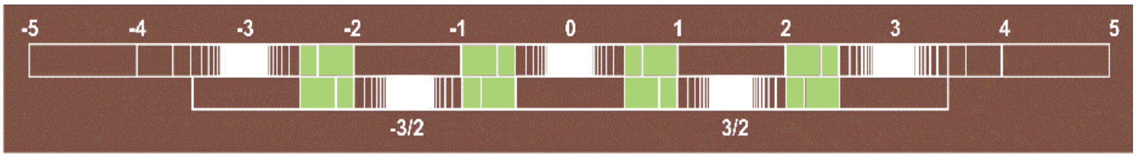


Рис. 6

Чем больше слоев спектра вычислено, тем четче вырисовывается его тонкая структура:

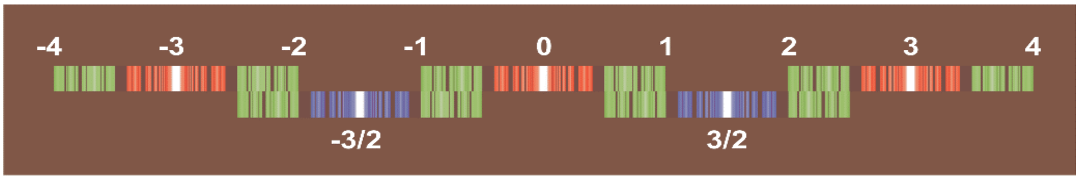


Рис. 7

Кратные трем свободные члены | N_0 | = 3j цепной дроби Стилтьеса маркируют главные узлы спектра, а кратные трем частные знаменатели | $N_{i>0}$ | = 3j маркируют подузлы спектра. Все остальные частные знаменатели | N_i | ≠ 3j маркируют края дырок:

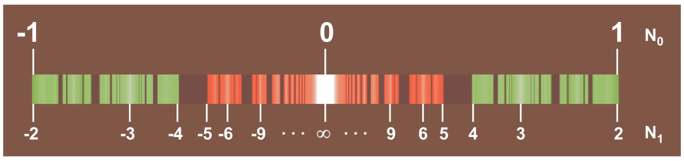


Рис. 8

Итак, логарифмированный спектр частот f собственных колебаний цепной системы связанных осцилляторов описывается следующей цепной дробью Стилтьеса:

$$ln\,(f/f_0) = \varphi + N_0 + \cfrac{2}{N_1 + \cfrac{2}{N_2 + \cdots + \cfrac{2}{N_k}}} = [\varphi + N_0;\, N_1,\, N_2,\, \ldots]$$

f_0 есть собственная частота одного изолированного осциллятора, фаза φ принимает значения 0 или 3/2, числа $\mathbf{N_0}$, $\mathbf{N_1}$, $\mathbf{N_2}$, ... принимают целые значения.

3. Спектр собственных колебаний цепной системы связанных протонов

Обычное вещество состоит из атомов. Атом состоит на более чем 99,9 процентов своей массы из нуклонов (протонов и нейтронов). Масса нейтрона отличается менее чем на 0,14 процента от массы протона. Поэтому в дальнейшем мы будем рассматривать спектр собственных колебаний цепной системы связанных протонов и покажем, что этот спектр в значительной степени определяет свойства собственных колебаний вещества.

Предположим, что логарифмированный спектр частот $\boldsymbol{f}$ собственных колебаний цепной системы связанных протонов описывается той же цепной дробью Стилтьеса:

$$\ln(f/f_P) = \varphi + N_0 + \cfrac{2}{N_1 + \cfrac{2}{N_2 + \ddots + \cfrac{2}{N_k}}} = [\varphi + N_0; N_1, N_2, \dots]$$

f_P = 1,425486...10^{24} Гц есть собственная частота протона, фаза φ принимает значения 0 или 3/2, числа $\mathbf{N_0}$, $\mathbf{N_1}$, $\mathbf{N_2}$, ... принимают целые значения. Кратные трем значения соответствуют узлам спектра, другие (целочисленные) значения соответствуют краям дырок.

Введем квантовую метрологию протона, основанную на физических свойствах протона, как масса покоя, элементарный электрический заряд и на фундаментальных физических постоянных, как скорость света в вакууме и постоянная Планка:

Табл. 1

внутренняя энергия протона	$E_p = m_p c^2$	9,38272... 10^8 эВ
масса покоя протона	m_p	1,672621... 10^{-27} кг
электрический заряд протона	e	1,6021764...10^{-19} К
длина волны протона	$\lambda_p = h / 2\pi\, m_p$	2,103089... 10^{-16} м
собственная частота протона	$f_p = c / \lambda_p$	1,425486... 10^{24} Гц
период собственных колебаний протона	$\tau_p = 1 / f_p$	7,01515... 10^{-25} сек

Масса покоя протона и собственная частота протона связаны между собой через постоянную Планка и скорость света в вакууме, т.е. через некоторые постоянные факторы пересчета одной единицы измерения в другую. С точки зрения метрологии, масса покоя $\mathbf{m_p}$ есть та же энергия $\mathbf{E_p = m_p c^2}$, только выраженная в других единицах измерения. Частота $\boldsymbol{f_p = c / \lambda_p = 2\pi}$

c $\mathbf{m_p}$ / *h* есть та же энергия $\mathbf{E_p = m_p\, c^2}$, только выраженная в других единицах измерения и т.д.

Поэтому мы можем рассматривать не только спектр частот, но и спектр периодов собственных колебаний, длин волн, масс и зарядов цепной системы связанных протонов. Все эти спектры изоморфны.

4. Локальные особенности спектра протонных резонансов и связанные с ними свойства колебательных процессов

В районах узлов, где спектральная плотность достигает максимума, частоты собственных колебаний расположены предельно плотно друг другу, так что вблизи узла почти любая частота является собственной (резонансной) частотой цепной системы протонов. Следовательно, если физическая характеристика колебательного процесса расположена вблизи какого-либо узла в спектре собственных колебаний протонов, то вероятность протонного резонанса высока. Вследствие того что вклад нуклонов в массу вещества составляет почти 100 процентов, следует ожидать, что вблизи узла в спектре собственных колебаний протонов вероятность возникновения турбулентностей в колебательных процессах вещества высока. В центре узла спектра собственных колебаний протонов спектральная компрессия переходит в декомпрессию (или наоборот), вследствие чего вероятность смены характера любого колебательного процесса возрастает. Наоборот, если физическая характеристика какого-либо колебательного процесса расположена в дырке спектра собственных колебаний протонов, то вероятность флуктуации и смены характера колебательного процесса низка. В дырке спектра собственных колебаний протонов вероятность протонного резонанса низка, а следовательно, низка и вероятность возникновения турбулентностей.

Таблица 2 показывает связь ожидаемых свойств колебательного процесса с расположением его физических характеристик в спектре протонных резонансов:

Табл. 2

Расположение физической характеристики колебательного процесса в спектре протонных резонансов	**Ожидаемая динамика физической характеристики колебательного процесса**
около узла	турбулентность малой амплитуды высокая вероятность флуктуации высокая вероятность смены тенденции

	высокая вероятность резонанса высокая энергетическая эффективность центр аккумуляции / роста
в дырке	ламинарность высокой амплитуды низкая вероятность флуктуации низкая вероятность смены тенденции низкая вероятность резонанса низкая энергетическая эффективность область распада / интенсивного роста
край дырки	турбулентность высокой амплитуды высокая вероятность флуктуации высокая вероятность смены тенденции высокая вероятность резонанса граница распада / роста
в «зеленой» области перекрытия противофазных участков спектра	ламинарность средней амплитуды средняя вероятность флуктуации средняя вероятность смены тенденции средняя вероятность резонанса средняя энергетическая эффективность область затухания / перехода

Следующая таблица показывает связь ожидаемых свойств колебательного процесса с направлением передвижения его физических характеристик в спектре протонных резонансов:

Направление передвижения физической характеристики колебательного процесса в спектре протонных резонансов	**Ожидаемая динамика физической характеристики колебательного процесса**
в направлении возрастающей спектральной плотности (спектральной компрессии)	возрастающая вероятность турбулентности возрастающая вероятность флуктуации

	возрастающая вероятность смены тенденции возрастающая вероятность резонанса
в направлении убывающей спектральной плотности (спектральной декомпрессии)	убывающая вероятность турбулентности убывающая вероятность флуктуации убывающая вероятность смены тенденции убывающая вероятность резонанса

Покажем связь свойств колебательного процесса с расположением его физических характеристик в фундаментальном спектре на фактическом материале.

5. Распределение экстремумов флуктуаций скорости радиоактивного распада в спектре протонных резонансов

В работах С. Э. Шноля[3] и его коллег (Институт Теоретической и Экспериментальной Биофизики РАН), посвященных феномену «макроскопических флуктуаций», особое внимание уделяется неслучайности тонкой структуры распределений (формы гистограмм) результатов измерений процессов разной природы.

Макроскопические флуктуации, это – закономерное изменение тонкой структуры распределений результатов измерений скоростей процессов разной природы – от биохимических реакций до радиоактивного распада. Исходным экспериментальным материалом, используемым при исследовании эффекта макроскопических флуктуаций, являются временные ряды величин флуктуаций в протекании процессов различной природы. Свойства эффекта не зависят ни от природы процесса – носителя шумов, ни от типа самого шумового процесса.

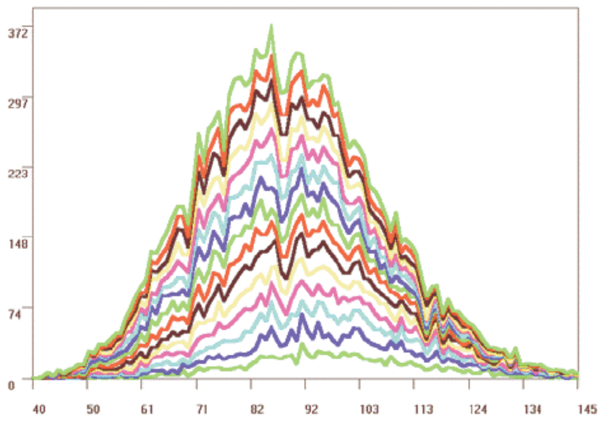


Рис. 9

На рисунке 9 представлено распределение результатов 15000 измерений α-активности препарата Pu 239, неподвижно укрепленного на полупроводниковом детекторе[3]. Продолжительность одного измерения 6 сек. На рисунке по оси абсцисс отложены величины радиоактивности (имп/6сек). По оси ординат - число измерений с данной величиной α-активности. Средняя активность около 90 имп/6 сек. «Слоевые» линии проведены через каждые 1000 измерений.

Видно наличие относительно узких экстремумов – некоторые значения измеряемой величины оказываются более вероятными, чем другие. Эта «полиэкстремальность» не обусловлена недостаточно большим числом измерений – по мере увеличения числа измерений дискретность также растет – увеличиваются высоты пиков и глубины впадин. Это явление не обусловлено и «статистической инерцией»: при одновременных или близких по времени измерениях гистограммы данной формы независимо повторяются.

Благодаря статистической устойчивости феномена «полиэкстремальности» мы можем анализировать распределение экстремумов радиоактивности в спектре протонных резонансов. Радиоактивность от 56 до 132 импульсов в 6 сек соответствует от 9 до 22 импульсов в секунду. Соответствующий участок спектра частот протонных резонансов показан на следующем рисунке 10:

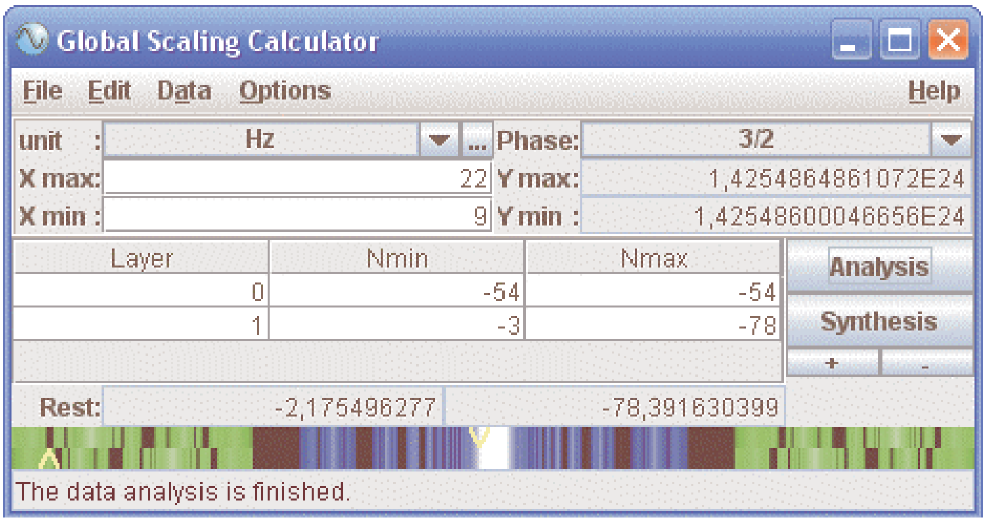


Рис. 10

Рисунок 10 показывает поверхность пользователя софта[17] „Global Scaling Calculator“ специализированного для определения расположения физических характеристик колебательных процессов в спектре частот

[17] Mueller H. Scaling in der Softwareentwicklung. // Raum und Zeit, Ehlers Verlag, Muenchen-Wolfratshausen, Nr. 112, (2001)

собственных колебаний цепной системы связанных протонов. Желтые стрелки в спектре показывают положение частот 9 и 22 Гц в фундаментальном спектре. Видно, что в диапазоне от 9 до 22 Гц в спектре протонных резонансов расположена только одна большая дырка (черного цвета). Так как в диапазоне частот 9 и 22 Гц в спектре протонных резонансов нет более крупных дырок, то в соответствии с таблицей ожидаемых свойств колебательных процессов можно ожидать, что вблизи границ этой дырки амплитуды флуктуации максимальны. Рисунок 11 показывает частотные границы этой дырки:

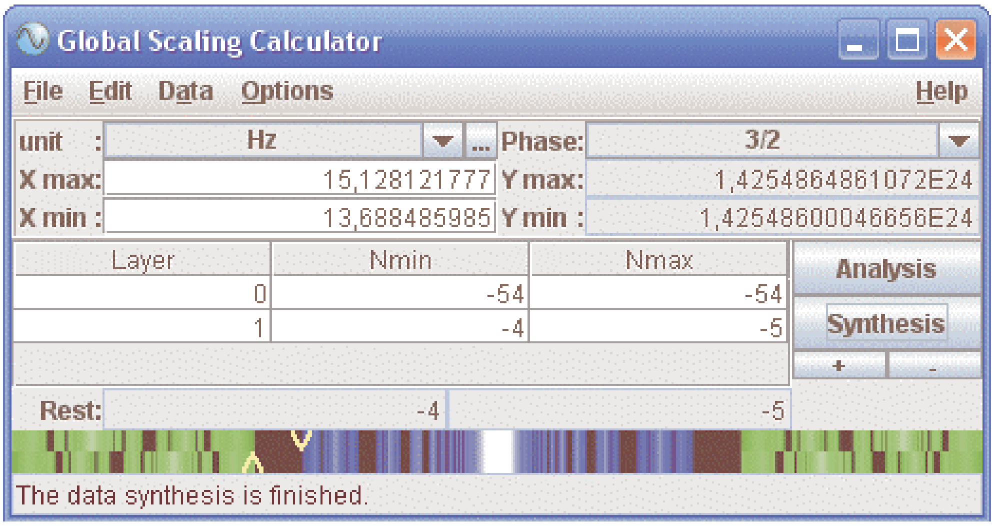


Рис. 11

Границы дырки маркируют частоты в 13,7 и 15,1 Гц, что соответствует 83 и 92 импульсам в 6 секунд. Около 83 и 92 имп/6 сек амплитуда флуктуации радиоактивности действительно достигает максимума.

Распределение локальных экстремумов в «слоистых» гистограммах радиоактивности хорошо совпадает с распределением локальных особенностей спектра частот собственных колебаний цепной системы связанных протонов. Это дает нам основание предположить, что стабильность тонкой структуры «слоистых» гистограмм радиоактивности пробы Pu 239 является следствием локальных особенностей спектра частот собственных колебаний связанных в ядрах пробы Pu 239 протонов.

При огрублении гистограммы – увеличении величины разряда (шага) – полиэкстремальность нивелируется[3]. Полиэкстремальность не противоречит подчинению процесса радиоактивного распада статистике Пуассона: существующие статистические критерии согласия гипотез нечувствительны к тонкой структуре таких гистограмм. Вывод о неслучайности этой тонкой структуры следует из сходства формы независимо получаемых гистограмм. Относительная узость «пиков» и «впадин» означает, что полиэкстремальность не является следствием вероятностных причин: ширина этих экстремумов в соответствии со статистикой Пуассона должна быть порядка среднеарифметической. Значения среднеарифметических для соседних экстремумов очень близки и соответствующие распределения оказались бы взаимно перекрыты[3].

6. Зависимость свойств биофизических колебательных процессов от расположения их физических характеристик в спектре протонных резонансов

Деление спектра длин волн электромагнитного излучения на видимый и невидимый инфракрасный и ультрафиолетовый свет основано исключительно на особенностях восприятия зрением. Стало быть, это деление основано на резонансном поведении вещества зрительного нерва. Другие особенности инфракрасного света (по сравнению с видимым светом) также проявляются исключительно при взаимодействии света с веществом, которое на 99,9 процентов своей массы состоит из нуклонов. Следующий график показывает положение спектров длин волн видимого, инфракрасного и ультрафиолетового света в спектре протонных резонансов:

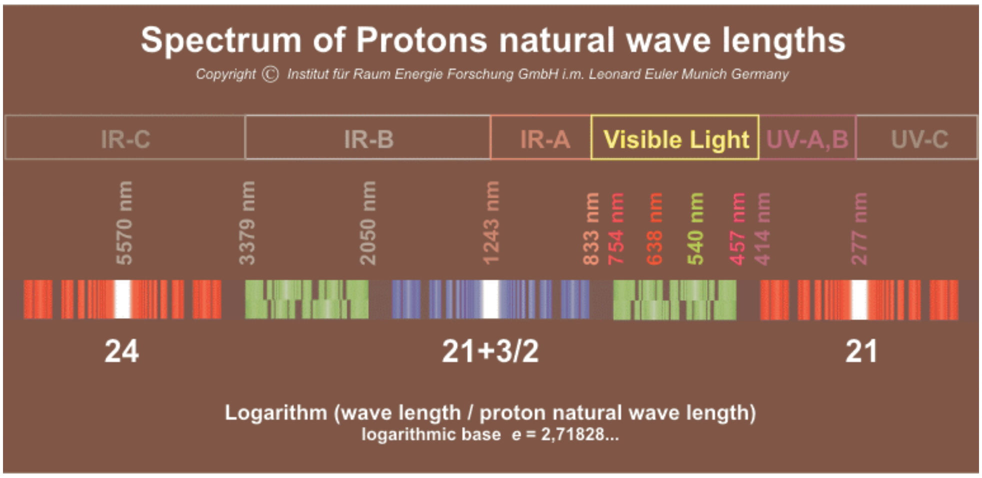


Рис. 12

Видно, что зрение приспособилось к восприятию света в полосе длин волн, относящихся к ламинарной «зеленой» зоне собственных колебаний протонов, захватывая обе дырки слева и справа от этой зоны. В этой зоне также находятся максимумы спектра поглощения хлорофилла и гемоглобина.

Инфракрасный А и ультрафиолет А,В занимают полосы одинаковой логарифмической ширины слева и справа от полосы видимого света, что является следствием логарифмической инвариантности (скейлинга) фрактального спектра собственных колебаний протонов. Границы этих полос совпадают с положением главных узлов [21+3/2] = 1243 нм и [21] = 277 нм в спектре протонных резонансов. Длина волны 1243 нм в узле [21+3/2] совпадает с минимумом в инфракрасном спектре поглощения эукариотических клеток. По этой причине инфракрасное окно около 1243 нм используют для дистанционного наблюдения за биологическими объектами, например, с высоты околоземной орбиты. Длина волны 277 нм в узле [21+3/2] совпадает с максимумом в ультрафиолетовом спектре поглощения прокариотических клеток. Поэтому ультрафиолетовое окно около 277 нм используют, например, для эффективной дезинфекции с помощью источника ультрафиолетового света.

7. Влияние протонного резонанса на активность биохимических процессов

С целью проверки справедливости предположений о биохимической активности ряда частот протонных резонансов, с 2004 по 2007 годы в лаборатории биохимии клетки Института Теоретической и Экспериментальной Биофизики РАН, г. Пущино, под руководством проф. Кондрашовой М. Н.[18] исследовалось влияние модулированного красного и инфракрасного света на активность сукцинатгидрогеназы в митохондриях лизосомов клеток крови млекопитающих.

В результате этих исследований удалось показать, что например, свет модулированный частотой 101 Гц оказывает высоко эффективное регулятивное воздействие на активность сукцинатгидрогеназы в митохондриях. Этот фермент сжигает янтарную кислоту в митохондриях. Этот процесс является наиболее важным источником энергии клетки. Уровень активности сукцинатгидрогеназы в митохондриях является надежным критерием состояния здоровья.

Частота 101 Гц близка к резонансной частоте оптических рецепторов эукариотических клеток и соответствует главному узлу [-51] в спектре собственных колебаний протонов. Поэтому мы предположили, что модулированный этой частотой свет должен оказывать существенное влияние на протекание энергетически важных биохимических процессов в клетке. Это предположение полностью подтвердилось. На основе проведенных исследований нами был разработан прибор „ProtoLight“ для терапевтического применения.

[18] Kondrashova M.N., Zinchenko V.P. Mechanism of auto-oscillations in mitochondria based on modulations of succinate dehydrogenase activity. // www.pubmed.gov

8. Классификация небесных тел Солнечной системы в зависимости от расположения их физических характеристик в спектре протонных резонансов

По сравнению с окружающим их космическим пространством небесные тела (звезды, планеты, луны, астероиды) представляют собой достаточно плотные скопления материи, состоящие на более чем 99 процентов своей массы из нуклонов. Поэтому можно ожидать, что распределение небесных тел в спектре масс протонных резонансов неслучайно. Рисунок 13 показывает, что это действительно так:

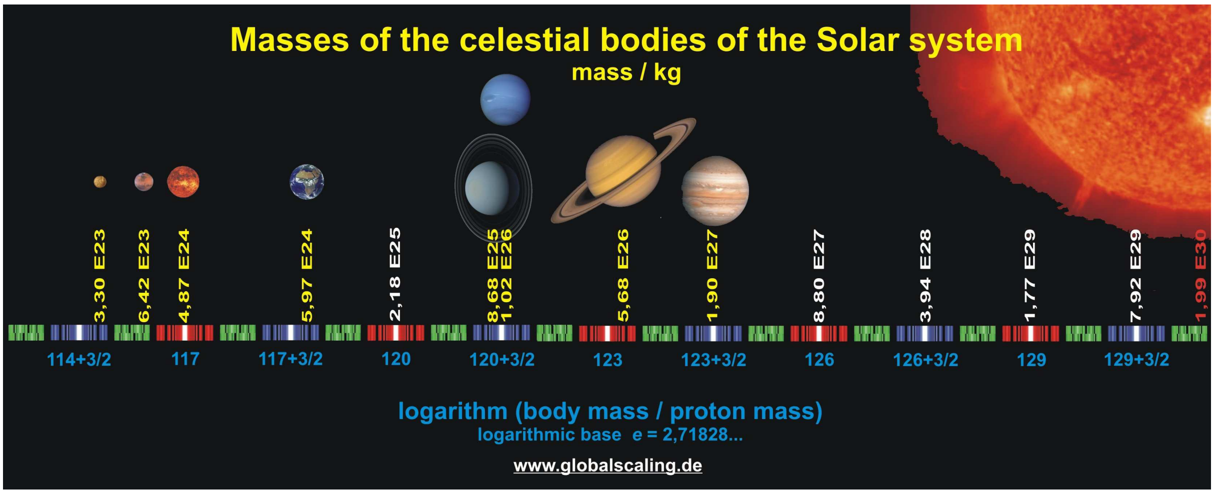


Рис. 13

Массы Меркурия, Венеры, Земли, Нептуна, Урана, Юпитера и Сатурна расположены близко к узлам в спектре масс протонных резонансов. Тем не менее заметны некоторые особенности: В то время как Венера и Юпитер практически находятся в узлах спектра, остальные небесные тела расположены более или менее далеко от узлов. В особенности это относится к Солнцу и к Марсу. Они расположились в зеленых областях спектра.

В соответствии с таблицей 2 теперь мы можем оценить динамику колебательных процессов происходящих внутри небесного тела исходя из расположения его массы в спектре масс протонных резонансов.

Например, характер колебательных процессов внутри Венеры с высокой вероятностью должен быть турбулентным, что подтверждается экстремально высокой сейсмической активностью Венеры. Сейсмическая активность Земли значительно ниже, а на Марсе она практически отсутствует. Солнце проходит относительно спокойную стадию звездной эволюции. Масса Солнца находится в ламинарной зеленой зоне спектра масс протонных резонансов. Напротив, колебательные процессы внутри газовых гигантов должны быть достаточно турбулентными, что косвенно подтверждается их собственным свечением и атмосферными вихревыми образованиями.

Вакантные узлы в спектре масс протонных резонансов, с большой вероятностью, в других звездных системах, могут быть заняты небесными телами. В этом смысле Солнечная система представляет собой частный случай распределения небесных тел в спектре масс протонных резонансов. Таким образом, спектр масс протонных резонансов позволяет предсказать возможные распределения масс небесных тел в звездных системах. Возможно, что газовый гигант CoRoT-Exo-2b является кандидатом на узел [126], а планета Gliese 581d, возможно, является кандидатом на узел [120].

Рисунок 14 показывает распределение размеров небесных тел Солнечной системы в спектре длин волн протонных резонансов:

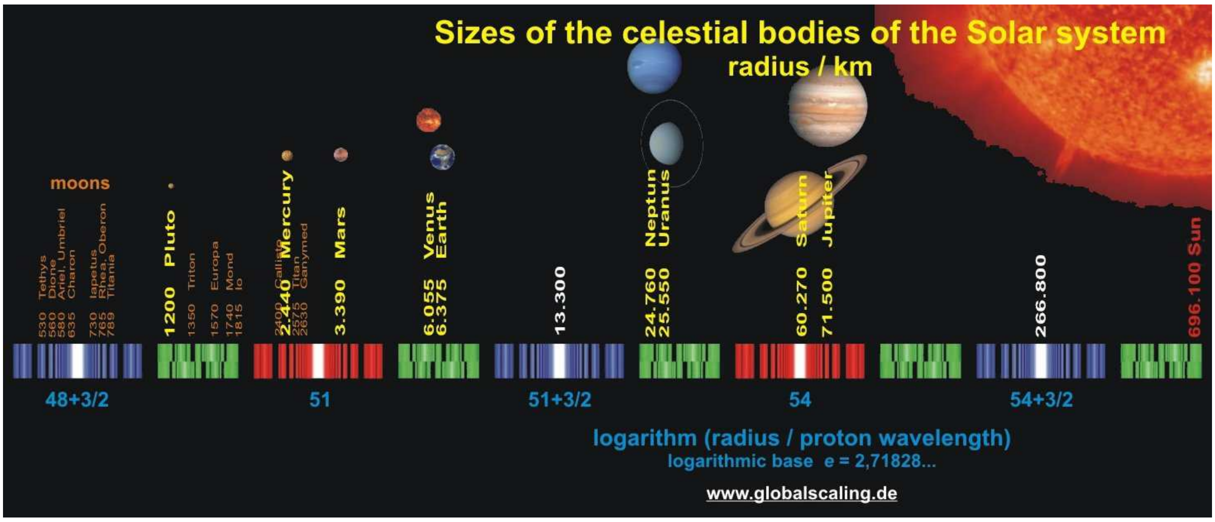


Рис. 14

Интересно что положение Солнца качественно не изменилось: оно по-прежнему находится на периферии зеленой зоны. Следуя таблице 2, можно ожидать ламинарное поведение Солнца и в отношении изменения его размера. Если же размер солнечного диска превзойдет отметку 725.300 км, что соответствует концу зеленой зоны, то Солнце сначала будет проходить фазу стремительного увеличения размера до отметки 801.500 km, что соответствует концу дырки в спектре протонных резонансов, а затем Солнце перейдет в турбулентную фазу эволюции.

Дальнейшее бурное увеличение размеров Земли или Венеры маловероятно. В рамках нашей модели вероятность того, что Земля и Венера когда-то имели размер Марса, достаточно высока. Вероятность того что сам Марс когда-либо достигнет размера Земли, достаточно мала, так как масса Марса находится в зеленой области затухания (см. рис. 13). В отношении ожидаемой эволюции их размера газовые гиганты Юпитер и Сатурн существенно отличаются от Нептуна и Урана. Юпитер и Сатурн, с большой вероятностью, будут бурно расти в то время как Нептун и Уран еще очень долго не будут менять своих размеров.

Рисунок 15 показывает распределение размеров орбит (средних расстояний от центра Солнца) небесных тел Солнечной системы в спектре длин волн протонных резонансов:

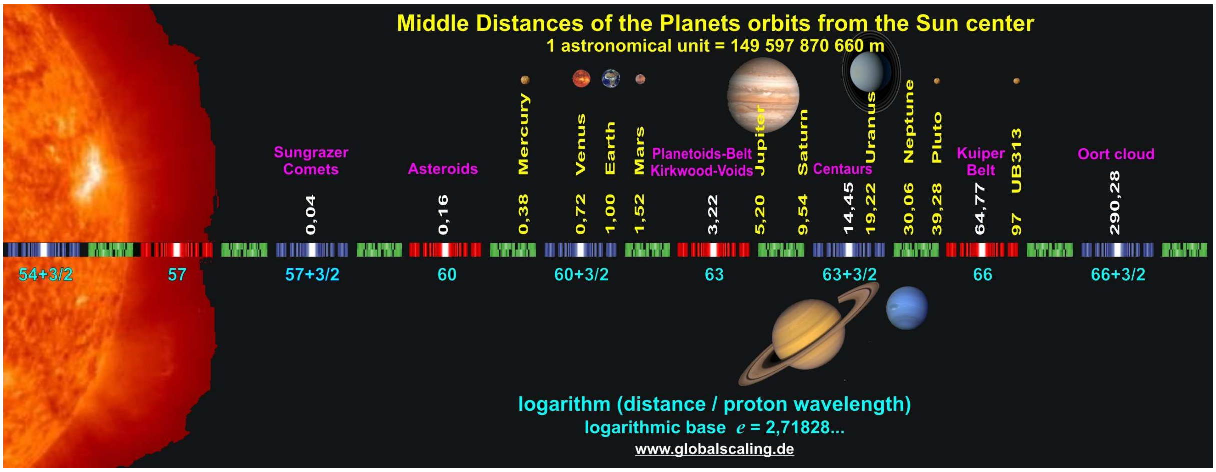


Рис. 15

Практически во всех узлах спектра расположены пояса астероидов или других мелких небесных тел, что по-видимому является следствием процессов аккумуляции материи на средних расстояниях от центра Солнца, соответствующих узлам спектра длин волн протонных резонансов. Только Венера занимает узловую орбиту, и это с высокой точностью. Возможно, что это обстоятельство является причиной идеальной круговой орбиты Венеры и синхронизации периодов обращения и вращения. Орбита Земли более эллиптическая, а орбиты Меркурия и Марса в зеленых зонах сильно эллиптические.

Заключение

Логарифмически фрактальное строение материи во всех масштабах – от атома до Солнечной системы – может быть понято как следствие собственных (резонансных) колебательных процессов. Именно характер этих процессов, по-видимому, определяет пространственно-временные масштабы. Вполне возможно, что фундаментальные асимметрии и нарушения симметрий являются свойствами линейных проекций логарифмически фрактальных структур. Вероятно, экспоненциальное расширение вселенной также является следствием логарифмической инвариантности и не нуждается в привлечении темной энергии. Возможно, что и трехмерность линейного пространства является лишь свойством линейной проекции e = 2,718...-мерного фрактального многообразия необходимого для осуществления резонансных колебательных процессов.

Благодарности

Автор выражает благодарность О.М.Калинину (Санкт Петербургский госуниверситет) за многолетнее обсуждение математической части, С.Э.Шнолю, В.А.Панчелюге и В.А.Коломбету за неоднократное обсуждение физической части, М.Н.Кондрашовой, С.И.Заичкиной, О.М.Розановой (ИТЕБ РАН) за обсуждение биофизической части и проведение экспериментальных исследований.

II. Дискуссии

Соотношение программ бинарной геометрофизики и теории физических структур

Ю. С. Владимиров

Физический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова

Исходным импульсом для развития бинарной геометрофизики послужили работы, посвященные проблеме совмещения принципов общей теории относительности и квантовой теории, или, как ее нередко называют, проблеме квантования гравитации [1]. Неэффективность исследований, продолжающихся с 20-х годов прошлого века, имеет глубокие корни и кроется в наших представлениях о пространстве и времени. Предпринятый анализ оснований общей теории относительности и разработка ее аксиоматики выявили комплекс базовых представлений, которые мы закладываем в понятие пространства и времени. Однако, как выразился один из коллег, «аксиоматика - это не шевелюра, а только прическа». Поэтому решение поставленной проблемы предполагает радикальное изменение нашего понимания сущности пространства и времени. С этой целью были проанализированы возможные изменения общепринятых аксиом, в частности, метрических, размерности пространства-времени, топологии и ряда других (см. [2]).

Рассмотрение различных метафизических подходов [3], в рамках которых за истекший период формулировались теории и программы, позволило выделить три вида парадигм, отличающихся заложенными в них представлениями о пространстве и времени. Это геометрическое миропонимание, объединяющее общую теорию относительности и многомерные геометрические модели типа теорий Калуцы и Клейна, теоретико-полевое миропонимание, лежащее в основе квантовой теории поля, и реляционное, представленное теориями прямого межчастичного взаимодействия А. Фоккера, Р. Фейнмана, Ф. Хойла и ряда других авторов.

Изучение данной проблематики привело к необходимости решения более глубокой задачи: вывода пространственно-временных представлений (отношений) из неких физических закономерностей, проявляющихся в физике микромира. Возникшая идея макроскопической природы классического пространства-времени (см. статью автора в данном сборнике) со всей очевидностью не согласовывалась с теоретико-полевым или геометрическим миропониманиями, поскольку они изначально опираются на пространственно-временное многообразие. Дальнейшая работа в избранном направлении могла быть продолжена лишь на основе реляционного миропонимания (см. [4]), т. е. в рамках концепции дальнодействия, развивавшейся в трудах Г. Лейбница, Э. Маха, Р. Фейнмана и других авторов.

Программа построения макроскопической теории пространственно-временных отношений потребовала поиска некой (реляционной) предгеометрии, которая непосредственно была бы связана с физикой микромира и в то же время не опиралась на классические пространственно-временные представления. Необходимые математические средства для построения предгеометрии содержались в теории физических структур (ТФС), предложенной в 60-е годы Ю. И. Кулаковым [5, 6] и развитой Г. Г. Михайличенко [5, 7, 8].

Однако, теория физических структур строилась Кулаковым, исходя из иных соображений: "Задача состоит в том, чтобы найти единый закон, по которому все известные (и, возможно, еще неизвестные) фундаментальные уравнения или фундаментальные физические законы, лежащие в основании автономных разделов физики, (?) - законы геометрии, механики, теории относительности, термодинамики, постоянных и переменных токов, теории электромагнитного поля, квантовой механики, статистической физики, теории тяготения, теории элементарных частиц, - вытекали бы единственно возможным образом как следствия из одного и того же источника при тех или иных дополнительных условиях" [6. с. 136]. Теория физических структур включает в себя философскую (методологическую), математическую и прикладную (физическую) части. (Более подробно суть программы и ее результаты изложены в следующей статье данного сборника.)

В рамках программы теории физических структур Ю. И. Кулаков сделал два замечательных открытия. Первое состояло в представлении ряда геометрий с группами симметрий, – геометрий Евклида, Лобачевского, геометрий с постоянной положительной кривизной (Римана), симплектической и ряда других, – в реляционном виде, т. е. на основе закона для парных отношений (метрики) между точками (элементами) геометрии, который находился из постулата фундаментальной (феноменологической) симметрии между всеми элементами (точками) множества. А второе, наиболее важное, с нашей точки зрения, – в открытии структур на двух множествах элементов, благодаря чему были получены своеобразные бинарные геометрии, которые строятся по тем же самым правилам, что и обычные (унарные) геометрии на одном множестве элементов. Эти геометрии мало кому известны, несмотря на то что по этой тематике имеется значительный объем публикаций, защищено несколько диссертаций и написан ряд обстоятельных книг [5-8].

Одна из основных причин невнимания к работам Кулакова состоит, с нашей точки зрения, в том, что полученные в них результаты представляют интерес лишь для исследователей, придерживающихся реляционного миропонимания, т. е. использующих концепцию дальнодействия, а таковых немного. Подавляющее большинство физиков-теоретиков работает в рамках либо теоретико-полевой, либо геометрической парадигмы, т. е. опираются на концепцию близкодействия. Вторая причина заключается в том, что Ю.И. Кулаков и его ученики ограничились применением теории физических структур для переформулировки задач классической (общей) физики: второго закона Ньютона, закона Ома, начал термодинамики, закона толстых линз и других, которые, как правило, воспринимаются как неактуальные. И, наконец, восприятию физических структур, трактовавшихся в духе неоплатонизма, препятствовали соображения идеологического (философского) характера.

Но теория бинарных физических структур оказалась подходящей для построения искомой предгеометрии, прежде всего, в силу ее реляционного характера и отказа от априорно заданных классических пространственно-временных представлений. Существенным представляется и то обстоятельство, что бинарные структуры оказались пригодными для описания как непрерывных, так и дискретных совокупностей элементов. Кроме того, было показано, что от бинарных геометрий можно перейти к общепринятым унарным геометриям путем своеобразной «склейки» элементов двух множеств.

Однако развитие программы бинарной геометрофизики потребовало принципиального изменения трактовки (понимания сути) бинарных геометрий, что позволило существенно расширить круг решаемых задач. Кроме того, был внесен ряд корректив и обобщений в математический аппарат теории структур, которые в итоге предложено называть бинарными системами отношений. Перечислим главные этапы в развитии бинарной геометрофизики.

1. Прежде всего, пришлось отказаться от статической интерпретации бинарных структур как женского и мужского начал или как отображения восточных символов Инь и Ян. В бинарной геометрофизике два множества элементов предлагается трактовать как состояния систем в два момента времени - начальном и конечном. При таком понимании *бинарная система отношений оказалась теорией элементарного звена произвольного процесса перехода системы из одного состояния в другое.*

2. Интерпретация бинарных систем отношений в виде элементарного звена процесса сразу же позволила выйти на закономерности, описываемые квантовой теорией и физикой микромира. Как известно, в квантовой механике рассматриваются вероятности переходов микросистем между множествами неких состояний. Эти переходы можно трактовать через бинарные системы отношений, где *парные отношения между элементами*

двух множеств (возможными состояниями) имеют смысл составляющих амплитуды вероятности переходов.

3. Применение бинарных систем отношений в физике микромира привело *к обобщению теории физических структур на случай комплексных парных отношений*. Известно, что теория структур в группе Кулакова строилась на базе вещественных парных отношений, причем этому факту придавалось принципиальное значение, т. к. полагалось, что парные отношения соответствуют наблюдаемым величинам. В бинарной геометрофизике используется бинарная система комплексных отношений (БСКО), причем этому также придается принципиальное значение: в физике микромира амплитуды вероятностей описываются комплексными числами.

4. На первых же этапах развития бинарной геометрофизики было показано, что широко используемые в квантовой теории поля *2-компонентные спиноры характеризуют элементы простейшей невырожденной бинарной геометрии (БСКО) ранга (3,3)*. Для них имеет место 6-параметрическая группа преобразований, соответствующая группе Лоренца. В этом усматривается *проявление в предгеометрии прообраза 4-мерности и сигнатуры классического пространства-времени*.

5. В бинарной геометрофизике *переход к БСКО более высокого ранга означает использование своеобразного бинарного многомерия*. Анализ минимального обобщения на случай БСКО ранга (4,4) показывает, что оно может рассматриваться как бинарный аналог 5-мерной (унарной) геометрической модели Калуцы. При этом имеет место далеко идущая аналогия бинарного и унарного многомерий, позволяющая естественным образом перейти к обобщению теории 2-компонентных спиноров на случай 3-компонентных *финслеровых спиноров*. Через дополнительную компоненту спиноров можно описать электрический заряд частиц, подобно тому, как в 5-мерной теории Калуцы дополнительная компонента импульса имеет смысл электрического заряда.

Отметим, что в теории физических структур Кулакова отсутствуют взаимодействия, проявляющиеся через внутренние закономерности теории, поэтому на ее основе можно рассматривать лишь геометрии с симметриями.

6. Согласно проведенному анализу, в рамках БСКО ранга (6,6) открывается возможность построения предгеометрии, *отражающей ключевые закономерности как теории сильных (хромодинамики), так и электрослабых взаимодействий*. В этой теории прообразом общепринятых лагранжианов (действия) является своеобразный объем бинарной геометрии, из которого выделяются слагаемые, описывающие как совокупность вектор-векторных взаимодействий элементарных частиц, так и массовые слагаемые.

7. На базе предгеометрии, описываемой БСКО ранга (6,6), – а точнее, ее упрощенных вариантов в виде БСКО рангов (3,3) или (4,4)), – *возможно построить макроскопическую теорию классических пространственно-временных отношений путем наложения (суммирования) вкладов от огромного числа процессов в окружающем мире, каждый из которых описывается своей БСКО.*

Отметим, что в идеологии ТФС подобная задача не имеет смысла, поскольку поставлена цель переинтерпретации законов физики (найденных и еще не найденных) через одну из унарных или бинарных структур любого из возможных рангов. В понимании Кулакова «незачем ломиться в открытую дверь», т. к. для 3-мерной геометрии Евклида или одномерного времени подобная переинтерпретация уже осуществлена на базе унарных физических структур рангов (5) и (3).

8. Бинарная геометрофизика позволяет переформулировать ранее построенную теорию прямого межчастичного электромагнитного взаимодействия Фоккера-Фейнмана и записать принцип Фоккера для двух электромагнитно взаимодействующих частиц через комбинацию парных отношений: пространственно-временного и токового. В данном подходе, *помимо электромагнитного, описывается также гравитационное взаимодействие,* которое в основном приближении соответствует общей теории относительности. Кроме того, в этой теории естественным образом описывается вклад в парные взаимодействия со стороны частиц окружающего мира, что принято трактовать как *проявления принципа Маха*.

Что же касается программы ТФС, то в ней не замечена связь с теорией прямого межчастичного взаимодействия Фоккера-Фейнмана и не раскрыта перспектива описания гравитационного взаимодействия, поскольку эта теория нацелена лишь на описание геометрий с симметриями. Последние не включают искривленные пространства, используемые в общей теории относительности.

Более подробно содержание бинарной геометрофизики изложено в нашей книге «Основания физики» [4], а содержание и результаты теории физических структур - в монографии Кулакова «Теория физических структур»[6].

Принципиальное различие программ бинарной геометрофизики и ТФС имеет методологический (метафизический) характер. Теория Ю. И. Кулакова восходит к представлениям Платона о мире идей, поэтому полагается, что система найденных унарных и бинарных физических структур различных рангов вскрывает закономерности мира идей (мира высшей реальности или «горнего» мира). Что же касается нашего «дольнего» мира, то он представляет собой лишь тени мира «горнего». Отсюда и идеология переформулировки физических законов через структуры как первичные идеи мира высшей реальности. Неудивительно, что в своих выступлениях

Кулаков, как правило, использует известный платоновский образ пещеры и костра, вокруг которого танцует женщина, олицетворяющая мир идей. При этом физики-теоретики, изучающие природу, уподобляются человеку, который судит о женщине лишь на основе видимой им на стене тени и, следовательно, не имеет истинного представления о мире высших идей.

В бинарной геометрофизике отсутствует какой-либо мир идей, отдельно существующий от физического мира, и ее идеология скорее отражает позицию Аристотеля, ставившего во главу угла не статический мир высших идей, а описание реальных движений. В частности, согласно аристотелевскому пониманию, движущееся тело не может находиться сразу в двух возможных состояниях: в прошлом и будущем. Обязательно должно быть нечто третье, что их связывает и тем самым определяет переход от возможности к действительности. Эти же соображения положены в основание как бинарной геометрофизики, так и квантовой механики. На тесную связь философии Аристотеля и сущности квантовой механики обращал внимание один из ее создателей В. Гейзенберг, писавший, "что понятие возможности, которое играет решающую роль в философии Аристотеля, в современной физике снова заняло центральное положение. Математические законы квантовой теории можно рассматривать просто как количественную формулировку аристотелевских понятий «дюнамис» или «потенция»" [9, с. 393].

Различие физических теорий, развиваемых в рамках разных метафизических парадигм (в частности, теоретико-полевого, геометрического или реляционного миропониманий), показывает, насколько важен выбор метафизических предпосылок для построения теории или программы. Это может проявляться и в рамках одного и того же миропонимания, примером чему является различие программ бинарной геометрофизики и ТФС.

В заключение хотелось бы выразить искреннюю благодарность Ю. И. Кулакову и его ученикам за плодотворное сотрудничество, отразившееся, в частности, в проведении ряда летних школ по ТФС и в издании совместной книги [10], в которой нашли отражение основные положения сформулированной Кулаковым теории физических структур и наши работы по созданию бинарной геометрофизики. В этом издании уже прослеживались расхождения в развиваемых программах, но они не мешали дальнейшему сотрудничеству.

Литература

1. Владимиров Ю.С. Квантовая теория гравитации //В кн. «Эйнштейновский сборник 1972». М.: Наука, 1974, с. 280-340.

2. Владимиров Ю.С. Геометрофизика. М.: Изд-во БИНОМ (Лаборатория знаний), 2005, 600 с.

3. Владимиров Ю.С. Метафизика. М.: БИНОМ (Лаборатория знаний), 2003, 536 с.
4. Владимироов Ю.С. Основания физики. М.: Изд-во БИНОМ (Лаборатория знаний), 2008, 456 с.
5. Кулаков Ю.И. Элементы теории физических структур (Дополнение Г.Г.Михайличенко). Новосибирск. Изд-во Новосиб. гос. ун-та, 1968.
6. Кулаков Ю.И. Теория физических структур. М.: 2004, 848 с.
7. Михайличенко Г.Г. Математический аппарат теории физических структур. Горно-Алтайск: Изд-во Горно-Алтайского гос. ун-та, 1997, 144 с.
8. Михайличенко Г.Г. Полиметрические геометрии. Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. ун-та, 2001, 144 с.
9. Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое. М.: Наука, 1989.
10. Кулаков Ю.И., Владимиров Ю.С., Карнаухов А.В. Введение в теорию физических структур и бинарную геометрофизику. М.: Изд-во «Архимед», 1992, 184 с.

О Мире первичной реальности – очевидном, загадочном и невероятном

Ю. И. Кулаков

Новосибирский государственный университет

Перед нами стоит необычная задача, требующая от нового поколения огромных знаний, смелости, большого личного мужества и верности своим идеалам – опираясь на всё богатство знаний, накопленных человечеством, построить Единую научно-теологическую Картину Мира.

1. О необходимости Единой картины Мира

Я хотел бы начать с одной притчи о Шартрском соборе:

Один путник оказался на месте строительства Шартрского собора. Обратившись к одному из строителей, он спросил его: “Что ты делаешь?” “Тачку тяжелую качу, будь она неладна!” – ответил он. С подобным же вопросом он обратился к другому и услышал в ответ: “Зарабатываю на хлеб семье.” Когда же он спросил третьего, то тот с гордостью ответил: “Я строю Шартрский собор!”

Нельзя всерьёз заниматься основами науки, и в частности основами физики, вслепую, не имея перед собой “генерального плана Вселенной”.

Шартрский собор предстаёт перед нами как символ Единства Мира. Рабочий только тогда чувствует себя строителем Шартрского собора, когда он имеет перед собой план собора в целом. Без него он простой каменщик, зарабатывающий на хлеб семье тяжёлым повседневным трудом.

С чего начинается строительство собора? Очевидно, с проекта. Ведь недаром Евангелие от Иоанна начинается словом: “В начале было слово!”

Для чего строится Шартрский собор? Для одних Шартрский собор – символ единства Мира, для других – мост между человеком и Богом. И сейчас настало время не разбрасывать, а собирать камни.

И в этом плане наука и религия устремлены к одной и той же цели.

Вот что писал о религиозном умонастроении один из крупнейших религиозных философов XX века Семён Франк:

Религия всегда означала веру в реальность абсолютно-ценного, признание Начала, в котором слиты воедино реальная сила бытия и идеальная правда духа. Религиозное умонастроение сводится именно к сознанию космического, **сверхчеловеческого значения высших ценностей**, и всякое мировоззрение, для которого идеал имеет лишь относительный человеческий смысл будет нерелигиозным и антирелигиозным, какова бы не была психологическая сила сопровождающих его и развиваемых им аффектов (С. Франк, стр. 83–84).

Созвучными с только что сказанным звучат слова Альберта Эйнштейна: “Самое прекрасное и глубокое переживание, выпадающее на долю человека – это **ощущение таинственности**. Оно лежит в основе религии и всех наиболее глубоких тенденций в искусстве и науке. Тот, кто не испытал этого ощущения, кажется мне, если не мертвецом, то во всяком случае слепым. Способность воспринимать то непостижимое для нашего разума, что скрыто под непосредственным переживанием, чья красота и совершенство доходят до нас лишь в виде косвенного слабого отзвука – это и есть религиозность. В **этом** смысле я религиозен. Я довольствуюсь тем, что с изумлением строю догадки об этих тайнах и смиренно пытаюсь мысленно создать далеко не полную картину совершенной структуры всего целого” (А. Эйнштейн, т. IV, с. 176).

И дальше: “Индивидуум ощущает ничтожность человеческих желаний и целей с одной стороны, и возвышенность и чудесный порядок, проявляющийся в природе и в мире идей, – с другой. Он начинает рассматривать свое существование как своего рода тюремное заключение и лишь всю Вселенную в целом воспринимает как нечто единое и осмысленное... Религиозные гении всех времён были отмечены этим космическим религиозным чувством, не ведающим ни догм, ни бога, сотворенного по образу и подобию человека... Один из наших современников сказал, и не без основания, что в наш материалистический век серьёзными учёными могут быть только глубоко религиозные люди.” (А. Эйнштейн, т. IV, с. 37–39)

С самого начала мы исходим из того, что объективно существующий Мир не исчерпывается миром эмпирической действительности, миром воспринимаемым нашими органами чувств, даже многократно усиленными современными приборами.

Необходимо признать существование другого, особого, гораздо более информационно ёмкого мира — Мира первичной реальности, тенью которого (в платоновском смысле) и является вся наша видимая Вселенная.

2. Образ платоновской пещеры

Чтобы наглядно проиллюстрировать соотношение между Миром первичной реальности и тем, что мы называем материальным миром (миром эмпирической действительности, вещественным физическим миром, миром "реальном" в бытовом смысле слова) представим себе большую платоновскую пещеру, в центре которой горит костёр, перед ним танцующую женщину и нас, сидящих спиной к костру и к женщине и наблюдающих за причудливыми движениями теней на стене пещеры.

В этой наглядной модели костёр и женщина олицетворяют реально существующий, хотя и невидимый, мир, а тени на стене — материальные объекты, т. е. ту самую "бытовую" реальность, "которая дана человеку в ощущениях его".

Таким образом, согласно этой модели материальные объекты представляют собой лишь размытую, подвижную, возникающую и исчезающую тень от незримых, но в каком-то смысле слова более реальных своих прообразов.

Итак, физический мир, в котором мы живём и который воспринимается нами посредством наших органов чувств (mundus sensibilis) является чем-то вторичным, производным от другого, особого, незримого, но более фундаментального мира – Мира первичной реальности (mundus archetypus) объективно существующего независимо от нашего сознания.

Как в своё время писал Николай Кузанский: "Все наши мудрые и божественные учителя сходились на том, что видимое поистине есть образ невидимого и что творца таким образом можно увидеть по творению как бы в зеркале и подобии" (Николай Кузанский. Сочинения в двух томах. т. 1, М., Мысль, 1979, с. 64).

Эту же мысль высказывает отец Сергей Булгаков: "Мир... так и остаётся только только тенью Абсолютного" (о. С. Н. Булгаков, Свет невечерний. Созерцание и умозрение. М. 1917, с. 178)

Однако невозможно переоценить значение для человека этого вторичного "материального" мира – мира теней. Дело в том, что наблюдая за поведением теней, можно восстановить, хотя бы частично, облик танцующей женщины. Или, другими словами, именно существование размытого, подвижного, изменчивого физического мира позволяет осуществлять чувственно-эмпирическое познание объективно существующего, хотя непосредственно и ненаблюдаемого Мира первичной реальности.

3. Эйдосы и субэйдосы

Итак, каждый материальный объект $\tilde{i}$ принадлежащий к миру эмпирической действительности, имеет свой идеальный прообраз i в Мире первичной реальности.

Следуя традиции идущей от Платона, будем называть идеальный прообраз i материального объекта $\tilde{i}$ **эйдосом**[1]

Но важно понять, что в Мире первичной реальности наряду с эйдосом существуют такие объекты – **субэйдосы**, для которых нет образов в мире материальной действительности.

Рассмотрим, например, конечное целое число N. Материальным образом для него в мире эмпирической действительности является совокупность, рассматриваемая как единое целое, состоящая из N материальных предметов. С другой стороны, в мире материальной действительности не существует объектов, являющихся образом трансцендентных (как e и π) даже иррациональных (таких как $\sqrt{2}$) чисел.

Другими словами, вообще говоря, в Мире первичной реальности существуют идеальные объекты отбрасывающие тень на стенку эмпирической действительности (эйдосы) и объекты (субэйдосы), не имеющие теней.

Сравнение мощности множества натуральных чисел и множества действительных чисел позволяет сделать предположение, что мера множества эйдосов в Мире первичной реальности равна нулю, т. е. другими словами, субэйдосов в Мире первичной реальности несоизмеримо больше, чем эйдосов. И тем не менее, именно наличие эйдосов позволяет человеку, опираясь на конечное число фактов в мире эмпирической действительности, проникнуть в Мир первичной реальности и обнаружить там богатейший мир согласованных между собой субэйдосов, многочисленные отношения которых между собой, называемые математическими структурами, и составляют основу всей математики.

[1]эйдос (от греч. $\varepsilon i\delta o\zeta$ — образ) — умопостигаемый прообраз материального объекта, его трансцендентная форма, его "идея".

Согласно платоновской теории идей мир вещей действителен лишь постольку, поскольку связан определённым соотношением с миром идеальных эйдосов, т. е. каждая вещь является как бы "плоской тенью" соответствующего многомерного эйдоса.

4. О природе математических объектов

Как известно, существует довольно распространённая точка зрения, согласно которой математика является лишь средством упорядочения человеческого разума. Согласно этой точке зрения нет математики вне самого человека, как нет вне человека ни натуральных, ни действительных чисел, ни дифференцируемых многообразий, ни групп Ли, ни расслоенных пространств, нет ничего кроме "материи данной нам в ощущения..." Что ж, в этом случае остаётся только удивляться "непостижимой эффективности математики" при описании "единственно существующего вне сознания материального мира".

Признание и легализация объективно существующего Мира первичной реальности кардинальным образом меняет точку зрения на природу математических объектов и самой математики.

Согласно этой точке зрения, в основе которой лежат платоновские идеи, объективно, независимо от человека, существует множество объектов не материальной природы – субэйдосов.

Между субэйдосами существуют определённые типы отношений, которые устанавливаются конечным числом аксиом. Эти типы отношений называются фундаментальными или порождающими математическими структурами les structures – méres (Н. Бурбаки ...). К настоящему времени известно три типа таких "атомарных" структур:

алгебраические структуры,

структуры порядка и

топологические структуры.

Все остальные структуры могут быть получены в результате определённой суперпозиции *les structues nultipes* (частичного наложения) этих трёх "атомарных" структур, но не просто совмещённых друг с другом (что не дало бы ничего нового), а органически скомбинированных при помощи нескольких связывающих их аксиом (Бурбаки с. 255). В результате возникает единое здание математики, все части которого согласованы между собой.

Среди всех субэйдосов выделяется особое подмножество – подмножество субэйдосов, в принципе допускающих непосредственную физическую интерпретацию в терминах эмпирической действительности, т. е. подмножество эйдосов.

С одной стороны эйдосы находятся в многочисленных отношениях со всеми остальными субэйдосами, образующими единое здание всей математики, уже открытой и ещё не открытой, а с другой стороны между эйдосами и объектами материального мира, существует вполне определённое соответствие.

В результате этого поведение и свойства объектов материального мира определяются самыми разнообразными математическими структурами, в том числе и ещё не открытыми, объективно существующими в Мире первичной реальности.

С другой стороны, становится понятным и сам процесс познания окружающей действительности: немногочисленные эйдосы – субэйдосы, допускающие непосредственную физическую интерпретацию в терминах эмпирической действительности, являются теми самыми потайными дверцами, калитками или каналами, через которые физики проникают из мира материальной действительности в поистине “райский сад субэйдосов” – в Мир первичной реальности. И проблема “непостижимой эффективности математики” при описании мира физических явлений отпадает сама собой, так как идеальные математические объекты входя в качестве существенной составляющей в объективно существующий Мир первичной реальности, сами являются важной, хотя и неосязаемой, и незримой частью реального Мира.

Недаром некоторые великие физики, в том числе Гейзенберг, считавший себя последователем Платона, называют математику квинтэссенцией Реальности. Гейзенберг полагал, что математический порядок, точнее математические структуры, объективно существуют в материи и являются её важнейшей сущностью [Философия и мистика (Полемика П. С. Гуревича с английским физиком Д. Бомом) // Ежегодник философского общества СССР, М., “Наука”, 1991, с. 115].

5. О существовании двух качественно различных уровней знания

С точки зрения Теории физических структур основания Теории относительности и Квантовой механики выглядят до неприличия просто. Однако эта простота лишь кажется таковой. За ней стоит необходимость пересмотра всего здания современной физики с основания до самой вершины.

Чтобы понять глубинную сущность фундаментальных законов, лежащих в основании традиционной физики, изложенной в знаменитом многотомном курсе Ландау, необходимо признать, что существуют **два**

качественно различных уровня знания – уровень “федеральных программ” (общих, глобальных, “горних”, аподиктических[2] , абстрактных, сакральных) и уровень законов “региональных” (частных, локальных, “дольних”, ассерторических[3], наглядных, антропных).

Образно говоря, федеральные законы – первичные законы Мироздания – можно увидеть лишь издалека, с большого расстояния, с помощью абстрактного субтелескопа, стараясь увидеть весь Мир целиком и сразу;

региональные законы традиционной физики, напротив, нужно рассматривать с близкого расстояния с помощью абстрактного субмикроскопа, стараясь рассмотреть все детали и все подробности единичного явления.

Таким образом, между федеральными и региональными законами Мироздания, вообще говоря, тесно связанными между собой, существует, тем не менее, глубокая пропасть. Чтобы преодолеть эту пропасть, разделяющую традиционную физику (“физику Ландау”) и Теорию физических структур, нужно сначала увеличить этот разрыв, то есть подняться с уровня традиционной теоретической физики на ещё более высокой уровень математической абстракции, исключив из теоретической физики все интуитивные, расплывчатые и неопределённые физические понятия.

На первый взгляд может показаться, что лишая традиционную физику её “физического смысла”, мы тем самым делаем физику бессодержательной. Но недаром при изучении космоса выносят “хабблы” за пределы земной атмосферы. Точно так же, если мы хотим открыть принципиально новые глобальные законы Мироздания, то мы должны искать их на другом, **более высоком уровне математической абстракции**, свободном от всяких мешающих физических ассоциаций.

Таким образом, вопреки общепризнанному мнению, космические – федеральные законы, лежащие в основании Теории физических структур, по большому гамбургскому счёту, принципиально отличны от земных – региональных законов традиционной физики.

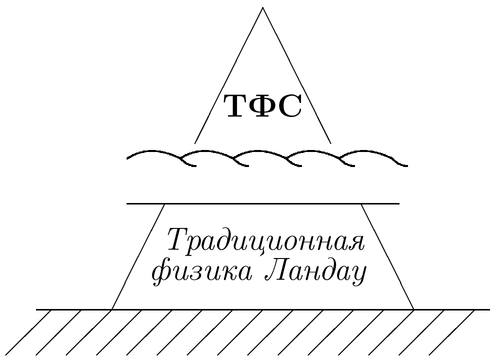
И только после того, как все мы откроем, изучим и поймём строение **Первичных законов Мироздания**, мы, обогащённые новым Знани-

[2]*аподиктический* [от гр. apodeiktikos достоверный] – основанный на логической необходимости, неопровержимый, внеэмпирический, внеисторический, вечный, сакральный.

[3]*ассерторический* [от лат. assertorius утвердительный] – суждение, в котором лишь утверждается какой-либо факт, но не обосновывается его необходимость; случайный, временный, эмпирический, модельный, антропный.

ем, как аргонавты обогащённые золотым руном, сможем спокойно возвращаться к себе домой – в привычный мир теоретической физики, блестяще изложенной в многотомнике Ландау.

Ясно, что подняться на новый, более высокий уровень математической абстракции было бы невозможно без совместных усилий целой армии наших предшественников – античных мыслителей, учёных разных поколений, современных физиков и математиков.



Я считаю, что любое научное знание имеет иерархическое строение, то есть состоит из двух частей: небольшой “сингулярной” части, содержащей исходные, **первичные** понятия и исходные **первичные** принципы, и гораздо бóльшей части, содержащей многочисленные следствия из этих принципов.

И я не вижу ничего противоестественного в том, что ТФС – теория, специально созданная для построения оснований физики на принципиально новых **общефизических, первичных, сакральных** принципах, располагается на вершине виртуальной пирамиды отдельно от традиционной теоретической физики, изложенной в знаменитом многотомнике Ландау.

Что же касается моей одиозной “претензии на раскрытие замысла Бога”, в которой обвиняют меня некоторые читатели, то мне кажется довольно естественным, что создание уникальной Теории физических структур, основанной не на “наглядном физическом смысле”, а на основе чистой, сакральной математики, не может не вызвать у каждого мыслящего человека ощущения полураскрытой тайны, близкого к религиозному чувству.

Итак, из моей концепция **иерархического строения научного знания** следует деление всей теоретической физики на два качественно различных этажа – нижнего (регионального, антропного, ассерторического, наглядного в смысле существования “физического смысла”) и верхнего (федерального, сакрального, аподиктического, лишённого наглядного “физического смысла”):

И только после этого станет ясно, что ТФС не является математическим аппаратом для решения конкретных задач теоретической физики, а представляет собой детально разработанную **теорию классификации федеральных законов**, лежащих в основании **Мира первичной реальности** и порождающих хорошо известные всем региональные законы Мира материальной действительности.

6. Чистая математика как единственно надёжное основание современной физики

Я утверждаю, что основания физики, так же как и основания любой другой области знания, достойной высокого звания науки, не могут быть построены на основе чувственных антропных представлений. Здесь должна соблюдаться наивысшая “**стерильность**” при выборе исходных понятий. Единственным надёжным основанием физики может быть только чистая математика, освобождённая от всяких физических ассоциаций.

С этим, конечно, можно не соглашаться. Но сам факт существования вполне содержательной и эффективной Теории физических структур, в основании которой лежат чисто математические понятия и аксиомы, и лишь в самом конце приводится их физическая интерпретация, говорит о возможности такого подхода. Может показаться, что окончательное решение вопроса о первичных понятиях и принципах, лежащих в основании физики, в принципе невозможно, так как это будто бы будет означать конец всей физики. Я лишь замечу, что ТФС не только не *“представляет собой завершение физики”*, как думают многие физики. Наоборот, образно говоря, Теория физических структур является дверью, скрытой под ветхим холстом в каморке Папы Карло, ведущей в совершенно новый и ещё мало исследованный Мир первичной реальности. Другими словами, Теория физических структур, созданная сорок шесть лет тому назад усилиями пяти человек (Юрием Ивановичем Кулаковым, Геннадием Григорьевичем Михайличенко, Владимиром Хановичем Львом, Андреем Артёмовичем Симоновым и Владимиром Михайловичем Сараниным) представляет собой постоянно действующий обильный источник новых идей, позволяющий вывести теоретическую физику из затянувшегося кризиса.

7. Наличие качественно различных уровней знания позволяет распознать неправильно поставленные псевдопроблемы

Подавляющее большинство физиков, стоящих на материалистических позициях, не верит в существование абсолютной Истины; они признают лишь бесконечную последовательность сменяющих друг друга относительных истин. Это типичная точка зрения физика-теоретика, убеждённого в отсутствии каких-либо **качественно различных уровней знания**, убеждённого в существовании одних и тех же законов "на небе" и "на земле", то есть убеждённого в существовании одних и тех же законов у подножья пирамиды и на её вершине. Такой физик обрекает себя на вечные поиски решения задач, в принципе неразрешимых в рамках одного единственного нижнего этажа. Дело в том, что **многие проблемы, над которыми физики безуспешно бьются многие десятилетия, могут оказаться просто неправильно поставленными псевдопроблемами, в принципе неразрешимыми на данном этаже**.

- Так, вместо того, чтобы мучительно искать решение в радикалах алгебраического уравнения пятой степени на уровне традиционной школьной алгебры, нужно просто подняться на следующий этаж – на этаж теории групп, построить там соответствующую группу Галуа и получить однозначный ответ о разрешимости или неразрешимости в радикалах данного уравнения.

- Так, вместо того, чтобы оставаясь на уровне физики первого поколения строить теорию относительности, как сто лет назад, по образцу и подобию четырёхмерной псевдоевклидовой геометрии Минковского , то есть с помощью произвольно взятой мировой постоянной **c**, **фактически руками,** соединять между собой пространство и время, нужно просто подняться на следующий этаж – на этаж Физики второго поколения, осуществляющей с помощью мировых констант c , G , $\hbar$, k синтез уже известных самосогласованных математических структур предыдущего этажа, и там, опираясь на Теорию физических структур второго поколения, построить теорию относительности Эйнштейна, ничего не зная заранее ни о "принципе постоянства скорости света", ни о самом свете, ни о "конечной скорости распространения взаимодействий". Всё это должно возникнуть само собой как следствие из Теории физических структур второго поколения.

При этом автоматически, независимо от нашего желания, сами собой, появятся две постоянные: одна – хорошо известный интервал (или точнее, неизвестное до этого, собственное или “карманное” время τ^2_{ik}), другая – хорошо известная скорость света c (или точнее новая очень маленькая мировая постоянная $k = \frac{1}{c^2}$, играющая роль вполне определённого **веса суперпозиции**):

$$t^2_{ik;ab} - \tau^2_{ik} = k \ \ell^2_{ik;ab}$$

• Так, вместо того, чтобы оставаясь на уровне Физики первого поколения ломать голову над принципом неопределённости Гейзенберга и тесно связанной с ним туманной “квантовой теорией измерений”, нужно просто подняться на следующий этаж – на этаж Физики второго поколения, и там, опираясь на ТФС второго поколения построить квантовую механику, осуществив с помощью хорошо известной мировой постоянной Планка $\hbar$ (играющей роль определённого **веса суперпозиции**) синтез самосогласованного бесконечномерного гильбертова пространства с самосогласованной структурой релятивистской или нерелятивистской механики:

$$\varphi = \hbar \ S,$$

где φ – фаза комплексного вектора гильбертова пространства, S – функция действия.

• Точно так же следует поступить, рассматривая общую теорию относительности как результат суперпозиции с помощью хорошо известной мировой гравитационной постоянной G, (играющей роль определённого **веса суперпозиции**) двух самостоятельных объективно существующих, самосогласованных математических струтур – четырёхмерной псевдоримановой геометрии и тензора энергии-импульса:

$$R_{ik} - \frac{1}{2} \ g_{ik} R = \kappa \ T_{ik},$$

где $\kappa = \frac{8\pi G}{c^4}$ – эйнштейнова гравитационная постоянная

8. О перестройке всей теоретической физики на новых основаниях

Когда человек смотрит на мир с высоты птичьего полёта, ему действительно открываются за горизонтом новые, неизвестные ранее, области. Но он, естественно, уже не замечает отдельных деталей, составляющих основное содержание традиционной теоретической физики.

Всё дело в том, что между задачами, возникающими в рамках традиционной теоретической физики, и задачами, возникающими в рамках Теории физических структур, имеется глубокая, хотя и преодолимая, пропасть.

Тридцать лет тому назад, после доказательства Геннадием Григорьевичем Михайличенко его знаменитой теоремы о существовании и единственности физических структур различных рангов, я поставил перед собой задачу – перестроить всю теоретическую физику на новых основаниях, взяв за основу Теорию физических структур.

Набросав в виде черновых вариантов решение этой задачи для тридцати различных фундаментальных разделов физики и некоторых "школьных" разделов математики, я понял, что эта задача по плечу способным студентам физикам и математикам, если их немного научить и поднатаскать для этой цели.

И я до сих пор не оставляю надежды найти сорок (по числу недооформленных задач различной степени трудности) физиков и математиков (студентов, не обременённых написанием курсовых и дипломных работ, аспирантов и молодых учёных, не озабоченных написанием кандидатских или докторских диссертаций), чтобы набрать команду "матросов", готовых отправиться со мной на корабле под алыми парусами в только что открытый нами Мир первичной реальности, чтобы, вернувшись оттуда в хорошо знакомый и уютный мир "физики Ландау", привезти вместо золотого руна Новую теоретическую физику, перестроенную на основе Теории физических структур.

В своё время идею о перестройке теоретической физики на новых основаниях горячо поддержала Ольга Александровна Ладыженская – известный математик Божией милостью, подобная Софье Ковалевской, Зав. лабораторией математической физики ЛОМИ им. В.А.Стеклова, действительный член Российской АН: "Выступление Ю.И.Кулакова, его подход к анализу основных физических законов, а также полученные строго математически результаты геометрического характера произвели сильное впечатление своей оригинальностью и широтой охвата в духе лучших образцов натурфилософии прошлых веков, когда формировались основы существующих ныне разделов физики. Он не ограничился высказываниями общего характера о необходимости аксиоматизации физики (эта проблема поднималась Давидом Гильбертом и рядом выдающихся физиков прошлого века), а изложил программу исследований, положив в её основу понятие физической структуры, которую он чётко определил. Содержательность такой программы подтверждена теми результатами, которые получены им и Г.Г.Михайличенко в геометрии. Уже одни эти результаты показывают плодотворность идей Ю.И.Кулакова.

Но оригинальные и глубоко содержательные идеи и планы Ю.И.Кулакова пока недостаточно хорошо известны широким кругам физиков и математиков. Я думаю, что в связи с этим стоило бы организовать Новосибирскому университету Всесоюзную (а ещё лучше Международную) конференцию по аксиоматизации оснований физики, пригласив на неё ведущих учёных, интересующихся этой кардинальной проблемой. При этом заранее, до конференции, целесообразно опубликовать брошюру Ю.И.Кулакова с изложением его точек зрения на эту проблему и разослать её в различные научные физические и математические центры.

Я ознакомилась также с планами Ю.И.Кулакова написать серию книг, в которых он хочет последовательно изложить свою общую концепцию и её применение к различным разделам физики. План этот грандиозен и вряд ли под силу одному (пусть очень талантливому) человеку, имеющему лишь одного самоотверженного помощника (Г.Г.Михайличенко). Для его осуществления, мне кажется, надо привлечь талантливых энтузиастов из разных областей физики и математики, которые могли бы начать осуществлять намеченную Ю.И.Кулаковым программу под его руководством.

Физический факультет Новосибирского университета может гордиться, что в его стенах возникло и развивается столь принципиально важное и оригинальное направление".

Но при этом я открыл для себя совершенно новую науку – Физику второго поколения и все свои силы сосредоточил в этом новом направлении, так как ясно представил себе слишком короткий срок, оставленный мне для завершения главного дела всей моей жизни. Короче говоря, я предпочёл путь первооткрывателя в открытой мной области, лежащей на границе сакральной математики и сакральной физики, оставляя следующему поколению физиков и математиков вполне посильный труд по идейной перестройке всей теоретической физики на новых основаниях.

Среди существенных результатов, полученных за последние годы, я могу назвать открытие федеральных законов первого и второго рода, что позволило мне заново построить Теорию относительности на новых основаниях.

Открытие в рамках Теории физических структур федеральных законов второго рода позволило значительно расширить области приложения ТФС как в области физики, так и в области чистой математики.

Если в традиционной теоретической физике допускается использование любых математических понятий и методов, образующих в сочетании с целым множеством туманных и неопределённых физических понятий большой колхозный рынок на базарной площади, где по-дешёвке можно приобрести ту или иную антропную модель, то в задачах, возникающих в рамках Физики второго поколения, речь идёт только об одной, достаточно простой, и в то же самое время удивительно богатой, **самосогласованной математической структуре**, названной мной *физической структурой*, не загруженной неопределённым и туманным "физическим смыслом". И только в самом конце, когда строго получен окончательный математический результат, возникает возможность дать этому результату простую и ясную физическую интерпретацию.

9. О великих предшественниках

Теперь о предшественниках. Удивительная особенность Теории физических структур состоит в том, что когда я стою на плечах великих предшественников, она позволяет мне лучше увидеть и понять сущность сделанных ими открытий и осуществить дальнейшее развитие их идей.

При этом мне даже неловко приводить полный список моих великих предшественников, великие идеи которых послужили для меня богатейшим материалом для понимания их сущности и их дальнейшего развития на основе Теории физических структур.

Если немного пофантазировать и представить себе встречу с моими предшественниками на просёлочной дороге в Мире иной реальности, то я думаю, что им было бы интересно посмотреть, как выглядит в начале XXI века дерево, посаженное ими в каком-то № *** году и узнать какие плоды даёт оно сейчас.

Я думаю, что

1. Евклиду (ок. 365 – ок. 300 до н.э.) и Давиду Гильберту (1862 – 1943) было бы интересно увидеть своё детище – знаменитую евклидову геометрию, естественным образом возникающую в рамках Теории физических структур и облачённую в элегантный костюм от кутюрье ТФС;

2. Рене Декарт (1596 – 1650) был бы приятно удивлён, когда узнал, что в программе ТФС декартова координата переживает в XXI году

свою вторую молодость – она стала в рамках ТФС одним из фундаментальных понятий не только аналитической геометрии, но и всей физики;

3. Герман Клаус Вейль (1885 – 1955), Израиль Моисеевич Гельфанд (р. 1913), и многие другие авторы многочисленных книг и учебников по линейной алгебре и аффинной геометрии не без интереса узнали бы, что “линейность” и “аффинность” могут быть введены в математику не только “руками” с помощью введения соответствующих аксиом, но и более естественным путём как единственные решения некоторого функционального уравнения, лежащего в основании ТФС;

4. Уильям Гамильтон (1805 – 1865), Доменик Араго (1786 – 1853), Август Фердинанд Мёбиус (1790 – 1868), Оливер Хевисайд (1850 – 1925), в разное время стоявшие над колыбелями новорождённых **векторов**, с удивлением узнали бы, что в одном малоизвестном семействе ТФС в начале XXI века у вектора появился один брат и две сестры, то есть родились одновременно четыре “субэйдоса”: два мальчика (вектор и криптовектор) и две девочки (точка и криптоточка) – две пары близнецов с двумя различными гипергеометрическими и криптометрическими числами;

5. Встреча с Исааком Ньютоном (1643 –1727) напоминала бы фантастическую встречу с необыкновенно гениальным ребёнком ясельного возраста в памперсах, решающего очень сложные задачи, возникающие в им же самим созданной механике, безо всяких формул и дифференциальных уравнений, опираясь только на античную математику – на многочисленные чертежи, конические сечения и на теорию пропорций $\frac{a}{b} = \frac{A}{B}$, известные ещё древним грекам; любопытно, что даже на этом “птичьем языке” пропорций обнаружилась физическая структура ранга (2,2) - $\frac{a_{\alpha i}}{a_{\alpha k}} = \frac{a_{\beta i}}{a_{\beta k}}$;

... далее Леонард Эйлер (1707 – 1783), Жозеф Луи Лагранж (1736 – 1813), Уильям Гамильтон (1805 – 1865), Карл Густав Якоби (1804 – 1851), Георг Симон Ом (1787 – 1854) , Андре Мари Ампер (1775 – 1836), Алессандро Вольта (1745 – 1827), Дмитрий Иванович Менделеев (1834 – 1907)[4], Альберт Эйнштейн (1879 – 1955), Герман Минковский (1864 – 1909), Герман Людвиг Гельмгольц (1821 –1894), Рудольф Юлиус Клаузиус (1822 – 1888), Николай Иванович Лобачевский (1792 – 1856), Георг Фридрих Риман (1826 – 1866), Леонардо Фибоначчи (1170 – 1229), Даглас Хофштадтер (р. 1945) ...

И встреча с каждым из них была бы встречей дальних родственников,

[4]“Он вывел формулу водки и изобрёл периодическую систему” (Internet)

которым несмотря на разделяющие их столетия, есть что вспомнить и есть о чём поговорить.

Здесь я вынужден остановиться, так как описание всех виртуальных встреч с знаменитыми предшественниками Теории физических структур потребовало бы слишком много места.

10. ТФС как федеральная программа, позволяющая на выходе получить больше, чем было заложено на входе

Замечу, что на этаже традиционной физики, изложенной в знаменитом многотомнике Ландау, на этаже "региональных" законов, основная задача состоит в том, чтобы "руками" внести в теорию элементарных частиц подходящую врѐменную, антропную модель, позволяющую, например, решить частную задачу объединения четырёх видов взаимодействия.

На этаже, где находится Теория физических структур, на этаже "федеральных" программ и принципов, заранее ничего не вносится "руками", заранее, в частности, ничего не говорится ни о каком взаимодействии, ни о свете, ни тем более о принципе постоянства скорости света. Сам факт существования универсальной мировой постоянной – постоянной "скорости света" и как частных случай – "принцип постоянства скорости света" вытекают как следствие из общих "федеральных" вечных и неизменных принципов Мироздания.

Замечу в связи с этим, что Физика второго поколения является наукой о сущности любого "регионального" физического закона. В конечном итоге оказывается, что любой физический закон нижнего этажа на верхнем этаже представляет собой по сути дела **новый вид несилового взаимодействия**, осуществляющего связь всего со всем.

В отличие от понятия регионального закона, приводящего к определённым следствиям при задании тех или иных начальных условий, федеральная программа, для достижения той или иной цели, содержит в себе дополнительные степени свободы, позволяющие по ходу дела выходить за жёсткое рамки начальных условий, в результате чего на выходе получаем больше, чем было заложено на входе.

Физика второго поколения – это некоторая федеральная программа, позволяющая из одного и того же общего принципа получить множество близких, но в то же самое время немного различных региональных законов.

Вот так же обстоит дело и с римановой геометрией. Действительно, нельзя, строго говоря, перейти от евклидовой геометрии к римановой. Но если от декартовых координат мы захотим перейти к криволинейным, то в этом случае неизбежно появятся метрический тензор и символы Кристоффеля, зависящие от криволинейных координат. И если слегка ослабить требования, налагаемые на вид метрического тензора в рамках евклидовой геометрии, то мы сразу же получим риманово пространство. Просто всегда нужно быть более внимательным к соседним областям и стараться увидеть в них то общее, что их объединяет.

11. Ещё раз о неправильно поставленных псевдопроблемах

Как известно, в традиционной физике первого поколения возникает множество вопросов: почему время – одномерно? евклидово пространство – трёхмерно? пространство событий – четырёхмерно? динамическое пространство – пятимерно? каким числом измерений нужно ограничиться в многомерных геометрических моделях типа теории Калуцы и Клейна? какое число N нужно предпочесть в суперсимметричных теориях? как и вопросов: почему мировые постоянные c, G, $\hbar$, k, N_A, e, m имеют вполне определённые численные значения, то нужно признать, что это – просто неправильно поставленные псевдопроблемы, **в принципе неразрешимые на этаже традиционной теоретической физики Ландау**.

Ясно, что эти вопросы решаются не на уровне региональных физических законов традиционной физики, и даже не не уровне федеральных программ Теории физических структур, а на уровне сакральных программ, вложенных в уникальный “компьютер” под названием *человек* и определяющих возможности того или иного восприятия человеком “субэйдосов” Мира первичной реальности с помощью тех или иных органов чувств.

В качестве примера вспомните разные программы, вложенные в наши персональные компьютеры, позволяющие воспроизводить одни и не способные воспроизвести другие файлы.

Заметим, что вопрос о численных значениях физических мировых констант (проблема “антропного принципа”) так же относится к самому верхнему этажу Мироздания, где решается вопрос о самосогласованности всего со всем и вопрос об устойчивости всего Мироздания как единого целого, и потому не могут быть решены ни на уровне региональных законов традиционной физики, ни на уровне федеральных программ Физики второго поколения.

12. О естественной классификации различных разделов физики

Известный физик-теоретик – Юрий Сергеевич Владимиров, находясь на этаже традиционной физики, даёт классификацию основных разделов современной физики, опираясь на хорошо известные, но тем не менее расплывчатые, не допускающие строгих определений, антропные модели: пространство-время, частицы и поля, называя их “ключевыми физическими категориями”.

Я, пытаясь строить физику на более строгих основаниях, вынужден на этаже Физики второго поколения отказаться от использования наглядных антропных моделей, опираясь на строго математически определённую физическую структуру.

Согласно моей классификации все разделы физики делятся на три группы

I. Разделы физики первого рода
(Классические, самодостаточные разделы физики, в основании которых лежат “чистые” физические структуры, не содержащие мировых констант)

01. Евклидова геометрия;
02. Хронометрия;
03. Кинематика точки;
04. Кинематика вращательного движения;
05. Механика материальной точки Ньютона;
06. Механика твёрдого тела Эйлера;
07. Аналитическая механика;
08. Теория колебаний;
09. Теория упругости;
10. Гидродинамика;
11. Термодинамика;
12. Электродинамика постоянных токов;

13. Электродинамика переменных токов;
14. Теория электромагнитного поля;
15. Классическая оптика;
16. Физическая кинетика;
17. Теория размерности.

II. Разделы физики второго рода
(Разделы физики, в основании которых лежит суперпозиция “чистых” структур, осуществляемая с помощью мировых постоянных c, G, $\hbar$, k)

1. Теория относитиельности (Суперпозиция евклидова пространства и одномерного времени. Постоянная c).

2. Теория тяготения (Суперпозиция риманова пространства и тензора энергии-импульса. Постоянная G).

3. Квантовая механика (Суперпозиция комплексного бесконечномерного линейного пространства и механики через функцию действия. Постоянная $\hbar$).

4. Статфизика (Суперпозиция фазового пространства и термодинамики. Постоянные: число Авогадро N_A и постоянная Больцмана k).

III. Разделы физики третьего рода
(Разделы физики, в основании которых лежит теоретико-групповая классификация субэйдосов Мира первичной реальности)

1. Теория представлений групп вращений;
2. Теоретико-групповая классификация колебаний;
3. Теоретико-групповая классификация химических элементов;
4. Теоретико-групповая классификация атомных спектров;
5. Теоретико-групповая классификация элементарных частиц.

Я считаю, что все разделы физики первого и второго рода, подобно энергетическим уровням атома водорода, являются реализацией одной и той же единой физической категории – физической структуры $K^{n;pq}$, зависящей от трёх целочисленных параметров:
размерности n = 0, 1, 2, ... ;
гипергеометрического числа p = 0, 1;
и криптометрического числа q = 0, 1.

13. К вопросу о комплексификации Теории физических структур

Как известно, в Теории физических структур имеются три группы переменных:

репрезентаторы,

верификаторы

и **два вида координат**.

Кроме того в ТФС имеются две группы целочисленных переменных – **ранг** и **размерность**.

В своей исходной формулировке ТФС предполагалось, что все три группы переменных берутся из множества вещественных чисел $\mathbb{R}$. В этом предположении Геннадий Григорьевич Михайличенко доказал свою знаменитую теорему о существовании и единственности физических структур. Все найденные им регулярные физические структуры в конечном счёте сводятся к равенству нулю либо объёма параллелотопа, построенного на r + 1 векторах в r-мерном векторном пространстве, либо объёма симплекса, построенного на r + 2 точках в r-мерном евклидовом пространстве.

Легко убедиться непосредственной подстановкой, что выражения для объёмов, найденные в случае вещественных верификатора и репрезентатора обращаются в тождественный ноль при подстановке в них комплексных координат. Это означает, что физические законы, найденные в предположении вещественности репрезентатора и верификатора, сохраняют свой смысл и значение при переходе к комплексному векторному пространству. А это значит, что в рамках существующей ТФС нет никаких принципиальных запретов на описание квантовой механики и на использование спиноров и групп $SL(n, C)$.

Что же касается спиноров, то как известно, они были открыты Эли Картаном ещё в 1913 году вне всякой связи с квантовой механикой при изучении неприводимых представлений простейшей группы вращений трёхмерного **вещественного** евклидова пространства (см. классический учебник Г. Голдстейна, Классическая механика. М. 1957, стр. 125-134), порождённого всё той же ТФС.

Другое дело, когда речь идёт о единственности полученных решений; не появятся ли в случае полной комплексификации ТФС новые решения, отсутствующие в ТФС, основанной на использовании вещественных чисел?

Вот, если бы кто-нибудь повторил научный подвиг Г.Г. Михайличенко и доказал аналогичную теорему в случае комплексных чисел, то он мог бы с полным правом сказать, что он действительно обобщил ТФС на случай комплексных переменных. А без этого его заявление о комплексификации ТФС означает лишь сообщение об использовании им комплексных переменных при попытке применить идеи существующей Теории физических структур к современной теории элементарных частиц.

При этом, говоря об основаниях квантовой механики, замечу, что основное понятие квантовой механики – бесконечномерный вектор состояний в комплексном гильбертовом пространстве является прямым следствием существования физической структуры $K^{\infty;00}$.

14. Клавдий Птолемей и современная квантовая теория поля

Я по-прежнему убеждён, что к настоящему времени в физике накоплен огромный экспериментальный и теоретический материал, вполне достаточный для построения простой и ясной физической картины мира. Настало время "сидя в башне из слоновой кости" заново переосмыслить всё то, что создали физики и математики за последние две с половиной тысячи лет от Евклида и Пифагора по настоящее время.

На мой взгляд существует глубокое заблуждение, что будто бы строительство новых суперсовременных ускорителей позволит нам приблизиться к **пониманию** мира, в котором мы живём.

По большому счёту современная физика напоминает мне науку, существовавшую во времена Птолемея. Тогда единственной серьёзной проблемой была задача описания движения небесных тел (так же, как сейчас задача создания теории элементарных частиц).

Клавдий Птолемей (87 – 165) в качестве исходного понятия взял окружность и идею эпициклов – бесконечную систему окружностей со своими радиусами и периодами обращения, нанизывая которые друг на друга можно получить вполне практичную теорию, описывающую с любой точностью движение планет, Луны и Солнца по небесной сфере. Однако, несмотря на хорошее согласие такого описания с опытом, эту антропную модель ещё нельзя назвать законом движения небесных тел.

Должны прийти сначала Николай Коперник (1473 – 1543) и спустя почти сто лет Галилео Галилей (1564 – 1642), поместившие Солнце в центр Вселенной, и почти одновременно с Галилеем пришёл Иоганн Кеплер (1571 – 1630), чтобы заменить громоздкую систему эпициклов простым и изящным движением планет по эллипсам.

Но только с приходом Исаака Ньютона (1643 – 1727), сумевшего из факта движения планет по эллипсам получить знаменитый закон всемирного тяготения (1687), завершился, длившийся почти 550 лет, этап перехода от наивной модели эпициклов Птолемея к универсальному закону всемирного тяготения Ньютона.

Но в отличие от благополучно найденного Ньютоном закона всемирного тяготения, нахождение на уровне традиционной физики (физики первого этажа) аналогичного Единого закона Мироздания в целом, является в принципе неразрешимой задачей, подобной задаче нахождения на уровне школьной алгебры корней уравнения пятой степени.

Чтобы найти Единый закон Мироздания в целом, необходимо подняться на следующий, более абстрактный этаж (этаж Физики второго поколения), не заражённый вирусом материализма. Необходимо подняться на этаж Физики второго поколения со своей постановкой задачи, со своими исходными понятиями, со своим исходным принципом сакральной симметрии и исходным сакральным уравнением и вытекающей из него уникальной Теоремой Михайличенко о существовании и единственности физических структур.

15. Сущность Физики второго поколения в нескольких словах

В двух словах сущность Теории физических структур состоит в следующем.

Туманное и неопределённое понятие любого **физического закона** после устранения из него неопределённого “физического смысла” допускает строгую математическую формулировку. При этом выясняется, что все законы обладают особым типом сакральной (“феноменологической”, “первичной”) симметрии.

Вспомним, что любое алгебраическое уравнение обладает некоторой внутренней симметрией, приведшей Эвариста Галуа к открытию групп, что трёхмерное эвклидово пространство обладает ортогональной симметрией, приведшей ещё в 1913 году Эли Картана при рассмотрении неприводимых представлений групп вращений **вещественного** евклидова пространства к открытию **комплексных** спиноров.

Точно так же наличие у любого закона найденной нами особой сакральной симметрии, приводит к тому, что все физические структуры, сформулированные в предельно абстрактной форме

1. делятся на два класса – “самосогласованные” (пригодные для формулировки федеральных законов) и “самонесогласованные” (непригодные для формулировки федеральных законов);

2. все “самосогласованные” физические структуры делятся на два вида – “регулярные” и “спорадические”;

3. все “регулярные” физические структуры описываются одной и той же функцией (верификатором) $K^{n;pq}$, зависящей от трёх целочисленных параметров:
размерности $\quad$ n = 0, 1, 2, ... ;
гипергеометрического числа (заряда) $\quad$ p = 0, 1;
и криптометрического числа (заряда) $\quad$ q = 0, 1,
заменяющие собой хорошо известное до этого понятие ранга (s, r) физической структуры;

4. две “спорадические” физические структуры описываются двумя верификаторами K^{24} и K^{42}.

Так что, если вы доверяете математике, то рассматривая любую антропную модель того или иного физического закона, вы должны убедиться в универсальной самосогласованности вашей антропной модели и пригодности её для формулировки федеральных законов.

Вот как выглядит сакральное уравнение, лежащее в основании всего Мироздания:

Введение **двух групп абстрактных символов** "греческих" $\mathfrak{N} = \{\alpha, \beta, \gamma, \ \ldots\}$ и "латинских" $\mathfrak{M} = \{i, k, m, \ \ldots\}$ и их “скалярного произведения” – репрезентатора

$$\varphi : \mathfrak{N} \times \mathfrak{M} \to \mathbb{R}$$

$$(\alpha, i) \mapsto \varphi_{\alpha i}$$

и **двух пар произвольных последовательностей абстрактных символов – кортов конечной длины s и r**

$$< A \mid \ = < \alpha_1, \ldots, \alpha_s \mid, \qquad < B \mid \ = < \beta_1, \ldots, \beta_s \mid \quad \text{и}$$

$$\mid I > = \mid i_1, \ldots, i_r >, \qquad \mid K > = \mid k_1, \ldots, k_r >$$

и четырёх их "скалярных произведений" – прямоугольных $s \times r$ матриц

$$< A \mid I > = \begin{pmatrix} \varphi_{\alpha_1,i_1} & \cdots & \varphi_{\alpha_1,i_r} \\ \multicolumn{3}{c}{\dotfill} \\ \varphi_{\alpha_s,i_1} & \cdots & \varphi_{\alpha_s,i_r} \end{pmatrix}$$

$$< A \mid K > = \begin{pmatrix} \varphi_{\alpha_1,k_1} & \cdots & \varphi_{\alpha_1,k_r} \\ \multicolumn{3}{c}{\dotfill} \\ \varphi_{\alpha_s,k_1} & \cdots & \varphi_{\alpha_s,k_r} \end{pmatrix}$$

$$< B \mid I > = \begin{pmatrix} \varphi_{\beta_1,i_1} & \cdots & \varphi_{\beta_1,i_r} \\ \multicolumn{3}{c}{\dotfill} \\ \varphi_{\beta_s,i_1} & \cdots & \varphi_{\beta_s,i_r} \end{pmatrix}$$

$$< B \mid K > = \begin{pmatrix} \varphi_{\beta_1,k_1} & \cdots & \varphi_{\beta_1,k_r} \\ \multicolumn{3}{c}{\dotfill} \\ \varphi_{\beta_s,k_1} & \cdots & \varphi_{\beta_s,k_r} \end{pmatrix}$$

позволяют написать следующее сакральное (символическое) тождество:

$$\forall \;\; A, B; \;\; \forall \;\; I, K$$

$$\boxed{< A \mid I > = < A \mid K > \cdot < B \mid K >^{-1} \cdot \; < B \mid I >} \tag{1}$$

или

$$< A \mid I > \cdot < B \mid I >^{-1} \; = < A \mid K > \cdot < B \mid K >^{-1}$$

или

$$< A \mid K >^{-1} \cdot < A \mid I > \; = < B \mid K >^{-1} \cdot < B \mid I >,$$

где $\cdot$ – символ умножения прямоугольных матриц, $< B \mid K >^{-1}$ – символ обратной прямоугольной матрицы (см. А.А. Симонов. Обобщённое матричное умножение как эквивалентное представление Теории физических структур, в книге Ю.И. Кулаков, Теория физических структур. М. 2004. 847 стр.), которое представляет собой **сакральное уравнение**, имеющее единственное решение, зависящее от нескольких целочисленных параметров.

И вот тут начинается самое удивительное. Оказывается, это единственное абстрактное решение некоторого символического, абстрактного уравнения (1), которое, казалось бы не имеет никакого отношения к эмпирическому миру "материальной действительности", представляет собой единую и единственную "федеральную" программу Мироздания, которая при различном выборе целочисленных параметров порождает в зашифрованном виде совокупность всех “региональных” законов, лежащих в основании различных разделов традиционной физики и большого числа соотношений, лежащих в основании различных разделов чистой математики.

Сейчас каждый математик или физик обрабатывает свой приусадебный участок. И ни у кого из них не возникает желания и смелости выйти за околицу своего садового кооператива в окружающий его самобытный Мир первичной реальности.

16. Зачем нужна физикам Теория физических структур?

Как-то мой друг Дима Бакшеев спросил меня: “Представьте себе, Юрий Иванович, такой невероятный случай, когда Ваша Теория физических структур наконец-то получила ещё при Вашей жизни широкое признание научной общественности и курс ТФС включён в программу обучения на физических факультетах всех университетов. Отразилось бы это обстоятельство, и как, на изучении физики? Что изменилось бы в представлении физиков о мире после знакомства с Вашей теорией? Другими словами, зачем нужна физикам ТФС?”

В ответ я мог бы спросить: А что изменилось в представлении физиков о мире после открытия Микромира? Я думаю – ответ очевиден. Вот и здесь речь идёт об открытии нового мира – Мира первичной реальности или другими словами, речь идёт о создании принципиально новой Физики второго поколения.

Начать с того, что каждый, кто приступает к изучению физики, должен с самого начала, ещё из средней школы, знать, что наряду с хорошо известными “региональными” физическими законами существуют исходные “федеративные” физические законы, лежащие в основании всей современной физики.

Региональные законы хорошо известны: это законы описывающие отдельные фрагменты целого; для их открытия нужно как можно ближе приблизиться к изучаемому объекту, по возможности расщепляя его на всё более простые, мелкие детали. Здесь наиболее эффективным является математический аппарат дифференциальных уравнений.

Но есть ещё федеративные физические законы. В их основе лежит противоположный принцип: **большое видится на расстоянии**. В этом случае нужно подняться на достаточную высоту, с которой уже не видны детали, но зато становятся видимым, невидимый ранее, глубинный смысл явления, рассматриваемого как единое целое. Здесь наиболее эффективным является алгебраический аппарат: аппарат теории групп и, прежде всего, неизвестный ранее аппарат сакральной симметрии (теория кортов).

Знание федеративных законов совершенно преобразует всю физику. Взгляд на физику с высоты птичьего полёта позволяет ставить и получать ответы на множество вопросов о сущности и глубинном содержании известных физических законов и понятий, считающихся бессмысленными и даже “еретическими” с точки зрения академической науки, то есть вопросов типа: почему атомы так малы, а Вселенная так велика? почему мир физической действительности устроен именно так, а не иначе?

Зачем это нужно? Это нужно прежде всего, чтобы понять, что наш Мир построен на разумных началах, чтобы убедиться в существовании сакральной Истины и Единого сакрального Плана Творения.

Это нужно, чтобы взглянув на Мир “сверху, с высоты птичьего полёта”, увидеть то, чего не увидишь находясь “на земле, в дремучем лесу, перевитом колючими лианами фактов”.

Это нужно, чтобы убедиться в объективном существовании двух Миров – антропного видимого Мира эмпирической (материальной) действительности и сакрального невидимого Мира первичной реальности, существующих “нераздельно и неслиянно”.

Это нужно для того, чтобы найти естественный и разумный путь из Мира эмпирической действительности в Мир первичной реальности, найти строгое математическое доказательство связи, существующей между этими Мирами.

Это нужно, чтобы понять, какое место занимает человек в этом Мире, в чём смысл его существования.

И наконец, это нужно для того, чтобы удовлетворить величайшую потребность человека в свободном полёте мысли, в открытии новых явлений, новых сущностей и новых Миров.

Вспомним в связи с этим повесть-притчу Ричарда Баха “Чайка по имени Джонатан Ливингстон”. Смысл её состоит в следующем.

В Стае чаек, которые одержимы только добычей рыбы с приходящих рыболовецких судов, вдруг появляется чайка, которая открыла для себя красоту и радость полёта. Она устремляется в небо и испытывает при этом огромное счастье от самой возможности свободного полёта.

Эта чайка по имени Джонатан Ливингстон хочет обучить своих собратьев мастерству высшего пилотажа, показать им, какие при этом дали открываются перед ними.

Но чайки Стаи не захотели поверить в радость полёта. Они были глубоко убеждены в том, что им не дано постигнуть смысл жизни, ибо он непостижим; они верили только в одно: они брошены в этот мир только, чтобы есть и оставаться в живых до тех пор, пока у них хватает сил. Всякий, кто думает иначе, должен быть изгнан из Стаи. Чайку по имени Джонатан Ливингстон судила Стая и приговорила к Изгнанию.

Так вот, человеку, наряду с материальными потребностями, присущ вот этот страстный интерес к познанию всего нового, необычного, к открытию новых стран и новых областей знания. В поисках новых миров люди надевают скафандры и покидают Землю. Летят куда-то, на какие-то планеты. Зачем? Какая от этого польза?

А человеку нужна не только польза. Ему скучно просто потреблять и просто жить в тепле и сытости. Понимаете? Он хочет вырваться из унылой повседневности, увидеть этот новый мир. И этот мир доставляет, оказывается, огромное наслаждение, гораздо большее, чем сытый желудок, дача, машина и комфорт в квартире, власть и преходящая мирская слава.

Но зачем искать новые миры так далеко? Подлинную красоту можно увидеть совсем рядом – в Мире первичной реальности. Одним из наиболее сильных побуждений, ведущих в этот сакральный Мир, является желание уйти от унылой повседневности с её мучительной жестокостью и беспросветной пустотой, уйти от уз вечно меняющихся собственных прихотей и бесплодных желаний. "Эту причину можно сравнить, – писал Альберт Эйнштейн – с тоской, неотразимо влекущей горожанина из шумной и мутной окружающей среды к тихим высокогорным ландшафтам, где взгляд далеко проникает сквозь неподвижный чистый воздух и наслаждается спокойными очертаниями, которые кажутся предназначенными для вечности".

Прекрасной иллюстрацией этого состояния сопричастности вечности является знаменитая картина Шишкина "Рожь": бездонное синее небо, полновесные колосья ржи, летящие ласточки, васильки, вековые сосны... Вот в этом Мире легко и приятно работать и жить. И есть путь в этот Мир. Этот путь уже пройден нами.

Я просто приглашаю всех: давайте забудем на время о пользе, о решении трудных кроссвордов – громоздких и сложных задач, имеющих прикладное значение, будем искать Истину! Но, оказывается, сама Истина обладает большой потенциальной полезностью. И высокая Истина, безусловно, приведёт к пользе. Но только не надо сразу искать эту пользу. Получается так, что если всё свести к пользе, то Истина уходит. Уходит, как вода меж пальцев, как драгоценное зерно из дырявого мешка, как ушла вода из Арала, как ушла большая наука из Академгородка.

С появлением Теории физических структур может начаться новая эпоха Великих **космографических открытий**. Снова станут востребованы навигационные приборы, карты Мироздания и лоции виртуальных архипелагов. Для открытия новых материков сакральной физики и сакральной математики нужны новые Колумбы, Магелланы, Ливингстоны, Крузенштерны и Амундсены. Нужно искать выход к Мировому океану Истины и искать и создавать новые "шёлковые пути", соединяющие до сих пор разделённые регионы – науку, философию и религию. И начать нужно с нашего ближайшего соседа – с Математики. Перестать смотреть на неё лишь как на район, богатый своими полезными ископаемыми.

Что такое сакральная математика и сакральная физика?

Под сакральной математикой и сакральной физикой я понимаю такие их разделы, которые строятся "сверху", как чистая игра с символами, без какого-либо обращения к наглядности, к реальной действительности. Стоя на плечах гигантов, уже зная, что сделали они, поднимаясь "снизу вверх" индуктивным путём, получить их результат дедуктивным путём "сверху вниз", ссылаясь на них лишь в самом конце, после получения их результатов совершенно иным – "сакральным" путём.

Открывается возможность с единой точки зрения ответить на вопросы:

в чём смысл и глубинное содержание основных разделов физики:

геометрии (евклидовой, геометрии Лобачевского, римановой геометриии),

механики (механики Ньютона, аналитической механики),

теории относительности (частной и общей),

термодинамики,

электродинамики,

квантовой механики,

статистической физики;

как связаны эти разделы между собой;

что такое физическая размерность.

При этом важно заметить, что вопрос о смысле и сущности физических законов и понятий рассматривается не на размытом и неопределённом философском языке, а на строгом математическом языке, на языке специально созданного для этой цели раздела математики.

Главный вывод из Теории физических структур состоит в следующем:

Физика как единое целое имеет вид пирамиды, рассечённой на две существенно различные части некоторым “облачным слоем”: нижний слой – антропный, верхний – сакральный, вершина пирамиды – сакральная физическая программа, порождающая четыре вида регулярных и два вида спорадических физических законов.

Точно так же имеют строение в виде пересечённой пирамиды и отдельно взятые конкретные разделы физики.

Точно такое же строение имеет математика, рассматриваемая как единое целое, и многие её конкретные разделы.

Точно так же устроена вся наука, весь Мир и каждая его деталь, взятая сама по себе.

17. Моё Credo

Отвечая на многочисленные вопросы по поводу глобальных оснований построенной нами Теории физических структур я формулирую своё Credo:

1. Объективно существуют Мир материальной действительности, Микромир и Мир первичной реальности.

2. Объективно существуют два этажа: этаж федеральных законов и этаж региональных законов.

3. Главное предназначение Теории физических структур – понять принципиальное отличие классической физики первого рода от постклассической физики второго рода и от теории элементарных частиц – физики третьего рода.

Придать классической физике первого рода состояние второй молодости.

Установить прямую связь классической физики первого рода с федеральными законами мироздания.

Теория физических структур предназначена для благоустройства дома, в котором мы живём. Она необходима, чтобы навести порядок в парадных комнатах нашего дома.

Итак, первое, от чего нужно отказаться – это от представления о том, что существует одна единственная теоретическая физика – традиционная физика, изложенная в знаменитом многотомнике Ландау.

Необходимо признать существование ещё одной теоретической физики, качественно отличной от традиционной – Теории физических структур со своими задачами, исходными понятиями и принципами, со своим математическим аппаратом.

Второе, от чего нужно отказаться – это от представления о том, что математика это лишь удобный язык, придуманный человеком, для описания материальной действительности.

Необходимо признать, что математика, будучи наукой о бесконечных последовательностях абстрактных символов, является главным источником информации о законах Вселенной и основным строительным материалом для фундамента современной физики .

Третье, от чего нужно отказаться (и это самое трудное!) – это от представления, что в основе мира лежит материя в виде элементарных частиц и полей.

Необходимо признать, что в основе мира лежит не материя, а программа, а материя – это лишь “глина”, удобный материал для создания многочисленных ассерторических моделей Мироздания.

Теория физических структур и бинарная система комплексных отношений – два смысла, один язык

С. А. Векшенов

Российская академия образования

Теория физических структур Юрия Ивановича Кулакова и Бинарная система комплексных отношений Юрия Сергеевича Владимирова, несомненно, выдающиеся проявления физической мысли. Обе они опираются на язык отношений. Однако эти теории не только различны, но и относятся к различным парадигмам.

Не рассматривая подробно содержание этих теорий, попытаемся, в общих чертах, выяснить основное содержание стоящих за ними парадигм.

1.

Как неоднократно отмечал Юрий Иванович Кулаков, его теорию можно рассматривать как своеобразное преломление идей Бурбаки. При этом сразу надо сказать, что эти идеи не исчерпываются тезисами, которые были сформулированы этим автором в программной работе "Архитектура математики". Более того, эти тезисы во многом носят декларативный характер, и реальное развитие математики протекало в несколько ином ключе. К сожалению, ни в каком издании не были обрисованы мотивы, побудившие Бурбаки сформулировать именно такие положения своей концепции. Однако эти мотивы можно достаточно точно восстановить, если внимательно проанализировать процесс развития теоретико-множественной математики.

Как известно, теоретико-множественная доктрина, доминирует в современной математике, прежде всего, в силу естественности и прозрачности языка. С другой стороны, основной объект этой теории, множество является носителем столь огромного числа парадоксов и несообразностей, что о них до поры до времени предпочитают умалчивать.

Тем не менее, именно теория множеств является основой объединения отдельных областей в единое пространство "теоретико-множественной математики".

Главным *инструментом* этого объединения являются теоретико-множественные структуры. Их основное назначение – служить "мостами" между "суверенными" областями математики. Например, булева алгебра, с одной стороны, отражает идею непрерывности, с другой стороны, - свойства точного математического языка. Это дает возможность перенести всю теорию пределов на множество формул. В результате возникают фундаментальные теоремы из различных областей математики, например, усиленный закон больших чисел.

По такому же принципу “работают” и другие теоретико-множественные структуры.

Эффективность этого подхода оказалась исключительно велика, что побудило Н. Бурбаки объявить математику “теорией структур” и провозгласить новый, теоретико-множественный априоризм: всякая “законная” математическая мысль должна a priori ложиться в заранее заданные структуры.

При этом утверждалось, что все структуры сводятся к трем основным: алгебраической, топологической и структуре порядка. Безусловно, сведение математики к точному языку структур – дань философским традициям, которые имели широкое хождение в научном сообществе в 30-х годах XX века (wovon man nicht sprechen kann, darüber mus man schweigen – “о чем нельзя говорить, о том следует молчать”). Однако тогда же (особенно после теорем Геделя и принципа неопределенности Гейзенберга) стало очевидным, что существует вполне осязаемая граница формализма и аксиоматики. В этом случае развитие любого универсального языка способно только создать иллюзию понимания сути вещей.

Тем не менее, Бурбаки в течение полувека старательно переписывали математику под теорию структур, а потом столь же целенаправленно внедряли эту идею в образование. Результатом этой деятельности явилось появление целого поколения специалистов, убежденных, что математика сводится к структурам и аксиоматике. Это убеждение, в последнее время, активно подкрепляется компьютерными технологиями, которые во многом восприняли универсалистские идеи Бурбаки. Например, набор шаблонов и инструментов, которые предоставляются текстовым процессором Word – это те же априорные структуры, которые изначально задают вид документа.

Финальную часть этого процесса очень хорошо выразил В.И. Арнольд: “Продолжающаяся, как утверждают, 50 лет аксиоматизация и алгебраизация математики привела к неудобочитаемости столь большого числа математических текстов, что стала реальностью всегда угрожающая математике угроза полной утраты контакта с физикой и естественными науками … характерным признаком аксиоматически-дедуктивного стиля являются немотивированные определения, скрывающие фундаментальные идеи и методы; подобно притчам, их разъясняют лишь ученикам наедине” (Арнольд В.И. Дополнительные главы теории обыкновенных дифференциальных уравнений / В.И. Арнольд. – М.: Наука, 1978. – С. 7).

На сегодняшний день идеология Бурбаки выглядит более чем проблемно. Очень ярко и эмоционально эту ситуацию описал выдающийся современный логик П. Вопенка, который сам внес значительный вклад в развитие аксиоматической теории множеств: “Все математические объекты, созданные в дотеоретико-множественной математике, могут быть заново построены как структуры в теории множеств. Точнее, эти объекты можно задать в теории множеств их каноническими моделями, так, что изучение оригинальных объектов заменялось изучением соответствующих моделей. В некоторых случаях эта замена влияет и на исходные понятия и влечет за собой их модификацию в согласии с рассматриваемой моделью. В качестве примеров можно привести действительные числа, исчисление бесконечно-малых и т.д…

Теория множеств открыла путь к изучению необъятного количества различных структур и беспрецедентному росту знаний относительно них. Это привело к распылению математики. Кроме того, большинство результатов такого рода приобретают смысл только за счет существования соответствующей структуры в канторовской теории множеств…

Канторовская теория множеств ответственна за это ущербное развитие математики; с другой стороны, она накладывает на математику ограничения, которые не так легко преодолеть. Все структуры, изученные в математике, априори жестко заданы, и роль математика есть просто роль наблюдателя их описывающего…

Это ставит под вопрос роль математики как научного и полезного метода. Математика может быть низведена к простой игре, происходящей в некотором специфическом искусственном мире. Это не опасность для математики в будущем, а непосредственный кризис современной математики” (П. Вопенка. Математика в альтернативной теории множеств. Пер. с англ. М. “Мир”, 1983. Стр. 12-14).

Теория физических структур Ю.И. Кулакова идейно опирается на концепцию Бурбаки в ее наименее конструктивной части – идеи теоретико-множественного априоризма. Это автоматически переносит на ТФС все основные черты этого подхода, прежде всего, статичность, “пространственный” характер теоретико-множественных структур и вытекающий из них комплекс проблем, обрисованных П. Вопенкой.

Безусловно, теоретико-множественные структуры очень многое прояснили в физическом мире. Но их роль в процессе познания все же не больше, чем роль геометрии во времена Ньютона.

По-видимому, наиболее значимым для физики является предпринятая в рамках теоретико-множественного подхода всесторонняя и всеобъемлющая разработка идеи симметрии. При этом, как показала теория Кулакова, теоретико-групповые структуры не полностью “закрывают” эту проблему. Ю.И. Кулакову удалось построить (в рамках теоретико-множественной концепции) структуры, которые позволяют увидеть новые типы симметрии, реализуемые в неизвестных ранее геометриях. Другим замечательным результатом, сделанным на этом пути, является установление (вместе с А.И. Фетом и Ю.Б. Румером) глубоких симметрий в структуре Таблицы Менделеева.

Что касается продвижения в иных направлениях, в частности, в интеграции физических знаний, то эта задача, как нам представляется, в рамках ТФС (и, скорее всего, любой другой теории) неразрешима. Более того, эта задача оказалась непосильной даже для программы Бурбаки, которая послужила образцом для теории физических структур. Идея Кантора соединить арифметику и геометрию (т.е. практически всю математику) в единое целое, путем введения *универсальной* сущности – множества и изучения этой сущности с помощью *универсального* языка теоретико-множественных структур (Бурбаки), на текущем этапе уже обедняет математику.

Теория физических структур, безусловно, выработала более адекватную форму выражения физических закономерностей, чем теория множеств. Но язык – это не только синтаксис, но и семантика. Теория физических структур, несмотря на язык отношений, остается в рамках теоретико-множественной семантики, конкретно, геометрических структур, включая и открытые Кулаковым новые геометрии. Однако, как известно, чисто геометрический принцип, даже в самом широком понимании, не может обеспечить адекватного понимания физических законов, что, собственно говоря, и показывает сама Теория физических структур.

2.

Бинарная система комплексных отношений реализует совершенно иную парадигму. Ее истоки можно найти в работах многих выдающихся математиков, физиков и философов, критически относящихся к притязаниям теории множеств и ее идейным двойникам в естественнонаучной области: Л. Брауэра, Г. Вейля, А. Бергсона, Э. Маха, О. Беккера, П. Вопенки и многих других. В отличие от программы Бурбаки не имеет столь отточенной формы, тем не менее, ее суть можно выразить следующим образом.

Большинство интересующих нас объектов существуют во времени. Теоретико-множественное описание и созвучное ему мировосприятие принципиально исключает время из рассмотрения. Но время, длительность (durée) какой бы “реальности” оно не принадлежало, остается реальностью. Поэтому, тяготеющее к пространственной организации описание объекта, заменяет его динамику набором *моделей.* Чтобы наглядно представить себе, о чем идет речь, вообразим такую картину. Объект, существующий во времени, может быть адекватно отражен с помощью некого “фильма”, который может запечатлеть не только структуру объекта, но и его динамику. Однако, такой “фильм” принципиально не укладывается в теоретико-множественные рамки. Чтобы, тем не менее, сохранить представление об объекте, запечатленном в таком “фильме”, теоретико-множественная концепция предлагает разрезать его на множество отдельных статических “кадров” и установить между ними статические связи. В конечном итоге “фильм” превращается в “альбом с фотографиями”, т.е. некоторую структуру.

Имея в распоряжении совокупность таких “кадров”, мы, разумеется, изначально видим совокупность *различных* объектов, которые, вообще говоря, не мыслятся моделями одного объекта. Для того, чтобы видеть эти объекты в их временной связи, т.е. как динамику одного объекта, необходимо ввести новый эвристический принцип – *принцип связывания.*

Сфера применения этого принципа чрезвычайно широка. Действительно, серию картин К. Моне, запечатлевших различные виды Руанского собора, можно рассматривать как совокупность равноправных “моделей” этого собора (что собственно и составляло новаторскую идею Моне и импрессионизма в целом) или все же, как некий, изменяющийся во времени, объект. В этом случае все подобные модели оказываются связанными единой временной нитью.

Время – соединительная нить бытия. Ее разрыв – это потеря сути вещей. (“Порвалась связь времен”, – сказал когда-то Гамлет, характеризуя картину окружающего его хаоса). Между тем именно множественность равноправных моделей объекта, т.е. “разрезание” бытия на отдельные, как бы равноправные “стороны”, представляет собой едва ли не самую характерную черту современного стиля познания, с максимальной откровенностью зафиксированную именно в программе Бурбаки (разумеется, без явного упоминания этой процедуры).

Бинарная система комплексных отношений так же как и ТФС оперирует с дискретными структурами. Но эти структуры связываются в БСКО в *единую нить*, которую можно понимать как прообраз времени. Это приводит к принципиально различному толкованию бинарности в теориях Кулакова и Владимирова. В Теории физических структур бинарность трактуется в стиле “Инь-янь”, в Бинарной системе комплексных отношений – как элементарная ячейка длительности. В этом контексте принципиальным моментом становится понимание основного компонента бинарности – числа, выражающего отношение между элементами структуры.

Теория физических структур имеет дело с действительными числами, БСКО – с комплексными. Поскольку комплексные числа традиционно считаются обобщениями действительных чисел, то на первый (как оказывается, поверхностный) взгляд БСКО можно считать прямым обобщением ТФС.

В реальности все обстоит сложнее.

Уже действительное число очень трудно понимать иначе как некоторый процесс. Как писал А.Н. Колмогоров “В случае континуума действительных чисел уже рассмотрение одного его элемента - действительного числа - приводит к изучению процесса образования его последовательных приближений, а рассмотрение всего множества действительных чисел приводит к изучению общих свойств такого рода процессов образования его элементов. В этом именно смысле сама бесконечность натурального ряда, или системы всех действительных чисел (континуума), может характеризоваться как бесконечность лишь потенциальная… Выяснение вопроса о том, в какой мере и при каких условиях при изучении бесконечных множеств законно абстрагирование от процесса его образования, еще нельзя считать законченным” (“Бесконечность”/ Математическая энциклопедия. М. 1977). В теории множеств легко “остановить” процесс образования натуральных чисел, представив всю последовательность 1,2,3… в целом. Но представить действительное число “в целом” задача куда более сложная, скорее всего неразрешимая.

Но действительное число не только топологический, но и алгебраический объект, которому абсолютно “противопоказано” быть процессом. Теория множеств создает иллюзию, что этот процесс можно остановить, но тем самым она создает платформу для развития алгебраического понимания действительного, а затем и комплексного числа.

Именно такая, алгебраическая трактовка действительного числа и лежит в основе Теории физических структур.

Бинарная система комплексных отношений, понимая бинарность как ячейку длительности, *не может* оставаться в рамках чисто алгебраической трактовки числа. К сожалению, проблема заключается в том, что путь к строгому определению действительных и комплексных чисел на сегодняшний день лежит, прежде всего, в алгебраической плоскости, что создает существенные трудности для адекватного понимания БСКО. Переход к динамической, “длительностной” трактовке чисел в Бинарной системе комплексных отношений в контексте сформулированной парадигмы неизбежен. Как мы уже видели, это может быть сделано уже на уровне действительных чисел, но в этом случае мы имеем “линейные” процессы – последовательности, которые не обладают содержательной физикой. Иное дело комплексные числа. Во-первых, с точки зрения физики их легче трактовать как волновые или циклические процессы, поскольку существует ясное понимание комплексного числа как амплитуды вероятности. С другой стороны, именно циклические процессы позволяют, как показывает БСКО построить содержательную физическую теорию.

Для того, чтобы поставить на определенный фундамент идею циклического процесса как числа, необходимо проделать приблизительно ту же работу, что в свое время была сделана Г. Кантором при построении точечного континуума – необходимо, прежде всего, ввести понятие бесконечности более высокого уровня, чем канторовская бесконечность - порядковую, “длительностную” бесконечность. Именно такая бесконечность строится и изучается в теории сверхчисел (С.А. Векшенов Сверхчисла. Основные принципы арифметики и физические образы // Вестник ТГУ, сер. Естественные и технические науки, том 12, вып. 5, стр. 607-618). Заметим, что в этой теории комплексное число видится более фундаментальным и первичным понятием по отношению к действительному числу, ровно так же как это понимает БСКО.

Теория бинарных систем комплексных отношений, несомненно, сопряжена с новыми, не теоретико-множественными структурами, которые образованы классическими определителями и их неклассическими элементами – амплитудами (строго говоря, сверхчислами). Чтобы подчеркнуть этот факт, в БСКО используется образ “квадратного корня из геометрии”, который символизирует выход за рамки статики и появления динамической “раздвоенности”. Теория сверхчисел добавляет новые штрихи к этому образу.

Возьмем простейший случай уравнения $x^2 + 1 = 0$. По теореме Виета можно записать $1 = +i(-i) = e^{i\pi/2}\, e^{-i\pi/2} = e^{i\varphi}\, e^{-i\varphi}$. В последнем случае экспоненты можно понимать как произведение двух разнонаправленных фундаментальных вращений. Эти вращения должны осуществляться одновременно, поскольку время едино. Таким образом, мы приходим к сверхчислу $\mathbf{P_2}$ – фундаментальному вращению со структурой $\mathbf{P_2} = \langle \mathbf{\Omega} \,|\, + - + - \ldots \rangle$. В этой структуре полный оборот осуществляется через 720^0. Таким образом, идею внутреннего вращения, можно увидеть уже в простейшем “квадратном корне”.

В теории БСКО все структуры имеют динамический характер, поскольку связаны в единую нить длительности. В частности, становится динамической, реляционной и структура пространства-времени. Этот результат представляет собой выдающееся достижение Бинарной системы комплексных отношений и требует длительного и серьезного осмысления.

III. Мысли из прошлого

Макроскопическая природа пространства-времени[1]

Е. Дж. Циммерман

Department of Physics, University of Nebraska, Lincoln, Nebraska

Далее следует перевод заключительного раздела статьи: E. J. Zimmerman, “The Macroscopic Nature of Space-Time,” American Journal of Physics, February 1962, Volume 30, Issue 2, pp. 97–105.

IV. Макроскопическая интерпретация пространства-времени

Эти результаты, как мне представляется, довольно недвусмысленно намекают на интерпретацию пространства-времени, которая еще не была адекватно исследована. Последняя просто отказывается от любой попытки описать микроскопические частицы как объекты, существующие в пространстве-времени. Вместо этого, она пытается понять каким образом из внепространственных и вневременных свойств микроскопических частиц само пространство-время могло бы быть получено как результат взаимодействий между этими частицами. Эта интерпретация могла бы быть названа макроскопической интерпретацией пространства-времени, поскольку она утверждает, что понятия пространства и времени могут иметь смысл лишь когда подразумевается существенно макроскопическая система. Я бы хотел обсудить эту точку зрения далее, но, прежде всего, позвольте мне сформулировать ее настолько сжато, насколько это возможно:

> «Пространство и время не являются понятиями, которые могут быть осмысленно применены к одиночным микроскопическим системам. Такие системы должны описываться абстрактными понятиями (заряд, спин, масса, странность, квантовые числа), которые не имеют отношения к пространству и времени. Эти микроскопические системы взаимодействуют способами, которые также должны описываться абстрактно,

[1]Перевод с английского А. В. Соловьева.

> т. е. без ссылок на пространство и время. Когда огромное число таких микроскопических систем взаимодействует, простейший и самый фундаментальный результат состоит в создании пространственно-временного каркаса, который придает законность классическим представлениям о пространстве и времени, но лишь на макроскопическом уровне.»

Эта интерпретация не является полностью новой. Ее элементы появляются в работах Эддингтона[2] и Вигнера[3]. Хойл[4] предложил ее в нескольких кратких примечаниях, а ван Данциг[5] изложил ее в довольно похожих выражениях. Указанная интерпретация резко контрастирует с попытками, такими как у Дарлинга[6], ввести в пространство-время минимальный объем и с попытками, такими как у Марча[7], ввести в квантовую теорию элементарную длину. Эти и подобные им попытки стремятся наложить четкие ограничения на определенные физические величины (такие как длину), тогда как макроскопическая интерпретация вполне совместима с существованием неограниченного предела малости. Можно придать физический смысл очень малым расстояниям, например, если макроскопический прибор достаточно велик и должным образом смонтирован. Но тогда, как будет подробно обсуждаться ниже, сопряженный импульс становится в высокой степени неопределенным и это, несомненно, такой же сбой в применимости классических пространственно-временных понятий, каким было бы существование минимальной длины.

Ясно, что понятия подобного рода, предложенные для пространства-времени, не являются ни новыми для физики ни маловажными. Наиболее знакомы термодинамические понятия: температура, давление, энтропия и многие другие. На микроскопическом уровне эти понятия неуместны либо бессмысленны; ни одна микроскопическая система не обладает каким бы то ни было свойством, которое может быть должным образом описано как «температура» или «давление», так же как она

[2] A. S. Eddington, *Relativity Theory of Protons and Electrons* (Cambridge University Press, 1936); *Fundamental Theory* (Cambridge University Press, New York, 1946).

[3] E. Wigner, "Relativistic invariance of quantum-mechanical equations," in *Jubilee of Relativity Proceedings* (Birkhäuser Verlag, Basel, 1956); Helv. Phys. Acta, Suppl. IV.

[4] Примечания к цитированной статье Вигнера, стр. 224.

[5] D. van Dantzig, "On the relation between geometry and physics and the concept of space-time," in *Jubilee of Relativity Proceedings* (Birkhäuser Verlag, Basel, 1956), p. 48.

[6] B. T. Darling, Phys. Rev. **80**, 460 (1950).

[7] A. March, *Quantum Mechanics of Particles and Wave Fields* (John Wiley & Sons, Inc., New York, 1951), Chap. 10.

не имеет ни одного свойства, которое является хотя бы аналогичным макроскопическим величинам. Однако когда такие системы объединяются в одну большую систему, макроскопические (термодинамические) свойства возникают как крайне важные статистические свойства. Термодинамика — не единственная дисциплина, где существенны подобные понятия. Д. ван Данциг указывает, что механическое понятие кривизны поверхности (как и острия или края) или даже понятие границы поверхности представляет собой макроскопическое понятие, которое неуместно либо бессмысленно для микроскопической системы[8]. В теории электричества понятия сопротивления и электродвижущей силы являются свойствами, не применимыми к микроскопическим системам, но возникающими из совсем иных характеристик микросистем, когда большое их число взаимодействует. Вряд ли можно отрицать, что эти макроскопические понятия фундаментальны для физической науки. Не кажется невозможным чтобы понятие пространства-времени могло принадлежать тому же общему классу понятий.

В самом деле, подобный взгляд на природу времени предлагался на совсем иных основаниях. Философы и склонные к философии ученые предположили, что даже классическое «время» физики имеет существенно термодинамический характер. В классической механике время является обратимым или «двусторонним». Но фактически переживаемое время не такое, оно — «одностороннее». В лаборатории нет способа проверить уравнения, которые получаются в результате подстановки в физические законы $(-t)$ вместо (t), поскольку нет известного способа обратить «поток времени». Однако термодинамика преподносит иные «односторонние» концепции, такие как непрерывное возрастание энтропии из ее второго начала. Предположение, таким образом, состоит в том, что энтропия определяет направление физического времени и задает «стрелу времени», как это выразил Эддингтон. Главная критика заключается в том, что возрастание энтропии является статистическим, тогда как почему-то считается известным, что поток времени таковым не является. В отношении макроскопической интерпретации, конечно, эта критика теряет силу.

Не следует переоценивать этот момент, поскольку точная связь между временем и вторым началом термодинамики не ясна. Однако недооценивать его тоже не следует. Однонаправленный характер физически

[8] D. van Dantzig, “On the relation between geometry and physics and the concept of space-time,” in *Jubilee of Relativity Proceedings* (Birkhäuser Verlag, Basel, 1956), p. 49.

переживаемого времени остается до некоторой степени головоломкой. По меньшей мере необходимо проявлять осторожность, наделяя время всеми свойствами математической непрерывности когда оно теряет свойство обратимости, а ведь и то и другое вытекает из математической формулировки физических законов.

«Абстрактные понятия», которые описывают микроскопические системы, существуют и некоторые из них хорошо известны. Действительно, они возникают для точного определения тех свойств элементарных частиц, которые вызывают наибольший интерес в современной физике. Некоторые такие свойства: заряд, спин, странность, (квантованная) масса, изотопический спин и другие квантовые числа. Они не имеют отношения к каким бы то ни было пространственно-временным свойствам, а определяют структуру элементарных частиц внепространственным, вневременным образом. Пространственно-временное поведение элементарных частиц не является сегодня наиболее интересным; эксперименты с такими частицами ставятся, главным образом, в надежде получить информацию, касающуюся следующих вопросов. Почему масса покоя квантована? Как может быть понят спектр масс вместе с надлежащими спинами, зарядами и другими свойствами частиц? Почему элементарные частицы имеют только два значения электрического заряда: нуль и одна электронная единица? Каковы именно отношения между абстрактными свойствами, которые определяют то, что мы подразумеваем под элементарной частицей?

Возможно, ответы могут быть получены в теории, сформулированной на языке пространства-времени. Например, Гейзенберг с сотрудниками постулируют единое физическое поле, определенное для сколь угодно малых значений (x, y, z, t) и удовлетворяющее нелинейному волновому уравнению, чьи допустимые решения могли бы задать энергии, которые можно было бы связать со спектром масс[9]. Бом и другие авторы пытаются распространить пространственно-временное описание с точечными частицами и причинностью в субъядерную область, модифицируя законы сил так, что они гарантируют поведение согласно квантовой теории на атомном уровне[10]. Эти или подобные им попытки могут тем не менее иметь успех.

[9] H. P. Duerr, W. Heisenberg, H. Mitter, S. Schlieder, K. K. Yamazaki, Z. Naturforsch. **14a**, 441 (1959).

[10] По поводу обширного резюме и библиографии этой работы см. H. Freistadt, Suppl. Nuovo Cimento **5**, 1 (1957).

С другой стороны, в равной степени возможно, что проблема структуры элементарных частиц может быть решена вполне абстрактно теорией, чьи основные элементы не имеют отношения к пространству-времени. Такое решение затрагивало бы только внепространственные, вневременные свойства микросистем и отношения между ними. Скорее всего, оно включило бы одно или более еще неизвестных понятий. Лишь будущее способно показать, какой подход будет более плодотворен.

Абстрактные характеристики частиц, хотя сами по себе и не являются геометрическими, тем не менее имеют некоторые любопытные связи с геометрическими свойствами. Заряд, например, может быть некоторым образом связан с пространством; современные теории указывают, что обращение заряда связано с отражением пространственных осей. Многие теоретики предполагают, что в каждой точке пространства-времени следует прикрепить абстрактный набор «пространственных» осей, не связанных в других отношениях с пространством-временем, но чьи абстрактные геометрические свойства, как считается, имеют некоторые из внутренних отношений обыкновенного пространства, такие как пространственное квантование в смысле спина или инвариантность относительно преобразования Лоренца[11]. Подобное абстрактное пространство, связанное с «изотопическим спином», систематически используется в теории ядра. Самое последнее предложение Минарди — использовать в физической теории необычную суперпозицию двух наборов пространственно-временных осей для того, чтобы получить математические степени свободы необходимые при рассмотрении некоторых из абстрактных свойств элементарных частиц[12]. Ни одна из существующих попыток связать эти свойства со свойствами физического пространства не является вполне успешной. Поэтому еще одно исследование данной связи с точки зрения макроскопической интерпретации могло бы быть полезным.

Макроскопическая интерпретация пространства-времени требует также существования взаимодействий между микроскопическими частицами, которые сами по себе не затрагивают пространство-время. По меньшей мере два общих вида таких взаимодействий обычно используются в существующей теории:

(1) Исключение из квантовых состояний. Квантовые состояния могут быть описаны наборами чисел, не имеющих непосредственного отноше-

[11]Например, A. Pais, Physica **19**, 869 (1953).
[12]E. Minardi, Nuclear Phys. **12**, 35 (1959).

ния к пространству-времени. Микроскопические системы могут тогда взаимодействовать, позволяя лишь одной такой системе занимать состояние с любым заданным набором квантовых чисел. Такое взаимодействие имеет физические следствия. Принцип исключения Паули, фактически, ответственен за организацию периодической системы элементов и, во многом, за систематику таблицы нуклидов.

(2) Обмен «метками» в уравнениях. Частицы должны быть проименованы для того, чтобы иметь возможность их обсуждать, но уравнения должны давать одни и те же результаты при любой разметке. Это требование также эквивалентно взаимодействию, которое имеет физические следствия. В настоящее время частицы размечаются посредством координат, но нет причин почему это должно быть обязательно так. Обменные взаимодействия этого сорта являются чисто воображаемыми обменами, которые определенно не требуют использования пространственно-временных понятий.

Третьим взаимодействием требуемого вида мог бы быть обмен между микроскопическими системами некоторой физической величиной, такой как заряд, спин или энергия. Такой обмен легко может быть описан без использования «пространства», поскольку эти свойства не (непосредственно) геометрические. Однако трудно вообразить, что такой обмен не происходит в некоторое определенное «время». Эта трудность может возникнуть, так как мы упорствуем в экстраполяции нашего макроскопического чувства времени на микроскопический уровень; поскольку макроскопические объекты существуют во времени, мы ощущаем, что микроскопические объекты должны существовать таким же образом. Квантовая механика дает мало поддержки этому ощущению; уравнения, описывающие систему с избыточной энергией (возбужденное состояние), не содержат ничего соответствующего «времени испускания» для этой энергии. Микроскопическое описание показывает лишь непрерывную возможность для испускания энергии и только когда произведено наблюдение, время испускания приобретает смысл. Но это просто другой способ констатировать, что только когда происходит макроскопическое взаимодействие, время испускания приобретает смысл. Таким образом, квантовая механика в некотором смысле поддерживает представление о том, что обмены физическими величинами между микросистемами не происходят в определенные моменты времени. Как бы то ни было, два вышеупомянутых примера показывают, что взаимодействия внепространственной, вневременной природы, несомненно, можно себе представить.

Кроме того, если пространство-время интерпретируется в макроскопическом смысле, то важность окружающего вещества явно допускается во всех физических задачах, в которых используются переменные (x, y, z, t), так как эти переменные представляют сглаженный эффект макроскопического материала, присутствующего и важного для рассматриваемой физической задачи. Согласно многим авторам принципы квантовой механики требуют, чтобы «вселенная» учитывалась в каждой задаче и это, несомненно, совместимо с математическим формализмом. Хотя не совсем приемлемо цитировать Эддингтона по поводу квантовой механики, он выразил данное положение настолько хорошо, что я, как бы то ни было, сделаю это:

> «Окружающая среда никогда не должна оставаться без рассмотрения. Было бы бесполезно разрабатывать формулы для поведения атома в условиях, которые подразумевают, что остальное вещество вселенной аннигилировало. В теории относительности мы не признаем понятие атома как вещи полностью в себе. Мы можем рассматривать атом без физической вселенной, в которую он помещен, не более, чем рассматривать гору без планеты, на которой она стоит.»[13]

Мы вполне хорошо сознаем, что уравнения квантовой механики небесполезны. Макроскопическая интерпретация наводит на мысль, что квантовая механика (также как классическая физика) настолько успешна потому, что, в использовании пространственно-временной системы отсчета, теория «незаметно» задействует вселенную таким образом, чтобы представить ее наиболее существенные свойства.

Рассмотрим с этой точки зрения волновое уравнение для свободной частицы, например, уравнение Шредингера. Такое уравнение, как иногда говорится, описывает полностью изолированную частицу массы m. Но, конечно, это не так. Эмпирически, оно описывает, скорее, частицу в действительной физической вселенной при условиях, в которых она редко взаимодействует с любой другой отдельной микроскопической частицей. Это не то же самое, что сказать будто она изолирована, ибо она находится в одном «ящике» с громадным числом других частиц, похожих и непохожих. Если вселенная должна быть частью вся-

[13] A. S. Eddington, *Fundamental Theory* (Cambridge University Press, New York, 1946), p. 13.

кой задачи, то некоторые параметры или переменные в уравнении Шредингера должны иметь отношение к (среднему) влиянию этих других частиц. Вполне последовательно рассматривать (x, y, z, t) как эти переменные, «m» — как параметр, отсылающий к самой микроскопической системе и волновую функцию — как выражение взаимодействия между микроскопической системой и макроскопической системой, содержащей остальные частицы вселенной.

Если рассматривают плоско-волновые решения, которые имеют бесконечное протяжение (в той степени, в которой термин «протяжение» применим), это кажется очень просто. Это остается точно так же просто, однако, когда рассматриваются другие решения. Другие решения могут мыслиться либо как суперпозиция плоских волн — к каждой из которых применим вышеупомянутый аргумент, — либо как результат наложения границ или барьеров, через которые частица может проходить лишь с трудом. Такие границы — например, острая кромка щели — представляют перераспределение некоторого материала вселенной относительно среднего распределения, предполагаемого в интерпретации плоско-волновых решений. Решения, поэтому, разные, не из-за того, что микроскопическая система (характеризуемая в каждом случае посредством «m») как-то изменилась, а из-за того, что изменилось ее окружение и волновые решения описывают отношение между частицей и ее окружением.

Макроскопическая интерпретация упрощает трактовку соотношений неопределенности Гейзенберга. Эти соотношения более не относятся строго к одиночной микросистеме. Взамен они устанавливают ограничения на то, как точно некоторый макроскопический прибор может задать пространственно-временную систему для микроскопической частицы. Как ясно подчеркнуто Бором, *расположения экспериментальной аппаратуры для измерения положения и импульса являются взаимно исключающими*[14]. Значит можно твердо утверждать, что макроскопический прибор определяет пространство-время, имеющее силу на макроскопическом уровне, но что не все так определенные пространственно-временные системы эквивалентны когда мы пытаемся экстраполировать их в микроскопическую область. Все такие экстраполяции неизбежно терпят крах, так как пространство-время имеет смысл только на ма-

[14]N. Bohr, "Discussion with Einstein on epistemological problems in atomic physics," in *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*, edited by P. A. Schilpp (Tudor Publishing Company, New York, 1949).

кроскопическом уровне. Однако они могут терпеть крах различными способами. Одни проваливаются при определении координат в малом; другие — при определении динамических переменных, сопряженных координатам; вообще, все они должны терпеть неудачу при определении как первых, так и вторых точнее меры, требуемой соотношениями неопределенности. Эти соотношения, таким образом, не говорят ничего непосредственно о микроскопических частицах, но, взамен, устанавливают нижние границы применимости понятий пространства и времени.

Хорошо известно, что квантовая механика может делать предсказания только для статистических ансамблей систем. Такие предсказания — всегда на языке классических пространства и времени, т. е. они поддаются проверке лабораторными экспериментами, подразумевающими макроскопический прибор. Как только статистическая природа самого пространства-времени признана, более нет необходимости для рассмотрения микросистемы как почему-то проявляющей индетерминированное поведение или для рассмотрения микроскопических событий как непричинных. Микроскопическим системам нет нужды подчиняться «законам случая» вследствие того, что статистический характер может, в равной степени, проникнуть через макроскопическую природу пространства и времени.

Это, конечно, не вполне удовлетворительно. Описание в пространстве-времени отброшено, но для него не может быть предложено замены. Тем не менее, макроскопическая интерпретация предлагает иную философски точку зрения, равно как и специфические задачи, которых нет в общепринятой интерпретации. В частности, можно попытаться сформулировать свойства микросистем на таком абстрактном языке, чтобы свойства пространства-времени в целом могли быть выведены из свойств громадного скопления таких микросистем. Можно было бы двигаться одним из, по меньшей мере, двух различных путей: (1) пытаться вывести из абстрактных свойств статистически определенную величину, которая обладает свойствами релятивистского инвариантного интервала ds^2 или (2) пытаться вывести из абстрактных свойств уравнение, имеющее характер волнового уравнения, в котором некоторые статистически определенные члены могут быть отождествлены с пространственно-временными переменными (x, y, z, t). Вигнер[15] дал простой пример пер-

[15] E. Wigner, “Relativistic invariance of quantum-mechanical equations,” in *Jubilee of Relativity Proceedings* (Birkhäuser Verlag, Basel, 1956); Helv. Phys. Acta, Suppl. IV, p. 220.

вого рода, а я сам приложил усилия в направлении второго подхода (без заслуживающего внимания успеха). Тем не менее, если бы такие процедуры могли быть доведены до конца, нас ожидали бы самые интересные физически и философски результаты.

Сомнительная роль пространственно-временного континуума в микроскопической физике[1]

Дж. Ф. Чью

Department of Applied Mathematics and Theoretical Physics, University of Cambridge

Далее следует перевод статьи: G. F. Chew, “The dubious role of the space-time continuum in microscopic physics,” Science Progress, October 1963, Volume LI, No. 204, pp. 529-539.

Один из главных уроков, которые преподносит нам развитие физики, состоит в том, что в структуре всякой физической теории следует избегать понятий, не поддающихся экспериментальной проверке. Данное требование не всегда выполнялось для успешных на тот или иной период теорий, и тем не менее с устранением из теории ненаблюдаемых аспектов неоднократно был связан существенный научный прогресс. Так, физикам XIX столетия было весьма трудно отказаться от представления о всепроникающем эфире; однако до тех пор, пока данное понятие не было элиминировано в силу своей ненаблюдаемости, оставалось невозможным развитие принципа относительности. И хотя даже сегодня мы не можем категорически утверждать, что довольно изощренная в теоретическом плане концепция эфира с необходимостью ошибочна, современные физики глубоко убеждены в том, что теория, содержащая эфир лишь на уровне декларации, гораздо менее удовлетворительна в сравнении с теорией, где на подобные понятия наложен запрет. Мой тезис в данной лекции будет состоять в предположении, что пространство и время в современной микроскопической физике играют примерно ту же роль, что и понятие эфира в макроскопической физике конца XIX века. Возможно, нам никогда не удастся продемонстрировать *несуществование* пространственно-временного континуума, однако все большее число физиков приходит к мысли, что дальнейшее существенное продвижение в теории предполагает отказ от ненаблюдаемого континуума. Мы должны пытаться строить теорию в терминах лишь измеримых величин.

Почему пространственно-временной континуум a priori ненаблюдаем? Точнее говоря, почему невозможно определить положение некоторого объекта с произвольной точностью? Те, кто знаком с принципом неопределенности Гейзенберга, правильно отметят здесь его ключевую роль, однако этого еще недостаточно для исчерпывающего ответа. Дело в том, что в нерелятивистском случае принцип неопределенности утверждает

[1] Перевод с английского С. В. Болохова и А. В. Пилипенко.

лишь невозможность *одновременного* измерения положения и импульса с произвольной точностью. При этом остается принципиальная возможность точного определения координаты, если импульс вовсе не подвергается измерению. Если говорить более конкретно, то измерение координаты путем рассеяния кванта света (фотона) на исследуемом объекте ограничено по своей точности дифракционными эффектами, зависящими от длины волны фотона λ, однако последняя в принципе может быть сделана сколь угодно малой. Уменьшение длины волны означает рост импульса фотона согласно соотношению Де Бройля $p = \hbar/\lambda$, где $\hbar$ – постоянная Планка, что ведет к увеличению импульса отдачи объекта в ходе измерительной процедуры. Но если нас не интересует импульс объекта ни до, ни после эксперимента, то возможность неограниченно точного измерения положения вынуждает нас заключить, что нерелятивистская квантовая механика не запрещает явное экспериментальное изучение пространственно-временного континуума.

Однако именно релятивистская эквивалентность массы и энергии накладывает абсолютные ограничения на наши измерительные возможности по определению пространственного положения частиц. Когда фотон (или любая другая частица, играющая роль зонда) имеет энергию большую, чем энергия покоя зондируемого объекта, в ходе столкновения начинают рождаться новые частицы, что ведет к изменению физической ситуации в целом. Мы теряем даже возможность идентифицировать первоначальный объект, положение которого мы измеряли. Поскольку трудности начинаются с энергий зондирующей частицы порядка mc^2 (т.е. импульса порядка mc), критическая длина волны оказывается равной $\hbar/mc$, где m есть масса легчайшей частицы, могущей родиться в ходе столкновения. Если считать m массой электрона, критический масштаб получится порядка 10^{-11} см. Однако во многих экспериментах по столкновению частиц сравнительно легче рождаются пи-мезоны, нежели электроны. Взяв в качестве критерия массу пиона, приходим к величине порядка 10^{-13} см как пределу наших возможностей по измерению пространственных координат.

Чрезвычайно важно понять, что не существует соответствующего предела измеримости импульса или, что эквивалентно, скорости. Позволив частице без столкновений путешествовать на достаточно большие расстояния, мы можем вычислить ее скорость с произвольной точностью посредством *макроскопических* пространственно-временных измерений в начале и конце проходимого ею пути. Массу же одной частицы. отнесенную к массе другой, можно определить с помощью закона сохранения полного импульса путем измерения углов разлета в ходе взаимного столкновения. (Лишь отношения масс являются существенными.) И вновь для достижения произвольной точности (по крайней мере, в бесконечной

Вселенной) требуются лишь макроскопические пространственные измерения. Таким образом, существует экспериментальная возможность изучения континуума импульсов (и энергий) даже несмотря на отсутствие таковой в случае пространства-времени.

Эти соображения известны уже в течение примерно трети столетия, начиная с первого столкновения квантовой механики с теорией относительности. Почему же тогда эти тридцать лет были истрачены физиками-теоретиками в попытках построить микроскопические теории, содержащие в качестве центрального понятия пространственно-временной континуум? Ответ в значительной степени тот же, что и в случае эфира: существование пространственно-временного континуума, во-первых, «очевидно», а во-вторых, на нем были основаны все предыдущие физические теории. При этом склонны забывать тот факт, что все эти теории не имели дела с явлениями на расстояниях порядка 10^{-13} см.

Три следующих фактора сыграли существенную роль в поддержании незыблемого статуса пространства-времени в микроскопической физике. Первым из них стало успешное предсказание ряда свойств электрона; такого рода предсказания возникли как результат попыток квантования уравнений Максвелла для электромагнитного поля. Уравнения поля – а фактически, и само понятие поля – зависят от пространственно-временного континуума, а верные экспериментальные предсказания, явившиеся следствием усилий по квантованию теории Максвелла, укрепили и статус полей в целом. Стала общепринятой точка зрения, согласно которой единственный путь избежать действия на расстоянии – и, таким образом, не нарушить принцип причинности – это сформулировать фундаментальные физические законы в терминах полей. Тот факт, что последовательные квантово-полевые уравнения, включающие в себя взаимодействие, так и не были получены, был затенен успехами теории возмущений и ее экспериментальными предсказаниями в отношении свойств электрона. Явная сходимость ряда теории возмущений есть следствие малости безразмерного параметра, постоянной тонкой структуры e^2/hc = 1/137, причем, как известно, значимый вклад дают лишь первые члены разложения. Так называемая квантовая электродинамика, как стало ясно сегодня, не есть теория поля в том же смысле, что и квантованные уравнения Максвелла, а представляет собой релятивистский квантовый «рецепт» (совместимый в подходящем пределе с классической, т.е. неквантованной теорией поля) для предсказания большинства наблюдаемых атомных явлений, а также некоторых ядерных, в терминах постоянной тонкой структуры и масс частиц. Важно понимать, что этот рецепт может быть дан (и часто дается) в форме, где не фигурируют ни поля, ни пространство-время. В описании должны возникать лишь измеримые величины, такие как импульсы частиц. Тем не менее указанный рецепт исторически был открыт в ходе попыток проквантовать полевые уравнения, и данное обстоятельство, даже несмотря на неудачность этих попыток, упрочнило статус пространственно-временного континуума в микроскопической физике.

Трудности в получении совместных полевых уравнений со взаимодействием напрямую связаны с ненаблюдаемостью лежащего в их основе пространственно-временного континуума. Взаимодействие в теории поля обычно реализуется перемножением различных полей, взятых в одной и той же точке пространства-времени. Таким образом избегают действия на расстоянии, однако попытка локализовать взаимодействие в бесконечно малой области неизбежно ведет (в силу соображений, рассмотренных выше) к рождению в данной области бесконечного числа частиц с неограниченным спектром энергий. В математическом плане локальное произведение квантовых полей никогда не было строго определено; физическое же происхождение данной проблемы обусловлено в точности теми же обстоятельствами, которые делают принципиально непроверяемым существование пространственно-временного континуума.

Возвращаясь к обсуждению обстоятельств *в поддержку* полевой теории, я должен упомянуть о достигнутом на сегодняшний день понимании касательно существования античастиц, связи между спином и характером симметрии при обмене частицами, а также ряда других, экспериментально наблюдаемых, специальных симметрий. Данное понимание исторически было основано на изучении свойств отдельных, невзаимодействующих полей и не требовало явного построения реалистичной теории поля – конструкции, которой по вышеназванным причинам так никогда и не удавалось достичь. Позже я объясню, что все вышеперечисленные вещи, как недавно было показано, можно понять и без обращения к понятию поля или пространства-времени; и лишь справедливости ради стоит сказать, что впервые на данную область пролила свет именно полевая теория.

Третье обстоятельство в пользу теории поля заключалось в неспособности физиков-теоретиков в течение многих лет представить «фундаментальные» законы взаимодействий на каком-либо ином языке, кроме пространственно-временного. Новые теории почти всегда основаны на аналогии со старыми, а мы никогда раньше не располагали теорией, в которой фундаментальные динамические законы формулировались бы исключительно в терминах импульсов. Но прежде чем покинуть старую хозяйку, столь долго бывшую нашим преданным спутником, необходимо хотя бы мельком взглянуть на привлекательную замену[2]. И лишь в половину последнего десятилетия эта замена, можно сказать, мелькнула перед нами ножкой за углом.

---

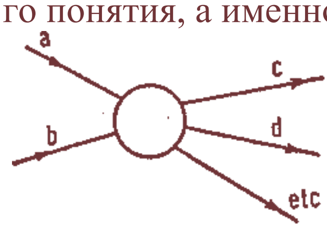
[2] Я обязан этой аналогией проф. Гелл-Манну.

Прежде чем описать прелести новой «хозяйки», позвольте мне коснуться чрезвычайно тонкого вопроса о том, что, собственно, составляет теорию вообще. Единственное определение, имеющее для меня смысл, состоит в следующем: теория есть *любой* набор правил, позволяющих приблизительно предсказать результат *произвольного* эксперимента. Конечно, некоторые теории оказываются лучше остальных, и степень превосходства возрастает с увеличением числа различных экспериментов, в отношении которых теория дает предсказания, а также с увеличением точности самих предсказаний, и уменьшается с ростом числа свободных параметров. Квантовая электродинамика в этом смысле ранжируется очень высоко; она содержит лишь постоянную тонкой структуры вкупе с массами частиц и покрывает огромное количество экспериментальных ситуаций. И все же она не описывает абсолютно все ситуации и имеет ограниченную точность даже в рамках своей области применимости. В атомной физике эксперименты обычно не в состоянии приблизиться к пределу точности квантовой электродинамики, но этот предел тем не менее существует, как это было для всех предшествующих и, скорее всего, для всех последующих теорий.

Таким образом, к разочарованию математиков, абсолютная истина никогда не была выполнимым требованием для физической теории; а что можно сказать насчет красоты последней? Я бы предположил, что когда число свободных параметров теории очень мало и область экспериментальных предсказаний весьма широка, то красота возникает сама собой. Для любой теории обычно можно найти множество различных математических формулировок, одни из которых эстетически привлекательнее других, но если теория имеет достаточно высокую степень превосходства согласно моему критерию, то в прошлом по крайней мере одна из её формулировок оказывалась приятной нашему чувству красоты. Подчас, однако, наиболее красивая формулировка оставалась неоткрытой в течение некоторого времени, после того как теория демонстрировала свои возможности. В таком случае критерий красоты хоть и не стоит игнорировать, но следует применять с осторожностью. Способность к экспериментальным предсказаниям по-прежнему есть единственно надежная мера физической теории.

Теория поля, даже не достигая красивой стадии замкнутого набора математически совместных уравнений, позволила сделать *немало* успешных предсказаний. Трудность в том, что ее предсказательная сила, по-видимому, сегодня превышена, по крайней мере, для случая так называемых «сильно взаимодействующих частиц». Эти частицы, подобно нейтрону и протону, взаимодействуют посредством мощных короткодействующих сил. Все открытые к настоящему времени частицы, за исключением фотона, электрона, мюона и нейтрино, относятся к данному типу, однако теория поля оказалась не в состоянии описать их свойства – и, тем более, их происхождение. Методика разложения в степенной ряд, применимая для электрона (и мюона), становится бесполезной в отсутствие малого безразмерного параметра типа постоянной тонкой структуры. Гейзенберг не оставляет надежды обнаружить подходящий набор полевых уравнений, однако я убежден, что корень затруднений лежит непосредственно в пространственно-временном континууме. Используя в качестве математических объектов полевые величины, являющиеся локальными функциями принципиально ненаблюдаемых переменных, мы тем самым порождаем полностью вымышленные трудности.

Теперь позвольте мне перейти к вопросу о том, как микроскопическая теория может основываться непосредственно на понятии импульса, игнорируя пространственно-временной континуум. В настоящее время наблюдается рост попыток построить такую теорию, причем менее опытные физики имеют некоторое преимущество в работе с новым понятийным каркасом. (Обратная корреляция между продуктивностью и опытом в подобной ситуации весьма примечательна.) Уже много различных исследователей внесли важный вклад в эту область, зачастую пересекаясь друг с другом, так что мне следует быть корректнее по поводу происхождения тех идей, которые я упомяну. Позвольте мне начать со старого, но базового понятия, а именно с амплитуды рассеяния или S-матричного элемента.



Единственно возможный эксперимент, позволяющий нам изучать процессы в микроскопической вселенной, заключается в столкновении групп частиц и наблюдении различных продуктов распада. Для квантово-механического описания такого процесса, пример которого показан на рисунке, вводится комплексное число $S_{ab\cdots cd\cdots}$, квадрат модуля которого дает вероятность реакции. Это число называется амплитудой рассеяния, или, более общо, элементом матрицы рассеяния – поскольку полный набор таких амплитуд образует бесконечную квадратную матрицу. Можно показать, что S-матрица унитарна и ее элементы преобразуются в соответствии с релятивистскими требованиями при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой. Знать S-матрицу означает обладать максимально полной информацией о микромире; теория, позволяющая вычислить S-матрицу, является полной, поскольку дает возможность предсказать результат любого эксперимента. Важность S-матрицы была осознана (в особенности Гейзенбергом) вскоре после развития квантовой механики, однако долгое время казалось, что концепция S-матрицы слишком замысловата, чтобы служить проводником к фундаментальным законам микромира. Это было особенно верно в тот период, когда все внимание было приковано к понятию «элементарных» частиц. Пока было сильно ощущение, что вся материя может быть составлена из комбинаций нескольких фундаментальных объектов, было мало причин для формулирования базовых теорий в терминах амплитуд рассеяния. Стремились строить теории, кладя в основу свойства отдельных частиц, а не специфику их взаимодействий. К настоящему моменту, однако, обнаружено столь много равноправных сильновзаимодействующих частиц, что понятие «элементарности» несколько потеряло в репутации. Теперь считается, что каждая сильновзаимодействующая частица может состоять из всех остальных; ни одна из них не более фундаментальна, чем любая другая. Объяснение того, какие же частицы существуют, лежит в структуре взаимодействий: другими словами, та же самая сила, что порождает эффекты рассеяния, может привести и к связанному состоянию, а последнее есть не что иное, как частица. С этой точки зрения S-матрица представляется вполне подходящей структурой для отыскания ключа к макроскопической вселенной. Более того, ключ, по всей вероятности, уже найден.

Ключ лежит в *аналитичности* S-матричного элемента как функции импульсов входящих и выходящих частиц. Мнение физиков об аналитичности амплитуд рассеяния двоякое. Одни находят очевидным, почти тривиальным, что локальная зависимость от энергии или угла представима в форме разложения в ряд. Другим данное обстоятельство представляется весьма загадочным. Лично я испытываю некоторые колебания между этими двумя позициями, но, независимо от этих точек зрения, совокупные экспериментальные данные за тридцать дет ядерных исследований всецело подтверждают справедливость свойства аналитичности.

Принятие аналитичности в качестве базового принципа порождает невероятное число следствий. Стапп показал, как я уже упоминал, что все общие симметрии, прежде выведенные в рамках теории поля, можно получить из свойства аналитичности. Более того, предсказательная рецептура квантовой электродинамики также может быть выведена. Фактически, *вся* предсказательная мощь предписаний, мотивированных теорией поля, может быть воспроизведена в рамках аналитической S-матрицы без упоминания пространства-времени или полей. Данное обстоятельство, на которое впервые обратил внимание Гелл-Манн в 1956 г., было впоследствии проверено длинной серией исследований с участием таких видных имен, как Голдбергер, Лоу, Мандельстам, Нишиджима, Ландау, Каткоски, Фруассар, Стапп, Полкингорн и Гансон. И эти достижения – только начало.

Предсказательная сила полевых теорий для случая сильных взаимодействий оказалась незначительной (по причинам, объясненным выше), тогда как аналитическая S-матрица уже привела к количественному пониманию ряда ситуаций с участием сильновзаимодействующих частиц с учетом знания того, какие частицы реально существуют. Знать, какие частицы существуют, означает знать чрезвычайно много (к этому пункту я еще вернусь). Стоит осознать тот факт, что после трех десятилетий проблема низкоэнергетических ядерных сил, сформулированная в первоначальных терминах, была решена посредством формализма аналитической S-матрицы. Задача эта весьма сложная, и некоторые её аспекты требуют дальнейшего исследования, но уже успешно объяснено столь многое, что не приходится сомневаться в конечном результате. То же самое можно сказать и о низко-энергетическом взаимодействии между пионом и нуклоном, и нет никаких указаний на то, что данный случай (за исключением большей вычислительной сложности) принципиально отличается от случая иных сильно-взаимодействующих частиц. Сейчас интенсивно обсуждаются методы описания в области высоко-энергетических взаимодействий, и имеются благоприятные признаки того, что вскоре удастся развить соответствующие вычислительные процедуры. Если мы чем-то и удручены здесь, так это лишь сложностью исследуемых ядерных реакций и ограниченностью человеческих сил, но уж никак не нехваткой содержательности в концепции аналитической S-матрицы.

Упомянутое осложнение вынуждает меня отметить еще одно различие между математикой и физикой. Физические измерения всегда содержат ошибки, а теоретические предсказания – долю неопределенности, поскольку любая реальная физическая ситуация с неизбежностью слишком запутанна, чтобы теоретические оценки оказались абсолютно точны. Как следствие, любая теория может быть опровергнута, но в то же время никогда нельзя сказать, что она абсолютно подтверждена экспериментально. Сопоставление теории с экспериментом всегда включает и будет включать аппроксимацию и ограничение рамками простейших ситуаций, и теория признается успешной не тогда, когда она прошла все мыслимые тесты (чего не бывает никогда), а лишь тогда, когда она выдержала «впечатляющее» количество проверок и ни одной не провалила. Именно в этом ключе неспециалист должен воспринимать дискуссии, бушующие сегодня вокруг статуса S-матричной теории. Вы найдете в них общие параллели с моими негативными замечаниями в адрес теории поля, однако не слишком удивляйтесь, если три из четырех встреченных вами физиков-теоретиков выразят скепсис по поводу предсказательной силы теории S-матрицы. Одно из двух: либо они не осведомлены об обширном многообразии экспериментальных тестов, уже успешно пройденных теорией, либо их не впечатлили эти тесты по причине недостаточной «чистоты». В такой ситуации ничего не поделать – разве что подобрать для каждого конкретного физика эксперимент или целую их серию, удовлетворяющую *его* персональным стандартам. Нет нужды говорить, что мои удовлетворены уже достаточно давно.

Для *меня* уже нет вопросов в том, что при заданном наборе частиц аналитическая S-матрица дает возможность описать в деталях характер их дальнейшего поведения; важный пункт сейчас состоит в том, может ли она *также* сообщить, почему наблюдаемые частицы, в первую очередь, существуют. Я убежден, что теория S-матрицы в весьма высокой степени готова ответить на этот вопрос, по крайней мере для случая сильновзаимодействующих частиц, и мои соображения следующие: прежде всего (как уже заявлялось), я принимаю допущение, что каждая сильновзаимодействующая частица есть динамическая композиция других частиц; все они являются равноправными с точки зрения S-матрицы. Тогда происхождение *определенных* частиц, таких как дейтрон и нестабильный объект, называемый (3,3)-резонансом, посредством аналитической S-матрицы уже оказывается связанным с существованием некоторых других частиц (так, в приведенных примерах первичную роль играют пион и нуклон). Причина, по которой такого рода соотношения легче устанавливаются для одних частиц, чем для других, вовсе не фундаментальна; это вопрос специфики вычислительных методов, развитых к настоящему времени. Постоянно появляются новые методы и устанавливаются все больше связей между разными частицами; и не видно ничего такого, что бы принципиально ограничивало нашу способность объяснять существование любой частицы при наличии информации об определенных других частицах. В такой замкнутой и чрезвычайно нелинейной ситуации я нахожу затруднительным предполагать существование более чем одного самосогласованного набора частиц. Фактически, даже существование одного такого набора кажется удивительным тому, кто ознакомился в деталях с требованиями самосогласованности. Степень чуда несколько уменьшится, если предположить, что не только частицы, но и группы симметрий, обусловливающие сильные взаимодействия, выбираются из требования самосогласованности в структуре аналитической S-матрицы. Таким образом, не так уж и непостижим тот факт, что для сильных взаимодействий *единственно* необходимый элемент теории – аналитичность[3].

Таким образом, теория S-матрицы действительно пребывает сегодня в беспрецедентной, но вполне приятной ситуации, заключая в простом принципе едва ли не большую мощь, чем теоретики до сих пор имели в своем распоряжении, при этом не имея ни малейшего намека на какие-либо принципиальные недостатки. Почему же тогда не наблюдается панического бегства прочь от теории поля в распростертые объятья аналитической S-матрицы? Я уже обсуждал ряд причин такой нерешительности консервативно мыслящих теоретиков; позвольте мне завершить этот крат-

---

[3] Фотон и лептоны имеют особые и примечательные характеристики, которые выделяют их из общего ряда; в данном случае труднее поверить, что всё дело сводится к одной лишь аналитичности. Возможная причина специфического статуса фотона упоминается в конце данной статьи.

кий обзор S-матричной теории попыткой прояснить еще одну, чрезвычайно тонкую, но психологически существенную причину.

Все динамические теории в прошлом были даны в форме уравнений движения, и многие физики просто не могут поверить, что возможно иметь динамику без уравнений. Похоже, что в S-матричной теории фундаментальное уравнение отсутствует. Можно просто сказать: S-матрица есть Лоренц-инвариантная аналитическая функция энергий и импульсов, чья структура полюсов согласована с требованием унитарности. Точка! В силу ряда причин пока еще рано говорить, что данное утверждение нашло точное математическое отражение, и сегодня много высокоталантливых специалистов прилагают крайне важные усилия в достижении необходимого уровня строгости; но перспектив получить на этом пути обычное уравнение движения нет. Уравнения, которые мы действительно имеем и на которых основаны все предсказания теории, суть формулы Коши (иногда называемые в данном контексте дисперсионными соотношениями), описывающие аналитическую функцию в терминах ее полюсов и точек ветвления, а также аналитически продолженное условие унитарности, определяющее расположение и природу данных точек ветвления и полюсов. Невозможно, однако, записать сразу *все* эти уравнения, поскольку их бесконечное число вследствие бесконечной размерности S-матрицы; любой же конечный их набор влечет неполноту описания. Единственно возможное полное описание – именно то, которое указано мною выше, и оно, на мой взгляд, обладает несомненной красотой, хотя и невыразимо в форме каких-либо уравнений движения. Вследствие этого множество выдающихся физиков-теоретиков находят невозможным принять S-матричную теорию всерьез.

В заключение позвольте мне вернуться к вопросу пространства-времени. Никто не предлагает лишить пространство-время базового статуса в *макроскопической* физике; дело обстоит как раз наоборот, поскольку процедура измерения импульсов, задающих S-матрицу, существенно зависит от макроскопических пространственно-временных измерений. Означает ли это, что невозможна непрерывная связь между микро- и макроскопическими мирами? Данная ситуация ничуть не страшнее той, что всегда имела место в квантовой механике, где общепринятое объяснение соотношения между классическим наблюдателем и квантовыми законами вызывает у многих сильный дискомфорт. На самом деле, теория S-матрицы в конечном счете может привести нас к лучшему пониманию связи между микро- и макромиром. Как подчеркивал Стапп, она избавляет нас от большей части аппарата квантовой механики (операторов, правил коммутации, векторов состояния), сохраняя лишь принцип суперпозиции. Таким образом, любопытной стороной предлагаемой теории является тот факт, что её, в отличие от квантовой теории поля, способна оценить даже более широкая аудитория. Ведь идея аналитичности гораздо тривиальнее для понимания, чем свойства, приписываемые полевым операторам.

До сегодняшнего дня никто не предпринимал радикальных попыток выстроить цепочку связующих звеньев между макроскопическим понятием пространства-времени и S-матрицей. Однако одно поразительное обстоятельство не должно ускользнуть от нашего внимания: любые экспериментальные измерения макроскопических траекторий частиц требуют дальнодействующих электромагнитных взаимодействий. Иными словами, с точки зрения S-матричного подхода, само определение пространства-времени в целом требует существования электромагнитного кванта, фотона. Несомненно, поэтому фотон с его нулевой массой покоя выделяется из общего ряда.

Как видите, новая теория, идущая на смену старой хозяйке, полна загадок, но, соответственно, полна и надежд. Старая же продолжает отчаянно цепляться за свой статус, но время её позади. Физика двадцатого столетия уже подверглась двум захватывающим дух революциям – в теории относительности и квантовой механике. Мы стоим на пороге третьей.