

P2-2012-140

А. Б. Пестов *

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ.
ОСНОВАНИЯ ЕДИНОЙ ФИЗИКИ

* E-mail: pestov@theor.jinr.ru

Пестов А. Б.

P2-2012-140

Геометрическая теория фундаментальных взаимодействий.
Основания единой физики

Предполагается, что закономерности единой физики содержатся в одном простом отношении: все в понятии пространства и понятие пространства во всем. На основе этой гипотезы создана концептуальная структура единой геометрической теории фундаментальных взаимодействий и дан дедуктивный вывод ее основных уравнений. Сформулированная теория содержит решение актуальных проблем, позволяет понять происхождение и природу физических полей, локальной внутренней симметрии, времени, энергии, спина, заряда, конфайнмента, темной энергии и темной материи, подтверждая этим существование новой физики в ее единстве.

Работа выполнена в Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2012

Pestov I. B.

P2-2012-140

Geometric Theory of Fundamental Interactions.
Foundations of Unified Physics

We put forward an idea that regularities of unified physics are in a simple relation: everything in the concept of space and the concept of space in everything. With this hypothesis as a ground, a conceptual structure of a unified geometrical theory of fundamental interactions is created and deductive derivation of its main equations is produced. The formulated theory gives solution of the actual problems, provides opportunity to understand the origin and nature of physical fields, local internal symmetry, time, energy, spin, charge, confinement, dark energy and dark matter, thus conforming the existence of new physics in its unity.

The investigation has been performed at the Bogoliubov Laboratory of Theoretical Physics, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2012

1. ВВОДНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Первое последовательное изложение единой геометрической теории фундаментальных взаимодействий, которая будет упоминаться как общая квантовая механика, представлено в форме четырех сообщений. В первом сообщении дано развернутое представление о целях и задачах сформулированной теории, ее концептуальной структуре, применяемых методах и полученных результатах. Математический аппарат используется в максимально упрощенном виде, так что это сообщение можно рассматривать и как попытку оценить возможное значение гипотезы геометризации для развития физики. Математической формулировке принципов общей квантовой механики и выводу ее основных уравнений посвящены другие три сообщения, которые тематически соответствуют теории гравитационного поля, теории элементарных частиц и новой форме энергии, которая взаимодействует только гравитационно. Излагаемую теорию не следует рассматривать как альтернативу чему бы то ни было, так как она подготовлена всем развитием физики и математики. Это просто конкретная программа построения единой физики, вытекающая из гипотезы геометризации и изложенная достаточно систематически и последовательно. Общие ссылки к этому разделу ([1–29]) представлены в виде подборки общих рассуждений известных исследователей, чтобы создать фон, на котором важные положения единой физики выглядят вполне естественно. О проделанной подготовительной работе дают некоторое представление публикации [60–83].

2. О ПРЕДМЕРЕ ОБЩЕЙ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ

Общая квантовая механика ставит своей целью понять и объяснить физический мир, рассматривая микромир и макромир как различные аспекты единого целого на основе гипотезы геометризации: все в понятии пространства и понятие пространства во всем. Гипотеза геометризации предполагает поиск доказательства для любого положения и точного определения для любого понятия, чтобы была ясна система отношений рассматриваемых объектов и было понятно, какие аспекты природы есть различные аспекты одной и той же сущности. Доказано, что идея единства природы, разумная с физической точки зрения, разумна и математически. Согласно гипотезе геометри-

зации объектом изучения общей квантовой механики служат невозмущенные внешним воздействием физические системы и происходящие в них реальные физические процессы, которые по самой своей сути не зависят ни от каких внешних условий и подчиняются своим собственным внутренним закономерностям. Главное — установить эти закономерности — чертежи, по которым может быть реконструирован физический мир.

Реальные физические процессы — это то, что происходит на самом деле. В чувственном опыте и экспериментах реальные физические процессы представлены физическими явлениями. Явления — это то, что мы наблюдаем непосредственно, что нам является, что относительно и обыденно. Поэтому часто бывает трудно распознать в том, что мы наблюдаем, что является нам, происходящее в действительности, явление и сущность вместе. Так, со временем стало ясно, что Земля вращается, а то, что мы постоянно наблюдаем, выглядит как движение Солнца с востока на запад, как то, что является нам. Переход от явлений к представлению о реальных физических процессах вполне аналогичен переходу от видимых предметов к прямым, плоскостям и окружностям евклидовой геометрии, столь важной для практических приложений. Эксперименты расширяют спектр наблюдаемых явлений, но каждое экспериментальное исследование всегда сопровождается возмущениями и неопределенностями, которые невозможно устранить совершенствованием техники или искусства экспериментатора. Отсюда следует, что сам по себе экспериментальный метод распознавания свойств реальных физических процессов не может дать действительную картину происходящего даже в масштабах очень узкой области исследований и тем более, когда речь идет о структуре физического мира в целом. Только целенаправленное развитие приложений математики к физике, как показал впервые Ньютон, позволяет во всем относительно, кажущемся, обыденном увидеть абсолютное, истинное, математическое и тем самым избежать неправильных суждений с помощью такой уникальной способности, как умозрение. Эксперименты здесь дешевы, а отдача от них не имеет цены. Согласно Ньютону, сущность явления постигается математически. Действительно, фундаментальные законы представляют собой как бы взгляд изнутри на единый физический мир, поэтому их нельзя вывести индуктивно из наблюдений и экспериментов, которые, к тому же, всегда тематически разделены. Эксперимент может быть важен, если открытое в нем явление усматривать не только само по себе, но и в отношении ко всему многообразию явлений.

Приводимая здесь точка зрения состоит в следующем. Первое, природа отдельных элементов системы не может быть понята без учета свойств системы в целом, и поэтому не может быть адекватной теории гравитационного поля, имеющей дело только с гравитационным полем, или адекватной теории элементарных частиц, имеющей дело только с элементарными частицами. И второе, в мире реальных физических процессов, который только кажется

нам хаотическим, существует скрытый порядок, единый план, доступный пониманию сразу и в полном объеме математическими рассуждениями и доказательствами. Скрытый порядок единого мира реальных физических процессов закодирован в его уравнениях, решения которых дают раскрытый порядок. Первая задача состоит, следовательно, в том, чтобы составить эти уравнения, исходный критерий правильности и единственности которых — гипотеза геометризации, которая предполагает, что закономерности физического мира, где все фундаментальным образом зависит от всего другого, содержатся в одном простом отношении: все в понятии пространства и понятие пространства во всем.

Из гипотезы геометризации вытекает, что общая квантовая механика полностью закрыта для всякого рода внешних факторов, как то сил, начальных условий, фоновых метрик, феноменологических групп внутренней симметрии, феноменологических теорий поля и т.д. Это обстоятельство имеет важное значение, так как все внешние условия порождают неоднозначности, делая невыполнимой задачу построения адекватной математической теории реальных физических процессов. Если сформулированная теория позволяет понять и объяснить все, то для практических приложений будет уже неважно, как именно мы опишем взаимодействие между наблюдателем и наблюдаемым. Не нужно только считать, что бактерии создает микроскоп, если мы их не видим обычным зрением.

Так как понятие силы относится к внешним условиям, то физические поля в общей квантовой механике связаны с понятием энергии, а не силы. Все природные физические поля переносят энергию и поэтому характеризуются плотностью энергии и вектором потока энергии. Установление наиболее общей и адекватной формы закона сохранения энергии, в котором главную роль играют гравитационное поле и новая концепция времени, относится к одному из приоритетных результатов общей квантовой механики, так как его невозможно открыть вне рамок этой теории. Действительно, закон сохранения энергии справедлив только для полной системы полей, которая будет упоминаться как структурное поле. Система полей называется полной, если она включает в себя гравитационное поле. Закон сохранения энергии означает, что плотность энергии структурного поля есть первый интеграл его динамических уравнений и что вектор потока энергии гравитационного поля строго равен суммарному вектору потока других форм энергии. Таким образом, поток гравитационной энергии через поверхность, ограничивающую некоторый объем, в точности компенсирует увеличение или уменьшение плотности других форм энергии в этом объеме, так что суммарная плотность всех форм энергии все время остается неизменной. Если структурное поле представлено только одной гравитационной составляющей, то вектор потока гравитационной энергии равен нулю. Таким образом, в природе постоянно происходит перераспределение различных форм энергии, которое управляется законом

сохранения энергии и динамическими уравнениями — структурными законами единого физического мира. Из закона сохранения энергии следует, что так называемая темная энергия есть энергия гравитационного поля.

Развитие приложений общей квантовой механики предполагает построение на ее основе математических моделей для проведения расчетов и описания разного рода явлений, в том числе и связанных с проводимыми экспериментами. Такие модели строятся путем привнесения наблюдателем в общую квантовую механику тех или иных аппроксимаций. Например, возможна аппроксимация, когда одна или несколько составляющих структурного поля рассматриваются как внешние по отношению к другим составляющим. Может оказаться полезным изучить поведение физической системы в готовом физическом пространстве. В связи с этим остановимся на отношении общей квантовой механики к феноменологии.

Экспериментальная физика обслуживается математическими моделями, которые описывают и систематизируют производимые наблюдения, дают проверяемые предсказания и в совокупности составляют феноменологию, которая начиналась с весьма простых описательных моделей. Измеряя, например, давление и объем заданной массы газа при постоянной температуре, можно по результатам нескольких наблюдений заметить, что произведение давления на объем есть величина постоянная. Продолжая эту закономерность на все другие возможные значения измеряемых величин, получим математическую модель, которая дает ясные предсказания для других измерений. Феноменология по определению предназначена описывать и предсказывать, но не объяснять. К настоящему времени феноменология включает в себя весьма изощренные и сложные описательные математические модели. Феноменологическая теория рассматривает конкретный опыт и пытается описать его по возможности с минимальными искажениями или толкованиями, поэтому она имеет дело только с явлением, а не с его сущностью, которая остается скрытой и непознанной до конца, так как применение понятий, весьма близких к опыту, в значительной мере скрывает единство фундамента. Причина этого в том, что метод выделения из общего частного и постепенность исследования имеют своим основанием представление, что окончательной, адекватной теории физических явлений нет, а есть просто бесконечная последовательность феноменологических теорий, которые дают все более и более точное описание этих явлений. У общей квантовой механики, как уже отмечалось выше, другие цели и задачи, но она может представлять и феноменологию, рассматривая различные приближения, вносимые в нее извне.

Представляя реальные физические процессы, которые мы воспринимаем как наблюдаемые явления, общая квантовая механика открывает новые возможности для применения методов квантовой теории поля [30–32], весьма успешных при проведении вычислений по теории возмущений. Квантовая теория поля, несомненно, может сыграть важную роль для проведения вы-

числений в новой ситуации до того, как будут найдены регулярные методы решения нелинейных уравнений общей квантовой механики, позволяющие изучать и такие решения, которые нельзя получить методом линейных приближений. Квантовая теория гравитационного поля всегда представляла собой по преимуществу головоломку для теоретиков, так как не смогла привести к развитию осмысленных вычислительных приемов [33]. Эксперимент мало что дает для ее решения, за исключением только констатации того факта, что и квантовая механика, и гравитация проявляются в законах природы. Реальная надежда проверить теорию квантовой гравитации всегда состояла в том, что в процессе построения последовательной квантовой теории гравитационного поля можно будет понять, как гравитация объединяется с другими физическими полями. Эти надежды не оправдались. Для создания картины физического мира в целом расходимости, контрчлены, регуляризации и диаграммы Фейнмана не нужны. Задача объединения гравитационного поля и других физических полей решается в общей квантовой механике вне рамок понятия квантованного поля, однако она открывает новые возможности для решения проблемы квантования гравитационного поля.

Отметим также один важный момент, что измерения сами по себе, например, времени и заряда, какими бы точными они ни были, ничего не могут сказать ни о сущности времени, ни о сущности заряда; оставаясь только зрителем времени, наблюдатель никогда не сможет стать повелителем времени. Кроме того, численные результаты измерений, дополняющие непосредственные наблюдения над внешним миром, не охватывают всей Вселенной и даже не управляются своими собственными внутренними законами, а требуют всякого рода соглашений. Приведем простой пример. Великим открытием Роберта Майера было понимание того обстоятельства, что джоуль и калория относятся к одной и той же физической величине. Поэтому не только механический эквивалент теплоты, но и скорость света, и постоянная Планка, играющие такую же роль, не имеют важного значения для теории, оставаясь в то же время необходимыми и важными атрибутами измерительной практики и практических приложений теории, что вполне естественно и понятно.

Измерения должны удовлетворять только одному общему требованию: они должны быть статистически осмысленными, т. е. в результатах измерений должны быть определенные закономерности. Именно эти закономерности и должны представлять интерес для теории. Если измерения статистически осмысленны, то для их интерпретации могут применяться методы теории вероятностей, что относится к любым измерениям. Поэтому предпочтение следует отдавать таким теориям, в которых существование вероятностной меры следует из первых принципов, а не является результатом искусственных построений, к каким бы интересным результатам они не приводили. Как будет доказано, в общей квантовой механике существование вероятностной меры следует из гипотезы геометризации.

3. МНОГООБРАЗИЕ

Чтобы раскрыть физическое содержание гипотезы геометризации и увидеть содержащиеся в ней концепции и законы как элементы одной абсолютной структуры, необходимо прежде всего определиться с математическим содержанием, которое мы вкладываем в слово пространство. Так как требуется соединение различных идей, относящихся к топологии, геометрии, теории групп и теории поля, то естественно обратить внимание на различные аспекты важнейшего в геометрии понятия многообразия, которое достаточно давно и прочно укоренилось в математическом мышлении [34]. Попытаемся показать, что именно понятие многообразия отвечает целям и задачам единой физики.

Гладкое или дифференцируемое многообразие состоит из топологического многообразия и дифференцируемой структуры, определенной на нем. Дифференцируемая структура — это системы координат, в которых строится дифференциальное исчисление. Системы координат позволяют каждой точке многообразия поставить в соответствие набор чисел, которые называются координатами точки. Топологически нетривиальные многообразия нельзя обслужить одной системой координат, поэтому возникают области перекрытия, где одновременно задействованы по крайней мере две системы координат. Это обстоятельство тесно связано с так называемой общей ковариантностью уравнений. Физическое значение принципа общей ковариантности состоит в новом описании без какого-нибудь физического изменения, когда при движении по многообразию возникает еще одна координатная система и точки в некоторой области получают новые координаты наряду со старыми. На топологически нетривиальном многообразии может возникнуть ситуация, когда для задания состояния физического поля в области действия двух систем координат недостаточно знать состояние этого поля в одной и другой системах координат. В общем случае для сшивки может потребоваться два различных решения уравнений поля в одной и той же системе координат. Это приводит к изучению механизма образования тензорных полей репараметризацией и важному понятию репараметризационной инвариантности уравнений. Репараметризацию можно представить себе как перемещение точек заданной области, которое не выводит их за пределы этой области. Физическое значение репараметризационной инвариантности состоит в том, что передвижению точек ставится в соответствие преобразование физических полей, которое каждому решению уравнений поля ставит в соответствие новое решение тех же самых уравнений. Обсуждение репараметризационной инвариантности в контексте калибровочной инвариантности дано в [35]. Отметим, что образование тензорных полей репараметризацией имеет также важное значение при изучении сингулярностей физических полей, когда нужно отличить мнимые сингулярности от действительных [36]. Вывод состоит в том, что понятие

многообразия естественным образом включает в себя как принцип общей ковариантности, так и принцип репараметризационной инвариантности.

Известно, что топологическое многообразие всегда допускает дифференцируемую структуру, если его размерность не больше четырех [37]. Отсюда следует, что в случае общего положения размерность многообразия может принимать значения $n = 2, 3, 4$. Как видно, неоднозначность в выборе нужной размерности многообразия невелика и легко устранима. Как будет ясно из последующего, реальные физические процессы происходят в четырехмерном пространстве, а наши органы чувств могут фиксировать только проекцию четырехмерных процессов на трехмерное пространство.

Точки, кривые, конгруэнции кривых, подмногообразия образуют геометрическую структуру многообразия. Геометрическая структура многообразия задает очень ограниченный набор связанных с ней собственно геометрических полевых величин, которые определяются функционалами или системами обыкновенных дифференциальных уравнений, задающих конгруэнции кривых. Так, функционал длины кривой ассоциируется с геометрической полевой величиной, впервые открытой Риманом и известной в геометрии как положительно определенная риманова метрика. В общей квантовой механике состояния гравитационного поля описываются именно этой полевой величиной, тогда как псевдориманова метрика лоренцевой сигнатуры возникает как вспомогательное, вторичное понятие, играющее важную конструктивную роль при выводе динамических уравнений гравитационного поля и других полей. Положительно определенная риманова метрика будет упоминаться как потенциал гравитационного поля. Свообразие собственно гравитационного поля состоит не только в том, что оно суть единственное известное поле, для которого могут быть записаны нетривиальные динамические уравнения, инвариантные относительно репараметризации, но и в том, что оно отвечает за механизм генерации самого дифференцируемого многообразия, который обеспечивает естественное слияние геометрических и теоретико-полевых представлений. В полный набор собственно геометрических полевых величин входят кроме потенциала гравитационного поля также векторное поле, линейная связность, скалярное поле и ковекторное поле, антисимметричные тензорные поля. Перечисленные собственно геометрические полевые величины образуют структурное поле, а каждая из них будет упоминаться как составляющая структурного поля. Таким образом, гипотеза геометризации привносит с собой столь необходимые жесткие ограничения. Принципиально важно, что репараметризационная инвариантность буквально диктует необходимость рассмотрения структурного поля как единого целого, поскольку динамические уравнения составляющих структурного поля, отличных от его гравитационной составляющей, всего лишь ковариантны относительно репараметризации. Только уравнения полной системы полей инвариантны относительно репараметризации. Если физический мир суть единое целое, то требование

репараметризационной инвариантности есть то реальное, что действительно выражает это единство. Репараметризационная инвариантность и физический принцип универсальности гравитационных взаимодействий выражают одно и то же. Природа и происхождение репараметризационной инвариантности и другие затронутые выше темы представлены математическими рассуждениями и доказательствами во втором сообщении.

Если брать многообразие как чисто геометрический объект, то оно будет заранее заданным по отношению к тем полям, которые его заполняют. В теории, представляющей физический мир как одну сущность и поэтому свободной от всяких внешних условий, это обстоятельство совершенно неудовлетворительно. Необходимо указать механизм генерации многообразия, соответствующего данному состоянию полной системы физических полей. Это возможно осуществить, так как всякое многообразие может быть реализовано как поверхность в евклидовом пространстве достаточно большого числа измерений. Предполагая, что нам известно решение уравнений полной системы физических полей, инвариантной относительно репараметризации, мы можем найти и решение уравнений погружения многообразия в евклидово пространство. Это решение задает многообразие, соответствующее найденному состоянию структурного поля, и размерность объемлющего евклидова пространства. Уравнения погружения выражают тот факт, что метрика, индуцированная на поверхности внешним евклидовым пространством, приравнивается известному потенциалу гравитационного поля. Можно сказать, что так полученное многообразие есть геометрическое изображение состояния полной системы полей, изменяющееся вместе с изменением состояния системы.

Таким образом, окончательно выясняется, что понятие многообразия отвечает целям и задачам общей квантовой механики, получая в ней статус физического многообразия. Действительно, только пространство, понимаемое как многообразие, есть предпосылка существования структурного поля, которое, в свою очередь, отвечает за свойства многообразия, показывает, что оно такое и как оно существует. Концепцией физического многообразия общая квантовая механика вносит свой вклад в разработку понятия пространства — первичного понятия физики. Фундаментальное отношение конкретизируется и трактуется теперь так: все в понятии многообразия и понятие многообразия во всем.

4. ВРЕМЯ

Принято считать, что время дает нам возможное четвертое измерение, при этом утверждается, что время представляет собой непространственную переменную. Нетрудно понять, что если трактовать в таком духе время, то возможной дополнительной размерностью может быть что угодно, например,

температура. Для того чтобы отличать новую координату от старой, нужно просто ввести новые слова: температуроподобная координата и пространственноподобная координата. Действительно, представление о времени как о дополнительном измерении возникло в связи с открытием инвариантности уравнений Максвелла относительно преобразований Лоренца. Для объяснения этого нового явления были придуманы новые слова: пространственноподобная координата и времениподобная координата. Постоянное повторение этих слов сделало их привычными, и уже никаких вопросов более не возникало. Чтобы сделать вполне определенные выводы из этого рассуждения, обратимся к вопросу о том, как, собственно, определяется размерность многообразия. По отношению к декартовой системе отнесения каждая точка евклидова пространства представляется своими координатами. Каждая координата— это переменная величина, которая пробегает всю числовую ось. Поэтому все переменные величины такого рода имеют одну и ту же природу. Число этих независимых пространственных переменных равно размерности евклидова пространства. Размерность многообразия совпадает с размерностью евклидова пространства, определяющего его дифференцируемую структуру. Таким образом, размерность многообразия не имеет никакого отношения к времени и должна определяться из других условий, на которых мы уже останавливались выше. Естественное истинное время физики реальных процессов не может быть изначально координатой, так как в общей квантовой механике координаты не имеют ни геометрического, ни физического смысла и все совершенно равноправны. Отсюда следует, что физический смысл могут иметь только функции координат. Вывод состоит в том, что в соответствии с гипотезой геометризации время естественно рассматривать как внутреннее качество единого физического мира, проистекающее из его полевой природы, а не как дополнительное измерение. В общей квантовой механике время раскрывается как природная полевая величина, что позволяет говорить о законах, действующих во все времена. Новая полевая концепция времени оправдывает и объясняет наши интуитивные представления о времени как о чем-то глубоко отличном от пространства, относящемся сразу ко всему пространству и тесно связанном с законом сохранения энергии. Другой аргумент в пользу полевой концепции времени связан с причинностью и динамикой полей. Действительно, величина поля в данной точке физического многообразия и скорость изменения поля со временем в этой точке имеют для полей такое же значение, какое для частиц имеют положение и скорость. Определение скорости изменения поля со временем должно быть согласовано с принципом общей ковариантности, согласно которому скорость изменения поля со временем, равная нулю в какой-то системе координат, должна равняться нулю и в любой другой допустимой системе координат, так как от выбора системы координат ничего не зависит. Это также однозначно приводит к полевой концепции времени. Природное время существует в форме скалярного темпорального

поля, позволяющего понять и объяснить все многообразие отношений между временем и бытием. Попытаемся раскрыть содержание этого тезиса.

Поток времени определяется как направление быстрейшего возрастания (убывания) поля времени, как градиент темпорального поля. Поток времени определяет линейный дифференциальный оператор — производную по направлению потока времени. Применяя этот оператор к конкретному полю, найдем величину, которая будет упоминаться как скорость изменения рассматриваемого поля со временем. Так, определенная скорость изменения поля со временем удовлетворяет важному условию: если она равна нулю в одной системе координат, то она будет равной нулю и в любой допустимой системе координат. Таким образом, скорость изменения поля со временем во всех случаях представляет собой тензорную величину, которую можно рассматривать как элементарный шаг естественной эволюции этого поля. Отсюда следует, что динамические уравнения общей квантовой механики определяются потоком времени. Поле, скорость изменения которого со временем равна нулю, называется статическим. Отсюда заключаем, что все движения в общей квантовой механике абсолютны. Доказательство того, что движение — это инвариантное, внутреннее понятие, допускающее математическое описание, есть один из наиболее существенных результатов новой концепции времени.

Основное уравнение темпорального поля означает, что время течет равномерно, т. е. скорость изменения самого поля времени есть величина постоянная. Уравнение поля времени по форме совпадает с основным уравнением геометрической оптики. Поток времени позволяет видеть движение, и в этом он чем-то подобен жидким кристаллам, этим анизотропным жидкостям, которые также позволяют видеть движение. Поток времени задает конгруэнцию линий, которые будут упоминаться как линии времени. Пространственные сечения физического многообразия представляют собой поверхности уровня поля времени, которые ортогональны линиям времени. Движение точки вдоль пространственного сечения можно представить как движение линии времени.

Установлено, что равномерность хода времени имеет своим следствием существование двух качественно различных причинных структур в едином физическом мире, одна из которых имеет прямое отношение к природе и происхождению вращения. Вращение не является каким-то случайным свойством физических объектов, а играет, как выясняется, фундаментальную роль в физическом мире, поскольку оно определяется особым решением основного уравнения поля времени, известным в геометрии как функция геодезического расстояния [39]. Поэтому совершенно закономерно, что все попытки понять вращение в рамках специальной теории относительности, суть которой составляет первая причинная структура, не привели к адекватным результатам. Существование во Вселенной двух качественно различных причинных структур позволяет понять сущность конфайнмента, барионного числа и кварк-лептонной симметрии на основании естественного вывода, что

вторая причинная структура имеет прямое отношение к адронам, представляющим, следовательно, вращающуюся материю. Конфайнмент невозможно понять и объяснить, оперируя силами, так как для каждой силы найдется большая сила. Только сосуществование двух причинных структур позволяет внести в этот вопрос определенную ясность. Решения уравнения поля времени будут предъявлены для случая, когда физическое многообразие есть четырехмерное евклидово пространство. Одно из них позволяет понять действительную природу специальной теории относительности, а другое решение имеет прямое отношение к пониманию вращения. Во втором случае линии времени составляют конгруэнцию лучей, исходящих из одного центра, а пространственные сечения представляют собой трехмерные сферы, описанные вокруг этого центра. Каждому радиусу-вектору однозначно соответствуют два подвижных ортогональных репера, которые при движении радиуса-вектора вращаются друг относительно друга. Геометрическая картина вращения тесно связана с группой поворотных растяжений, которая есть группа симметрии вращений. Отсюда следует, что физическими величинами будут только инвариантные группы поворотных растяжений. Если задана траектория движения, то проекции ее касательного вектора на подвижные реперы инвариантны относительно поворотных растяжений. Эти проекции дают компоненты угловой скорости относительного вращения подвижных реперов. Представленную картину вращения дополняет ассоциированная с ней геометрическая фигура, которая представляет собой два правильных тетраэдра, имеющих общую вершину. Если движение вершины задано, то однозначно задано и движение других вершин тетраэдров, при этом сами тетраэдры находятся в относительном вращении. Понимание вращения в его связи с новой концепцией времени имеет важное значение для понимания других закономерностей, например, кварк-лептонной симметрии. Кварки качественно отличаются от лептонов только тем, что они относятся ко второй причинной структуре, своеобразие и значение которой в полной мере еще предстоит понять и оценить. Кварк-лептонная симметрия в таком случае становится очевидной.

Если в двух точках физического многообразия произошли события, то поток времени позволяет вычислить криволинейный интеграл, взятый вдоль линии, соединяющей эти точки. Полученное таким образом число не зависит от выбора траектории, соединяющей две точки, и называется длительностью.

Движение, причинность и длительность есть лишь первые из многих аспектов поля времени как физической реальности. В общей квантовой механике поле времени обнаруживает свое существование также в симметрии, отвечающей за закон сохранения энергии, и в новой формулировке этого закона, в операторе электрического заряда и симметрии, отвечающей за закон сохранения электрического заряда, в билатеральной симметрии — исключительно конструктивном виде дискретной внутренней симметрии. Билатеральная (двухсторонняя) симметрия определяется потоком времени и пред-

ставляет собой естественное обобщение симметрии правого и левого на тот случай, когда объектами исследования служат полевые величины. Эта дискретная внутренняя симметрия имеет особо важное значение, обеспечивая естественное введение поля времени и вместе с тем причинной структуры в лагранжианы гравитационного, спинового и обобщенного электромагнитного полей, составляющих структурного поля, определение которых будет дано в последующем. Требование, чтобы двухсторонняя симметрия была точной симметрией реального физического мира, однозначно задает его причинную структуру. Понимаемая формально причинная структура — это псевдориманова метрика лоренцевой сигнатуры, определяемая потоком времени. Таким образом, только новая концепция времени позволяет установить связь между дискретной внутренней симметрией и причинностью. Этот результат совсем не очевиден. Не будет большим преувеличением утверждать, что двухсторонняя симметрия лежит в основе общей квантовой механики.

Билатеральная симметрия в одном важном случае, обнаруженном при изучении спинового поля, приводит к нарушению инвариантности относительно обращения времени и позволяет понять истинную природу нейтрино. Суть дела состоит в следующем. Спиновое поле — это одна из составляющих структурного поля, отвечающая, как выяснилось, за все явления в микромире. Спин раскрывается в биполярной структуре спиновой симметрии — локальной внутренней симметрии, определяющей статус спинового поля и спина. Прилагательное квантовый не имеет к спине никакого отношения. Скорее, наоборот, спиновое поле как сугубо геометрическое понятие определяет действительный смысл слова квантовый, которое фактически означает адекватный переход от представлений классической механики к полевым представлениям. В полной мере такой переход осуществляется в общей квантовой механике. Подробнее об этом будет сказано ниже. Операция обращения времени определяется изменением направления потока времени на обратное. Электрический заряд, как будет ясно из последующего, переносит вещественное спиновое поле, лагранжиан которого инвариантен относительно преобразований, генерируемых оператором электрического заряда. Этот лагранжиан, инвариантный также относительно обращения времени, определяется одним из двух обнаруженных представлений билатеральной симметрии. Другое представление этой симметрии приводит к необходимости изучения тесно связанной с ним трехпараметрической группы, названной группой псевдозарядовой симметрии, комплексификации спинового поля как проявлению этой симметрии и изучению лагранжиана комплексного спинового поля. Комплексное спиновое поле наряду с псевдозарядом несет на себе электрический заряд и нейтринный заряд. В этом случае лагранжиан спинового поля не инвариантен относительно операции обращения времени. Оператор нейтринного заряда определяется ориентацией физического многообразия, т. е. полностью антисимметричным тензорным полем, ранг которого совпадает с размерностью

многообразия. Прямым следствием этого является несохранение четности. Операторы нейтринного и электрического зарядов антикоммутируют между собой, а квадраты этих операторов отличаются знаком от единичного оператора и определяют кватернионную структуру на многообразии. Так как изучаемое спиновое поле комплексное, то состояния этого поля могут быть собственными состояниями либо оператора электрического заряда, либо оператора нейтринного заряда. Поэтому, следуя традиции, можно сказать, что в одном случае спиновое поле соответствует заряженной частице со спином половина, а в другом — «нейтральной» частице с таким же спином, которая и есть нейтрино. Таким образом, нейтрино и электрон представляют различные состояния комплексного спинорного поля. Таких состояний нет в случае вещественного спинорного поля, которое отвечает за формирование атомов и молекул. Лагранжиан вещественного спинорного поля не инвариантен относительно преобразований, генерируемых оператором нейтринного заряда. Это позволяет понять, в частности, почему нейтрино свободно проходит через вещество. Лептоны и кварки, как уже отмечалось выше, отличаются друг от друга только тем, что они относятся к разным причинным структурам, так что кварки представляют собой вращающуюся материю. Конечно, нарисованная картина без математических формул не полна, однако суть дела она передает правильно.

Положительно определенная риманова метрика конструктивно и интуитивно ясна, так как вполне понятна ее природа и происхождение из евклидовой геометрии и гауссовой теории поверхностей. Этого нельзя сказать столь же определенно о природе и происхождении псевдоримановой метрики и понятия интервала специальной теории относительности. Эту задачу также решает новая концепция времени, сводя ее к существованию двухсторонней симметрии как фундаментальной дискретной симметрии природы. Из всего сказанного следует, что необходимость изучения свойств такой необычной на первый взгляд природной величины как поле времени, продиктована внутренними запросами всей программы полевого синтеза физики. Вывод состоит в том, что понятие времени оказалось намного шире и глубже, чем можно было предположить.

Во Вселенной постоянно происходит перераспределение различных форм энергии. Из новой концепции времени и определяемого ею закона сохранения энергии однозначно следует, что процессы диссипации гравитационной энергии всегда сопровождаются процессами концентрации других форм энергии и процессы концентрации гравитационной энергии всегда сопровождаются эквивалентной диссипацией других форм энергии. Другими словами, закон сохранения энергии означает, что эволюционные процессы во Вселенной, идущие по пути сгущения вещества в некоторой области, сопровождаются одновременным уменьшением плотности гравитационной энергии в этой области, так что суммарная плотность энергии не изменяется с течением времени,

представляя собой первый интеграл полевых уравнений полной системы полей. Это приводит к увеличению плотности гравитационной энергии в другой области с соответствующим выбросом вещества из нее, что может рассматриваться как первопричина вспышек, взрывов, наблюдаемых в астрофизических явлениях. Источники и стоки гравитационной энергии могут рассматриваться соответственно как области стоков и источников вещества. Сама гравитационная энергия может рассматриваться при этом как новый вид активной материи незвездного типа. Активные ядра галактик — это стоки гравитационной энергии, благодаря которым образуются новые галактики, газопылевые туманности, звездное население и многое другое, известное астрофизикам. Источники гравитационной энергии могут рассматриваться как естественные области сгущения вещества, которые принято называть «черными дырами». В таком смысле существование «черных дыр» есть прямое следствие закона сохранения энергии во Вселенной. Таким образом, новая концепция времени однозначно приводит к выводу, что самый фундаментальный закон нашей Вселенной есть закон сохранения энергии.

В известных физических теориях время — это координата, и она очевидным образом выделена. Естественно предположить, что следы этого можно найти и в общей квантовой механике. Построение естественной системы координат, однозначно определяемой потоком времени, дает не только ответ на вполне законный вопрос о том, в каком смысле надо понимать выражение «координата времени» в новой ситуации, но и регулярный метод устранения того функционального произвола, который связан с репараметризационной инвариантностью уравнений общей квантовой механики. В естественной системе координат поле времени представлено линейной функцией только одной координаты. Это позволяет отчасти понять, как вообще могло возникнуть представление о времени как о координате.

Из новой концепции времени прямо вытекает представление о том, что существуют физические системы вне времени. В этом случае физические поля находятся в различных состояниях равновесия или абсолютного покоя, а поля времени просто нет, поэтому нет и движения, изменения. В общей квантовой механике это обстоятельство принимает форму двух разделов: статики и динамики. Статика — это теория равновесных состояний физических полей, когда система находится вне времени. В динамике уравнения физических полей формулируются в двух формах. В одной из них причинность и динамика являются скрытыми, неявными, поэтому такая форма уравнений называется геометрической. Форма уравнений общей квантовой механики называется гамильтоновой или динамической, когда ясно, как найти состояние поля в последующий момент времени, если оно известно для предыдущего момента времени. Уравнения гравитационного поля, спинового поля и обобщенного электромагнитного поля легче вывести сначала в геометрической форме, однако платой за это является нетривиальность перехода к явно динамической

и общековариантной форме этих уравнений. Динамические уравнения как бы приходится выводить заново. При выводе динамических уравнений гравитационного поля особенно важным оказалось понятие импульса гравитационного поля. Для других полей оказалось необходимым рассматривать также новые, более симметричные представления этих полей, определяемые потоком времени. Как это осуществляется математическими рассуждениями, будет ясно при изучении каждой из составляющих структурного поля в соответствующих разделах общей квантовой механики.

Статической теорией физических полей определяется совершенно новая область исследований, так как она устанавливает законы, которым подчиняются начальные состояния в динамической теории. Утверждение о том, что поведение физической системы полностью определяется не только законами природы, но и начальными условиями, одинаково верно для любой причинной теории, в том числе и для представляемой здесь. На необходимость знания законов, которым подчиняются начальные состояния, и их важность указывалось в той или иной форме Дираком, Хоукингом, Уилером и другими исследователями, так как отбор допустимых физических ситуаций из числа кинематически возможных, осуществляемый уравнениями поля, не является достаточно жестким для того, чтобы однозначно определить динамическую историю. Уравнения статики осуществляют отбор допустимых начальных условий, и поэтому для получения начальных конфигураций полей не нужно обращаться к данным наблюдений, т. е. к внешним условиям. В статике уравнения гравитационного поля совпадают с уравнениями Эйнштейна при том, что размерность физического многообразия равна трем. Статика включает в себя спинстатику и джефстатику (теорию обобщенного электромагнитного поля вне времени). Обобщенное электромагнитное поле для краткости будет упоминаться как джеф по аббревиатуре английского написания (generalized electromagnetic field, gef). Отсюда и джефсимметрия и джефдинамика. Джефстатика и джефдинамика могут рассматриваться как геометризация и естественное обобщение теории Максвелла, поскольку электродинамика, как оказалось, есть теория синглетного состояния джефа. Гравистатика сама по себе, т. е. при отсутствии других полей, малосодержательна, так как ее уравнения имеют в размерности два и три только тривиальные решения. В динамике соответственно выделены гравидинамика, спиндинамика и динамическая теория обобщенного электромагнитного поля, джефдинамика, которая включает в себя теорию Максвелла как теорию синглетного состояния джефа. Связь между статикой и динамикой очень простая. Трехмерное физическое многообразие статической теории физических полей рассматривается как начальное пространственное сечение четырехмерного физического многообразия в динамической теории физических полей. Пространственное сечение физического многообразия представляет собой поверхность уровня скалярного темпорального поля. Так называемый «большой взрыв» может рассматриваться

как переход физической системы из состояния покоя в динамический режим, который сопровождается уменьшением внутренней потенциальной энергии системы, находящейся вне времени. В виду этого проблемы начальной сингулярности не возникает. Лагранжиан в статической теории физических полей можно связать с плотностью потенциальной энергии в динамической теории физических полей. Подчеркнем еще раз, что в физике реальных физических процессов время и пространство неотделимы от физической системы и поэтому они не могут рассматриваться как кантовское свойство человеческой познавательной способности [35] или как внешнее условие. Однозначное решение хорошо известных проблем, в том числе и «вечных», служит лучшим обоснованием новой концепции времени, которая доказывает, что время есть имманентное свойство природы, которое открывают, а не изобретают. Изобретают то, чего не существует в природе, а то, что существует — открывают.

Понимание сущности и многогранности времени через его удивительные отношения с единым физическим миром есть один из главных приоритетов общей квантовой механики, позволяющей раскрыть многие неизвестные секреты времени.

5. ФИЗИЧЕСКИЕ ПОЛЯ И ВНУТРЕННИЕ СИММЕТРИИ

Как отмечалось выше, фундаментальными составляющими структурного поля являются гравитационное поле, спиновое поле и обобщенное электромагнитное поле. Статус этих полей определяется билатеральной симметрией, так как она имеет фундаментальное значение, реализуя идею равноправия правого и левого в теории поля и определяя этим причинную структуру единого физического мира. Осуществляется это следующим образом. Ищем нетривиальные представления билатеральной симметрии в пространствах собственно геометрических полевых величин и затем обобщаем их так, чтобы новые группы внутренней симметрии были максимально широкими. Такие группы симметрии естественным образом оказываются локальными и будут упоминаться как группы локальной внутренней симметрии. Найдено две такие группы — это полные линейные группы $GL(2^n, \mathbf{R})$ и $GL(n, \mathbf{R})$, которые определяют, соответственно, природу спинного поля и обобщенного электромагнитного поля. Все внутренние свойства этих полей происходят отсюда, так как ни с каким полем не происходит ничего такого, что не вытекает из самой природы этого поля. Таким образом, в общей квантовой механике локальная внутренняя симметрия связана с фундаментальным отношением через понятие собственно геометрической полевой величины и биполярную симметрию. Единственность и однозначность локальной внутренней симметрии обеспечивается не только этим, но и тем, что группы внутренней симметрии оказываются максимально широкими. Наиболее широкие принципы симме-

трии имеют важное значение как необходимое условие максимальной общности и единственности законов, диктуемых ими. Природа и происхождение фундаментальных взаимодействий или взаимосвязей полей определяется в общей квантовой механике локальной внутренней симметрией. Каждому виду взаимосвязей полей соответствует своя группа внутренней симметрии, причем локальность внутренней симметрии выступает как ее первичное свойство и поэтому не требует особого обоснования.

Гравитационный потенциал инвариантен относительно преобразований билатеральной симметрии, поэтому принимается, что внутренняя симметрия не имеет отношения к статусу гравитационного поля, который, как сказано выше, определяется репараметризационной инвариантностью. Гравитация в общей квантовой механике — это особый вид энергетического поля, которое играет фундаментальную роль в теории спинового поля, определяя биполярную структуру на группе спиновой симметрии. Гравитационное поле позволяет также каждой физической ситуации поставить в соответствие свое физическое многообразие так, что всякое изменение физического состояния структурного поля сопровождается соответствующим изменением физического многообразия.

Спиновое поле служит пространством представления спиновой симметрии (полной линейной группы $GL(2^n, \mathbf{R})$). Эта симметрия объединяет в одно целое набор собственно геометрических полевых величин, который включает в себя скалярное поле, ковекторное поле и антисимметричные тензорные поля. Биполярная структура на группе $GL(2^n, R)$ определяется двумя ее дуальными подгруппами S и \tilde{S} размерности 2^n , которые характеризуются следующим образом: $ab = ba$ для всех $a \in S$ и всех $b \in \tilde{S}$. Алгебры Ли этих дуальных подгрупп задают при этом алгебру Ли рассматриваемой полной линейной группы. Спиновое поле задает при этом пространство двузначного представления этих дуальных подгрупп S и \tilde{S} . Новый тип симметрии, открытый на группе $GL(2^n, R)$, однозначно задает содержание спиндинамики, которая соответствует физике микромира. Первый принцип спиндинамики записывается в форме простого отношения: все в биполярной структуре спиновой симметрии и биполярная структура спиновой симметрии во всем. Многообразие явлений микромира — это различные аспекты спинового поля, определяемые биполярной структурой и билатеральной симметрией. Определяя содержание спиндинамики, биполярная структура определяет также понятие внутреннего спина и вместе с ним новый вид взаимосвязи электромагнитного и спинового полей, существующий в физическом мире и тесно связанный с гравитационным полем. Биполярная структура спиновой симметрии проявляется также в форме кватернионной структуры, которая генерируется операторами электрического и нейтринного заряда. Первый из этих зарядов, как уже было сказано выше, определяется потоком времени, а второй — ориентацией физического многообразия. В теорию комплексного спинового поля электрический за-

ряд и нейтринный заряд входят очень симметрично и своеобразно, так как операторы электрического и нейтринного заряда антикоммутируют. Общий вывод состоит в том, что поле Янга–Миллса представляет собой естественный структурный элемент единого физического мира, а локализовано это поле в области действия второй причинной структуры. Представление о поколениях кварков и лептонов и кварк-лептонной симметрии получает в спиндинамике точный и понятный смысл. Так называемые поколения лептонов и кварков представляют собой различные состояния спинового поля, число этих состояний определяется полным набором коммутирующих операторов внутренней симметрии и равно четырем. Считается, что число поколений равно трем, однако в [40] показано, что одно дополнительное поколение проходит через ограничения электрослабых данных. Не вызывает сомнений, что для полноты картины необходимо надежно установить существование четвертого поколения лептонов и кварков, включив этот поиск в программы экспериментальных исследований и обработки полученных данных. Кварк-лептонная симметрия есть очевидное следствие существования двух причинных структур: лептоны относятся к первой причинной структуре, а кварки — ко второй. Так как вторая причинная структура тесно связана с вращением, то можно сказать, что кварки представляют собой вращающуюся материю. Число поколений в обоих случаях равно четырем. Природа сильных взаимодействий однозначно связывается в спиндинамике с существованием в физическом мире второй причинной структуры, о которой уже упоминалось выше. Поэтому кварки относятся к так называемым сильновзаимодействующим частицам.

Основу спиндинамики составляют ее уравнения, вывод которых сначала дается в геометрической форме. Вывод уравнений спиндинамики в наиболее симметричной и явно динамической форме удалось осуществить с помощью векторной алгебры и векторного анализа в четырехмерной и обобщенной форме, найденной впервые при исследовании роли темпорального поля в гравитации и электромагнетизме. На основе уравнений спиндинамики рассмотрена проблема центрального поля, решение которой ведет в точности к известной формуле Зоммерфельда. В этом уравнения спиндинамики согласуются с уравнениями Дирака, которые раскрыли многие секреты спина, но не все. Важную роль в спиндинамике играет также новая связность, по отношению к которой ковариантно постоянны и поток времени, и гравитационный потенциал. Существование этой связности обеспечивает универсальность закона сохранения заряда. В спиндинамике темпоральное поле входит в лагранжиан спинового поля двумя способами, которые соответствуют двум различным представлениям двухсторонней симметрии. В конечном итоге это позволяет понять сущность электрического заряда и ввести оператор электрического заряда. Напомним, что носителем электрического заряда является вещественное спиновое поле. Одно из двух представлений двухсторонней симметрии вводит в теорию спинового поля симплектическую

структуру. Обнаружено, что симплектическое (кососимметричное) скалярное произведение инвариантно относительно особых преобразований, названных псевдозарядовыми. Открытие симплектической структуры и трехпараметрической группы псевдозарядовой симметрии служит достаточным основанием для неформальной комплексификации спиндинамики и изучения вытекающих отсюда следствий.

Показано, что как в случае вещественного спинового поля, так и в случае комплексного спинового поля обеспечено существование естественной вероятностной меры в пространстве решений уравнений спиндинамики. Важность этого результата, который уже отмечался выше, можно понять также по следующему рассуждению. Экспериментатор не может производить измерения без серьезного возмущения изучаемой физической системы, поэтому он не может надеяться найти причинную связь между результатами его наблюдений. Однако причинность сохраняет свое значение для невозмущенных систем, и уравнения, которые устанавливаются для описания невозмущенной системы, будут дифференциальными уравнениями, выражающими причинную связь между условиями в одно время и условиями в более позднее время. Детерминистские уравнения такого рода должны гарантировать существование вероятностной меры в пространстве решений, которая инвариантна по отношению к временным трансляциям. Эта мера имеет фундаментальное значение, так как она позволяет применять методы теории вероятностей, когда сигналы от возмущенной системы могут быть непредсказуемы, однако их статистические свойства воспроизводимы во времени. Например, такая ситуация имеет место в теории турбулентности [41], где методы теории вероятностей находят прямое и важное практическое применение, однако вероятностную меру приходится, что называется, вводить руками. Очевидно, что для теории естественных физических систем существование вероятностной меры должно быть объективным фактом, вытекающим из фундаментального отношения, что и наблюдается на самом деле.

Таким образом, спиндинамика раскрывает действительные секреты спина, которые, как оказалась, имеют прямое отношение ко всем реальным физическим процессам, происходящим в микромире. В спине, как видно, нет никакой неклассической двусмысленности, так как он имеет ясное геометрическое происхождение.

Понимание сущности и многогранности спина через удивительные свойства спиновой симметрии относится к главным приоритетам общей квантовой механики, рассматривающей микромир и макромир с единых позиций. В целом теория микромира получает в спиндинамике такую полноту и завершенность, которые предполагают важные практические приложения.

Название «обобщенное электромагнитное поле» отражает тот факт, что теория синглетного состояния этого поля идентична теории Максвелла. Как собственно геометрическая полевая величина обобщенное электромагнитное

поле называется линейной связностью, но его истинное значение определяется локальной внутренней симметрией. Теория обобщенного электромагнитного поля — это теория новой формы энергии, которая взаимодействует только с гравитационным полем. Сопоставляя свойства нового поля с известными и предполагаемыми структурными элементами материи, приходим к выводу, что обобщенное электромагнитное поле соответствует так называемой темной материи, поиски которой ведутся по всем направлениям. Имея в руках структурные законы темной материи или, как выясняется, «тяжелого света», можно по-новому ставить вопрос о поиске этих частиц в эксперименте. Узнав в хорошо известном электромагнитном поле синглетное состояние джефа, мы получаем возможность понять значение этого поля в глобальной структуре единого физического мира. Название «тяжелый свет» связано с тем, что в теории обобщенного электромагнитного поля естественным образом возникает масштаб размерности длины, которого нет в теории собственно электромагнитного поля. Этот масштаб может быть истолкован обычным образом как комптоновская длина волны соответствующей частицы. Все эти обстоятельства тесно связаны с понятием основного состояния джефа.

Состояния всей материи в общей квантовой механике изображаются с помощью полей. Можно сказать, что природные поля являются квинтэссенцией материи. Поля, которые изобретены, относятся к феноменологии, естественные поля действительно существуют в природе, и их открывают, а не изобретают.

Локальная внутренняя симметрия и понятие собственно геометрической полевой величины тесно связаны с концепцией потенциального поля, выражающей принцип минимальности гравитационных взаимодействий, согласно которому в лагранжианы физических полей, отличных от гравитационного поля, не должны входить производные от потенциала гравитационного поля, т. е. ковариантные производные [42]. Такие лагранжианы называются каноническими. Все лагранжианы общей квантовой механики или канонические, или эквивалентны каноническим. В этом смысле принцип минимальности гравитационных взаимодействий естественным образом входит в структуру общей квантовой механики. Этим полностью разрешается проблема происхождения и сущности внутренней симметрии. Геометризация внутренней симметрии, понимание роли и места внутренней симметрии в структуре единой физики представляет еще один важный приоритет общей квантовой механики.

Завершая развернутую характеристику обсуждаемой теории, отметим отдельной строкой следующие важные, на наш взгляд, моменты.

Теория основана на всем предшествующем опыте теоретических и экспериментальных исследований и синтезирует его в гипотезе геометризации. Внутреннее оправдание общей квантовой механики заключается не только в присущей ей самой по себе внутренней логике и последовательности, а в том, что в ней наиболее ясно проявляется своеобразная тенденция современного

научного исследования — оставить первоначальную исходную точку (обычные чувственные ощущения) и открыть физические понятия на более объективном основании, применяя математические рассуждения и доказательства.

Ее характеризуют однозначность и безальтернативность, предельная простота и общность.

Общая квантовая механика — это не известные ранее природные принципы, новые физические законы, новые симметрии, которые составляют ее содержание. В качестве конкретных примеров укажем на уравнения теории, новую концепцию времени и билатеральную симметрию.

Теория объединяет в одно целое все взаимодействия, включая и гравитацию, и показывает, каковы настоящие свойства нейтрино.

Теория раскрывает природу темной энергии и темной материи, показывает, что с антивеществом ничего не случилось, оно просто движется вспять по времени, как это давно предсказывал Фейнман [43].

Теория демонстрирует разрешимость важных частных задач уравнениями гравитодинамики и спиндинамики. Построено решение уравнений гравитодинамики, которое с физической точки зрения может соответствовать Вселенной, заполненной только гравитационной энергией. Плотность потенциальной энергии гравитационного поля в такой Вселенной есть строго положительная величина, что ассоциируется с силами отталкивания, которые наряду с законом сохранения энергии могут объяснить ускоряющееся разбегание обычной материи, собранной в галактики.

Результаты теории своевременны и существенны, так как они включают в себя решение наиболее актуальных концептуальных и физических проблем современной физики. Сформулированная теория реальных физических процессов — это полностью упорядоченная и гармоничная система единого физического мира, позволяющая увидеть присутствие целого в каждой своей части.

Общая квантовая механика раскрывает глубокое содержание принципа причинности, устанавливая существование в мире двух, качественно отличных друг от друга, причинных структур.

6. СРАВНИТЕЛЬНОЕ ОБОЗРЕНИЕ

Сравнительное обозрение ставит своей целью остановиться на тех направлениях развития, которые каждый может увидеть в проведенных экспериментах и существующих теориях. Это важно, так как именно они послужили стимулом к созданию обсуждаемой теории как программы единой физики.

Экспериментальная физика занимает важные позиции в современном естествознании, поскольку считается, что наше нынешнее понимание первооснов абсолютно недостаточно, чтобы вывести все, что мы хотим знать о

структурах на малых и больших расстояниях, используя математические построения и фундаментальные принципы. Все, что у нас есть — это сделанные наугад предположения, и будущее физики и астрофизики в значительной степени зависит от открытий, которые будут сделаны в новых экспериментах. Таким образом, считается, что окончательной, адекватной теории физических явлений в природе нет и, следовательно, открыть ее нельзя, а есть просто бесконечная последовательность изобретенных феноменологических теорий, которые дают все более и более точное описание этих явлений. Усомниться в этом заставляют следующие обстоятельства.

Дирак отмечал [44], что если потребуются более решительный пересмотр наших фундаментальных концепций, то достижение необходимых новых идей прямыми попытками сформулировать опытные данные в математических терминах может оказаться за пределами человеческого интеллекта. С другой стороны, обнаруженный при проведении эксперимента факт может оказаться на самом деле артефактом или иллюзией. Так, недавно было замечено, что положительные результаты экспериментов по гравитационному смещению частоты фотонов с одной стороны и экспериментов по гравитационному изменению хода времени с другой стороны — несовместимы [45]. Способность описывать и предсказывать что-либо совсем не равноценна пониманию этого, т. е. возможности объяснить, что на самом деле представляют собой время или группа $SU(2) \times U(1)$, каково их происхождение, их истоки, изобретены они или открыты. Поясним последнее замечание. Как известно, в космосе уже существуют естественные мазеры и лазеры. Поэтому мазеры и лазеры были не изобретены, а открыты [46]. Если математические конструкции обеспечивают действительное понимание происходящего, то они приобретают огромное практическое значение. Ведь только то, что понято до конца, можно целенаправленно и планомерно видоизменять и преобразовывать по-своему, как бы создавая заново. Отметим, наконец, еще одно обстоятельство. Если в природе существует математическая теория, позволяющая увидеть физический мир как бы в чертежах, то существуют также теоретические и практические задачи, без нее не решаемые.

Principia Ньютона имеют рациональную аксиоматическую и дедуктивную структуру. Представление о реальных физических процессах, данных нам в явлениях, находит у Ньютона отражение в обоснованном разделении им понятий на абсолютные и относительные, истинные и кажущиеся, математические и обыденные. Сила у Ньютона не поддается рациональному осмыслению и относится к феноменологии, так как может быть определена только из наблюдений. В последующем развитии механики понятие силы оказалось возможным исключить из теории динамических процессов. В основе этого фундаментального достижения, которое нашло свое точное математическое выражение в уравнениях Гамильтона, лежит понятие энергии. По представлениям классической механики для полного описания движения необходима

не только полная система уравнений движения, но также и полный набор начальных условий, к которым также неприменима математическая теория. Начальные условия не подлежат теоретическому осмыслению и могут быть определены только из наблюдений.

Вывод состоит в том, что классическая механика содержит в себе то, что допускает математическую формулировку, и то, что относится к внешним условиям. Эта раздвоенность классической механики входит в противоречие со всеми идеями о единстве Природы и поэтому содержит в себе потенциальную возможность развития, связанную с исключением из теории всех внешних условий, не допускающих теоретического осмысления. Чтобы реализовать эту возможность, необходимо выйти за круг представлений классической механики. Путь к этому указали Фарадей, Максвелл и Риман. Замечательно, что Гаусс и Риман поддерживали Фарадея и Максвелла [47].

Идея поля было выдвинута экспериментатором Фарадеем и математиком Риманом. Законы электромагнитного поля, объединяющие в единое целое электрические и магнитные явления, были сформулированы Максвеллом в 1864 г. на основе понятия силового поля [24]. Связь электромагнитного поля с понятием энергии была открыта позднее Пойнтингом и стала основой оптики [48], где имеют физический смысл только квадратичные функции электрической и магнитной напряженности: плотность энергии и вектор потока энергии. Видимо, поэтому термины электрической и магнитной силы были заменены электрической и магнитной напряженностями.

Представление об n -мерном многообразии как обобщении понятия кривой поверхности впервые появилось в работах Римана. Геометрическую полевую величину Риман ввел в 1854 г. в форме мероопределения, возможного на многообразии. Геометрическая полевая величина, открытая Риманом, сыграла важную роль при создании Эйнштейном общей теории относительности, которая содержит качественно новые возможности развития. Остановимся на них отдельно. Принцип общей ковариантности, ставший важной вехой в истории человеческой познавательной способности [49], вносит в теорию функциональный произвол, что сопряжено с хорошо известными трудностями при решении задачи Коши [50]. Поскольку общая теория относительности не предлагает регулярного метода устранения этого функционального произвола, то в качестве выхода из этой непростой ситуации предлагается вводить фоновую метрику или другие, более сложные величины [50–52]. Однако это очевидным образом противоречит основному принципу инвариантности, согласно которому в теории не должно быть заранее заданных внешних элементов, которые нарушают репараметризационную инвариантность, подменяя ее репараметризационной ковариантностью (см., например, [53], где вполне ясно и отчетливо продемонстрирована разница между ковариантностью и инвариантностью с физической точки зрения). Проблема функционального произвола возникает и в известных калибровочных теориях, где также не найдено

внутреннего регулярного метода устранения функционального произвола, вносимого калибровочным принципом.

Хорошо известно, что общая теория относительности избегает проблемы динамики и, следовательно, проблемы времени [54]. Это привело к возникновению представлений, что понятие энергии гравитационного поля не заложено в принципах, на которых основана общая теория относительности, и поэтому закон сохранения энергии теряет всякую ценность, утрачивая свое значение [50, 55, 56]. Такую точку зрения пытались провести и в квантовой механике, где, однако, все прояснилось достаточно быстро. Таким образом, проблема энергии гравитационного поля, тесно связанная с проблемой гравитационных волн, по определению переносящих энергию и импульс, прямо указывает на новую возможность развития, связанную с созданием последовательной, общековариантной, динамической теории гравитационного поля — гравидинамики.

С проблемой гравитационных волн тесно связано понятие статического поля. Если не дано адекватного общековариантного определения скорости изменения физического поля со временем, то не имеет смысла некоторое решение репараметризационно-инвариантных уравнений этого поля называть статическим, поскольку статическим можно назвать такое поле, скорость изменения которого со временем равна нулю. Только так можно удовлетворить очевидному условию: если поле является статическим в одной системе координат, то оно будет статическим и в любой другой допустимой системе координат. Теорема Биркгофа [57] теряет всякий смысл, пока не дано общековариантного определения статического поля.

Последовательное рассмотрение взаимодействия света и гравитации в рамках общей теории относительности также является важным источником развития, поскольку хорошо известно и не подвергается сомнению, что электромагнитное поле состоит из двух динамических полей: электрического и магнитного. Поэтому требуется дать общековариантное определение электрического и магнитного полей, которое должно удовлетворять следующему необходимому условию: если напряженность, например, электрического поля равна нулю в одной системе координат, то она должна быть равной нулю и в любой другой допустимой системе координат, поскольку от выбора системы координат по определению ничего не зависит. Далее требуется сформулировать динамическую общековариантную теорию электромагнитного поля, имеющую дело с напряженностями электрического и магнитного полей.

Остановимся также на проблеме материи. Вещество в общей теории относительности представляет собой некоторую непрерывную среду, которая описывается скоростью, плотностью и давлением. Эта среда представляет собой своего рода темную материю, уважительно называемую первородной пылью, с помощью которой упорно и изобретательно пытаются понять темную материю и темную энергию. Приведем пояснение самого Эйнштейна по

этому важному вопросу: «Правая часть включает в себя все то, что не может быть пока объединено в единой теории поля. Конечно, я ни одной минуты не сомневался в том, что такая формулировка есть только временный выход из положения, предпринятый с целью дать общему принципу относительности какое-то замкнутое выражение. Эта формулировка была ведь, по существу, не более чем теорией поля тяготения, несколько искусственно оторванного от единого поля еще неизвестной структуры» ([3, с. 286]). Таким образом, общая теория относительности действительно содержит в себе огромный внутренний потенциал развития.

В связи с созданием квантовой механики были заложены новые удивительные возможности развития. Основными понятиями теории Ньютона являются понятия материальной точки и траектории. Постепенно выяснилось, что эти понятия имеют ограниченную область применимости. С открытием уравнения Шредингера для комплексного скалярного поля, которое в теории Шредингера ставится в соответствие протяженному электрону, стало очевидным, что концепция поля имеет более широкую область применимости, чем предполагалось ранее. Квантовая механика Шредингера — это, несомненно, удачная и плодотворная попытка перенести некоторые представления классической механики в теорию поля. Позднее Шредингер объяснил мотивы создания новой теории своим желанием «разделаться с точечным электроном» [10]. Идея протяженного электрона обоснована не так давно в [58]. Таким образом, возникает задача полной и последовательной замены представлений классической механики теоретико-полевыми представлениями, тесно связанными с понятием внутренней симметрии. Квантовая механика — это теория поля с внутренней симметрией, которая была удивительным образом угадана. Преобразования внутренней симметрии характеризуются тем, что они касаются только функций поля, не затрагивая координат [30]. Независимо от квантовой механики и в другом контексте идея внутренней симметрии была ранее выдвинута Вейлем [59,60], который положил ее в основу объединения электромагнитного и гравитационного полей и считал, что только с новым принципом симметрии может быть построена единая теория электромагнитного и гравитационного полей. Внутренняя симметрия, введенная Вейлем, нашла в последующем новые применения [61] и [62]. Однако только с открытием квантовой механики были получены первые свидетельства существования внутренней симметрии в природе. Как видно из работ Шредингера, он затратил много усилий для понимания введенной им внутренней симметрии, преобразования которой известны как калибровочные преобразования первого рода. Внутренняя симметрия, введенная Шредингером, была расширена Паули и Дираком в связи с эмпирическим открытием спина. С геометрической точки зрения Паули рассматривает набор из двух комплексных скалярных полей, тогда как Дирак вводит в рассмотрение набор из четырех комплексных скалярных полей. Таким образом, в теории Паули основную

роль играет пространство представления группы $GL(2, C)$, а матрицы Паули задают естественный базис алгебры Ли этой группы. В теории Дирака внутренняя симметрия представлена группой $GL(4, C)$, тогда как матрицы Дирака и их произведения составляют естественный базис алгебры Ли этой группы. Указанные внутренние симметрии играют важную роль, связывая комплексные скалярные поля в единое целое и в уравнениях Паули и Дирака. В уравнении Паули это достигается с помощью матриц Паули, входящих в дополнительное слагаемое, обобщающее оператор энергии теории Шредингера. В уравнении Дирака четыре комплексных скалярных поля связаны вместе матричным дифференциальным оператором и дираковским сопряжением. Возникновение концепций изотопических $SU(2)$ и $SU(3)$ спинов — это явные свидетельства неполноты внутренней симметрии теории Дирака в описании спиновых явлений в целом. Отмеченные внутренние симметрии живут во вспомогательных пространствах, никак не связанных с физическим многообразием, и их оправданием служит не их место и значение в общей структуре физической реальности, т.е. происхождение, а соответствие с некоторыми экспериментальными данными. Введение наборов комплексных скалярных полей и их количество в этих наборах относятся к тем самым произвольным предположениям, о которых упоминалось выше.

Вопрос о происхождении и природе внутренней симметрии, ее структуре — это еще одно важное направление развития, содержащееся в квантовой механике.

7. ПОДБОРКА ОБЩИХ РАССУЖДЕНИЙ ПО ЗАДАННОЙ ТЕМЕ

Ньютон свое главное сочинение [1] охарактеризовал как тщательное развитие приложений математики к физике.

Приведем следующее высказывание Эйнштейна [2], которое также недвусмысленно подтверждает роль математики в физике: «Я убежден, что чисто математическое построение позволяет найти те понятия и те закономерные связи между ними, которые дают ключ к пониманию явлений природы. Пригодные математические понятия могут быть подсказаны опытом, но ни в коем случае не могут быть выведены из него».

К теме данной работы имеет прямое отношение следующий заключительный пассаж из книги Эйнштейна и Инфельда [3]: «Мы не можем построить физику на основе только одного понятия — вещества. Но деление на вещество и поле после признания эквивалентности массы и энергии есть нечто искусственное и неясно определенное. Не можем ли мы отказаться от понятия вещества и построить чистую физику поля? То, что действует на наши чувства в виде вещества, есть на деле огромная концентрация энергии в сравнительно малом пространстве. Мы могли бы рассматривать вещество как такие области в пространстве, где поле чрезвычайно сильно. Таким путем можно было бы

прийти к новым представлениям о природе. Их конечная цель состояла бы в объяснении всех событий в природе структурными законами, справедливыми всегда и всюду. С этой точки зрения брошенный камень есть изменяющееся поле, в котором состояния наибольшей интенсивности поля перемещаются в пространстве со скоростью камня. В нашей новой физике не было бы места и для поля, и для вещества, поскольку единственной реальностью было бы поле. Этот новый взгляд внушен огромными достижениями физики поля, успехом в выражении законов электричества, магнетизма, тяготения в форме структурных законов и, наконец, эквивалентностью массы и энергии».

Отношению между математикой и физикой Дирак посвятил работу [4], которая имеет прямое отношение к методологии общей квантовой механики: «Физик в своем изучении явлений природы обладает двумя методами продвижения вперед: (1) методом эксперимента и наблюдений и (2) методом математического рассуждения. Первый представляет собой просто собирание нужных данных; второй позволяет выводить результаты экспериментов, которые еще не были проделаны. Нет никакой логической причины для того, чтобы второй метод был вообще возможен, но мы обнаруживаем на практике, что он действует и приводит к замечательным успехам. Это следует приписать некоторому математическому качеству в Природе, качеству, которое случайный наблюдатель и не заподозрит, но которое тем не менее играет важнейшую роль в том, как Природа устроена».

Ньютон прекрасно понимал глубокую разницу между тем, что происходит на самом деле и тем, что доступно чувственному опыту, между реальными физическими процессами и явлениями. Об этом свидетельствует следующее общее рассуждение [1]: «Время, пространство, место и движение составляют понятия общеизвестные. Однако необходимо заметить, что эти понятия обыкновенно относятся к тому, что постигается нашими чувствами. Отсюда происходят некоторые неправильные суждения, для устранения которых необходимо вышеприведенные понятия разделить на абсолютные и относительные, истинные и кажущиеся, математические и обыденные.

Абсолютное, истинное, математическое время само по себе и по самой своей сущности, без всякого отношения к чему-либо внешнему, протекает равномерно.

Относительное, кажущееся или обыденное время есть или точная, или изменчивая, постигаемая чувствами, внешняя, совершаемая при посредстве какого-либо движения, мера продолжительности, употребляемая в обыденной жизни вместо истинного математического времени, как то: час, день, месяц, год».

Следующее рассуждение о времени содержится в изданных лекциях Фейнмана [5], которое с методологической точки зрения весьма поучительно сопоставить с определением времени, данным Ньютоном: «Быть может, следует признать тот факт, что время — это одно из понятий, которое определить не-

возможно, и просто сказать, что это нечто известное нам: это то, что отделяет два последовательных события».

Вполне отчетливо сущность своей теории Эйнштейн выразил в своей основной работе [6]: «Тем самым наконец завершено построение общей теории относительности как логической схемы. Постулат относительности в его наиболее общей форме, которая лишает пространственно-временные координаты физического смысла, приводит с железной необходимостью к вполне определенной теории тяготения, объясняющей движение перигелия Меркурия».

Общее рассуждение Вейля [7] интересно прежде всего тем, что в нем содержится в явном виде указание на априорный характер многообразия, который в корне отличается от характера структурного, читай гравитационного, поля: «Ныне мы проводим различие между аморфным континуумом и его метрической структурой. Первый сохранил свой априорный характер, однако стал отражением чистого сознания, противостоящего бытию, в то время как структурное поле целиком и полностью оказалось вверенным реальному миру и игре действующих в нем сил; именно как такого рода реальную сущность Эйнштейн назвал его эфиром».

Априорный характер многообразия ставит естественные вопросы, которые находят адекватный ответ только в концепции физического многообразия. В связи с этим приведем весьма характерный пассаж, взятый из книги [8]: «Никогда теория тяготения не могла дать удовлетворительный ответ на вечный и неизбежный вопрос — каким образом гравитирующая материя искривляет пространство, в котором она локализована».

Книга Вигнера [9] содержит много интересных идей, относящихся к роли симметрии в физике и концептуальной структуре физических теорий. Особо сильное впечатление производит следующее высказанное в ней замечание: «Если мы хотим помочь общей теории относительности установить “взаимопонимание” с квантовой теорией, то прежде всего необходимо придать утверждениям общей теории относительности такую форму, в которой они согласовывались бы с основными принципами самой общей теории относительности».

Шредингер придавал важное значение вопросу обоснования комплексификации его волновой функции, который получил полное дедуктивное объяснение в общей квантовой механике. Об этом свидетельствует приводимое ниже рассуждение [10]: «Определенная трудность, без сомнения, заключена еще в применении комплексных волновых функций. Если они принципиально неизбежны, а не являются только средством облегчить вычисления, то это будет означать, что существуют принципиально две функции, которые только вместе дают объяснение состояния системы».

Приводимое ниже рассуждение взято из предисловия к первому американскому изданию книги Вейля «Пространство, Время, Материя» [11], оно

ясно свидетельствует о том, какое большое значения придавал Вейль новым принципам инвариантности, которые выводятся чисто дедуктивно в общей квантовой механике: «Принцип общей относительности вылился в итоге в новую теорию гравитационного поля. Хотя с этим принципом нетрудно было согласовать также максвелловские уравнения электромагнитного поля, этого оказалось недостаточно для достижения главной цели классической полевой физики: единой теории поля, в которой все силы природы выводились бы из одной общей структуры мира и одного однозначно определенного закона действия. В последних двух из 36 разделов моей книги описывается попытка достичь этой цели с помощью нового принципа, который я назвал калибровочной инвариантностью».

В книге [12] на с. 17 можно найти любопытное примечание, относящееся к истории становления физических представлений: «Доказывая, что историческое развитие корпускулярной картины катодных лучей (электронов) было в большой степени результатом недостаточной чувствительности экспериментальных приборов, Хепп и Йенсен построили на основании экспериментальных фактов логически допустимую классическую теоретико-полевую интерпретацию, которую затем проквантовали с помощью процедуры Жордана–Клейна–Вигнера (так называемое вторичное квантование)».

К феноменологии имеет прямое отношение суждение, высказанное Хоукингом [13]: «Оказывается, очень трудно сразу создавать теорию, которая описывала бы всю Вселенную. Вместо этого мы делим задачу на части и строим частные теории. Каждая из них описывает один ограниченный класс наблюдений и делает относительно него предсказания, пренебрегая влиянием всех остальных величин или представляя последние простыми наборами чисел. Возможно, что такой подход совершенно неправилен. Если все во Вселенной фундаментальным образом зависит от всего другого, то возможно, что исследуя отдельные части задачи изолированно, нельзя приблизиться к полному ее решению».

Закljučая свою самую важную лекцию [14], Фейнман размышляет о том, какую ценность представляют физические соображения при создании новой теории: «Единственное действительно физическое описание явления — это истолкование смысла величин в уравнении с точки зрения эксперимента или, точнее говоря, способ применения уравнений к результатам эксперимента. А раз так, то, наверное, лучший способ создания новой теории — угадать уравнения, не обращая внимания на физические модели или физическое объяснение».

Статус Стандартной модели (СМ) определен в книге [15], посвященной поиску новой физики на Большом адронном коллайдере: «Вопреки поразительному успеху СМ в описании экспериментальных данных, существует много причин, почему СМ не является окончательной теорией. В СМ нейтрино являются безмассовыми частицами и, следовательно, осцилляции ней-

трино отсутствуют. Однако в настоящее время существуют строгие указания в пользу существования осциллирующих нейтрино. Нетрудно расширить СМ, включив в нее массивные нейтрино, однако естественное объяснение малости масс нейтрино весьма нетривиально и по всей видимости требует наличия качественно новой физики за пределами СМ».

В объемном трактате по гравитации [16] активность наблюдателей поражает воображение, и, видимо, поэтому стало возможным появление в нем приводимого ниже заключения, которое красочно иллюстрирует высказанную Вигнером мысль о необходимости согласовывать утверждения общей теории относительности с ее основными принципами: «Всякий, кто ищет магическую формулу для «локальной гравитационной энергии-импульса», ищет правильный ответ на неправильно поставленный вопрос. К несчастью, в прошлом было потрачено много времени и усилий, чтобы «ответить на этот вопрос», пока исследователи не осознали тщетность подобных попыток и в конце концов выше всех математических доказательств оценили спокойную, но скалоподобную силу эйнштейновского принципа эквивалентности. В любой локальной области можно всегда найти систему отсчета, в которой все «локальные гравитационные поля» (все символы Кристоффеля Γ) исчезают. Отсутствие Γ означает отсутствие и «гравитационного поля», а отсутствие локального гравитационного поля означает отсутствие «локальной гравитационной энергии». Высказанное в последних двух предложениях утверждение звучит в диссонанс с известным математическим результатом, что символы Кристоффеля нельзя в общем случае обратить в нуль в области.

Приведенный пассаж следует дополнить результатами анализа, проведенного В. А. Фоком [17]: «В связи с этим сделаем одно замечание по поводу так называемого псевдотензора энергии, который по Эйнштейну должен соответствовать энергии гравитационного поля. Нам кажется, что самое понятие локализованной в пространстве энергии гравитационного поля есть понятие приближенное, допустимое лишь в рамках теории, оперирующей с евклидовым пространством и ограничивающейся вторым приближением. Но и в такой теории этой энергии должен соответствовать настоящий тензор, не псевдотензор».

Взятое из книги [18] рассуждение приведено в связи с тем, что обсуждаемая здесь проблема тесно связана с природой электрического заряда: «Если вы посмотрите на весь отряд элементарных частиц вместе с новооткрытыми частицами, вы обнаружите, что самая знакомая нам частица — фотон — в некотором роде оказывается и самой незнакомой. Одна из загадок фотона связана с принципом зарядовой независимости, который, по-видимому, в полной мере остается применимым и в теории мезон-нуклонных и нуклон-нуклонных взаимодействий, и в более широкой теории элементарных частиц вообще. Однако включение электромагнитных взаимодействий лишает

пространство изотопического спина его изотропии. Это кажется мне крайне странным. Я не вижу пока, как подойти к объяснению этой удивительной загадки, и не смогу питать глубокого доверия к концепции пространства изоспина до тех пор, пока не будет предложена хорошая идея, как объяснить особенности электромагнитного взаимодействия».

Альберт Эйнштейн часто утверждал: «Время — это иллюзия» [19].

Общая квантовая механика дает положительный ответ на поставленный в приводимом рассуждении вопрос [20]: «История частицы определяется полностью лишь при задании соответствующих начальных условий, например положения и скорости частицы в некоторый момент времени. Изменится ли когда-нибудь подобный характер физики? Сможет ли она наряду с уравнениями движения указывать и начальные значения? Или же всегда, для того чтобы получить начальные значения, нужно будет обращаться к данным наблюдений? На этот очень важный вопрос сейчас никто не может ответить».

Взвешенный взгляд на состояние современной физики высказан в книге [21]: «Фактическим идейным итогом, привнесенным в физику мучительными поисками последнего пятидесятилетия, стало выявление сходства в описании трех фундаментальных взаимодействий. В остальном современная теория представляет собой сочетание релятивизма и квантовой механики. Ничего принципиально нового в ней нет».

Феликс Клейн весьма своеобразно раскрыл значение и содержание принципа общей ковариантности [22]: «Разумеется, до Эйнштейна мы вводили в физику криволинейные координаты только таким образом, что три пространственные координаты преобразовывались произвольно, а временная координата t по существу оставалась неизменной. Равноправное включение t в преобразование координат стало одним из крупных достижений Эйнштейна».

Поучительные стороны открытия уравнений Максвелла имеют прямое отношение к современности [23]: «История электродинамики являет собой пример того, как разительно далек от истины может оказаться иногда «самый общий», «строгий» и «феноменологический» подход, если речь идет о фундаментальных физических закономерностях. В действительности все эти эпитеты часто отражают лишь тот факт, что научное общественное мнение прочно ограничено некоторым кругом идей, унаследованных от предшествующего развития. Немногим удастся выйти из этого круга, ибо немногие способны оставаться внутренне независимыми в оценке фактов и предлагаемых для их объяснения теорий».

Теория электронов была впервые сформулирована Лоренцем [24], поэтому представляет несомненный интерес то, как он вводит понятие об электро-не: «Что касается распределения заряда, то здесь мы вольны делать какие угодно предположения. Для удобства рассуждений мы предположим, что он распределен по некоторому объему, — скажем, по всему объему, занятому электроном, и будем считать, что объемная плотность ρ есть непрерывная

функция координат, так что у заряженной частички нет резкой границы; напротив, она окружена тонким слоем, в котором плотность непрерывно падает от того значения, которое она имеет внутри электрона, до нуля». Интересно, что введенные Лоренцем представления были реализованы в теории Шредингера, однако по непонятным причинам этот факт не получил заметного отклика в квантовой механике.

Интересную характеристику общей теории относительности дал В. А. Фок [25]: «Нам кажется, что как результаты нашей работы, так и вопросы, из нее возникающие, с несомненностью показывают, что эйнштейнова теория тяготения необычайно богата физическим содержанием. Раскрытие этого физического содержания должно превратить ее из теории по преимуществу формальной в теорию физическую».

Приведенное ниже высказывание, принадлежащее Пенроузу [26], вновь возвращает нас к идее единой физики: «К тому же я лично считаю, что между квантовой теорией и общей теорией относительности существует глубокая связь, и было бы ошибкой пытаться строить эти теории в отрыве друг от друга».

Представляется естественным заключить этот раздел следующим весьма эмоциональным и поучительным высказыванием Э. Маха [27]: «Но что нам сказать о той суровой придирчивой критике, которой подверглись мысли Гаусса, Римана и их товарищей со стороны людей, занимающих выдающееся положение в науке? Неужели им на себе самих не пришлось никогда испытать того, что не может быть гладко и немедленно усвоено каждым умом и что тем не менее далеко не бессмысленно?»

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ньютон И.* Математические начала натуральной философии. М.: URSS, 2008.
2. *Эйнштейн А.* Физика и реальность. М.: Наука, 1965. С. 64;
Einstein A. On the Method of Theoretical Physics // *Philosophy of Science*. 1934. V. I. P. 162–169.
3. *Эйнштейн А.* Собрание научных трудов. М.: Наука, 1967. Т. IV.
4. *Дирак П. А. М.* К созданию квантовой теории поля. М.: Наука, 1990. С. 245;
Dirac P. A. M. The Relation between Mathematics and Physics // *Proc. of the Royal Society, Edinburgh*. A. 1938–39. V. 59. P. 122–129.
5. *Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М.* Фейнмановские лекции по физике. М.: Мир, 1967. Т. 1. Гл. 5;
Feynman R. P., Leiton R. B., Sands M. The Feynman Lectures on Physics. V. 1. Addison-Wesley Publishing Company, INC, 1964.
6. *Эйнштейн А.* Собрание научных трудов. М.: Наука, 1965. Т. I. С. 451.
7. *Вейль Г.* Математическое мышление. М.: Наука, 1989;
Weyl H. Geometrie und Physik. *Die Naturwissenschaften*, 1931. Bd. 19. S. 49–58.

8. Румер Ю. Б. 5-Оптика. 1967.
9. Вигнер Е. Этюды о симметрии. М.: Мир, 1971. С. 61;
Wigner E. P. Symmetries and Reflections. Indiana University Press, 1970.
10. Шредингер Э. Избранные труды по квантовой механике. М.: Наука, 1976. С. 138;
Schrodinger E. // Ann. Physik. 1926. V. 81. P. 109.
11. Вейль Г. Пространство, Время, Материя. М.: Янус, 1996. С. 426;
Weyl H. Space–Time–Matter. Dover Publications, INC, 1950.
12. Биденхарн Л., Лаук Дж. Угловой момент в квантовой физике. М.: Мир, 1984. Т. 1 С. 17;
Biedenharn L. C., Louck J. D. Angular Momentum in Quantum Physics. Addison-Wesley, 1981.
13. Хоукинг С. От большого взрыва до черных дыр. М.: Мир, 1990. С. 17;
Hawking S. W. A Brief History of Time. Bantam Books, 1988.
14. Фейнман Р. Характер физических законов. М.: Мир, 1967. С. 229;
Feynman R. The Character of Physical Law. London: Cox and Wyman LTD, 1965.
15. Красников Н. В., Матвеев В. А. Новая физика на Большом адронном коллайдере. М.: КРАСАНД, 2011.
16. Мизнер Ч., Торн К., Уилер Дж. Гравитация. М.: Мир, 1977. Т. 2. С. 104;
Misner Ch. W., Thorne K., Wheeler J. Gravitation. San Francisco, 1973.
17. Фок В. А. // ЖЭТФ. 1939. Т. 9(4). С. 375.
18. Элементарные частицы и компенсирующие поля: Сб. статей. М.: Мир, 1964. С. 100;
Yukawa H. // Rev. Mod. Phys. 1957. V. 29. P. 213.
19. Пригожин И. Конец определенности. Ижевск: Ред. журн. «Регулярная и хаотическая динамика», 1999. С. 9;
Prigogine I. The End of Certainty. The Free Press, 1997.
20. Уилер Дж. Гравитация как геометрия // Гравитация и относительность. М.: Мир, 1965. С. 142;
Gravitation and Relativity / Eds.: H.-Y. Chiu, W. F. Hoffmann. W. A. Benjamin Inc., 1964.
21. Зельдович Я. Б., Хлопов М. Ю. Драма идей в познании природы. Вып. 67. С. 138. М.: Наука, 1988. (Б-чка «Квант»).
22. Гильберт Д. Избранные труды. М.: Факториал, 1998. Т. II. С. 471;
Klein F. Zu Hilberts erster Note über die Grundlagen der Physik. Nachr. Ges. Wiss. Göttingen, 1915. S. 395–407.
23. Шапиро И. С. К истории открытия уравнений Максвелла // УФН. 1972. Т. 108, вып. 2. С. 319–333.
24. Лоренц Г. А. Теория электронов. М.: Гостехиздат, 1956. С. 32–33.
25. Фок В. А. О движении конечных масс в общей теории относительности // ЖЭТФ. 1939. Т. 9(4). С. 375.
26. Пенроуз Р. Структура пространства-времени. М.: Мир, 1972. С. 24.
27. Мах Э. Познание и заблуждение // Альберт Эйнштейн и теория гравитации. М.: Мир, 1979. С. 83–84.

28. Барбаиов Б. М., Нестеренко В. В. Модель релятивистской струны в физике адронов. М.: Энергоатомиздат, 1987.
29. Грин М., Шварц Д. Ж., Виттен Э. Теория суперструн. М.: Мир, 1990. Т. 1, 2.
30. Боголюбов Н. Н., Ширков Д. В. Введение в теорию квантованных полей. М.: Гостехиздат, 1957.
31. Shirkov D. V. Quantum Field — The Only Form of Matter? Preprint MPI-Ph/92-54.
32. Shirkov D. V. The Role of Renormalization Group in Fundamental Theoretical Physics // Third Intern. Conf. «Renormalization Group '96» / Eds.: D. V. Shirkov, D. I. Kazakov, V. B. Priezev. Dubna: JINR, 1997. P. 5.
33. 'т Хоофт Г. Избранные лекции по математической физике. М.–Ижевск: Ин-т комп. исслед., 2008.
34. Dubrovin B. A., Fomenko A. T., Novikov S. P. Modern Geometry. Methods and Applications. Springer–Verlag, 1984. Pt. 1.
35. Fülöp G., Gitman D. M., Tyutin I. V. // Intern. J. Theor. Phys. 1999. V. 38. P. 1941–1968.
36. Yang C. N. Lectures in Frontiers in Physics. The Magnetic Monopoles, Gauge Fields and Fibre Bundles Seoul, Korea, 1980.
37. Gromoll B., Klingenberg W., Meyer W. Riemannische Geometrie in Grossen. Springer-Verlag, 1968.
38. de Rham G. Varetés differentiable: formes, courants, formes harmoniques. Paris: Hermann, 1955.
39. Whitrow G. J. The Natural Philosophy of Time. New York: Oxford University Press, 1980.
40. Novikov V. A., Rozanov A. N., Vysotsky M. I. // Yad. Fiz. 2010. V. 73. P. 662.
41. Frisch U. Turbulence. The Legacy of A. N. Kolmogorov. Cambridge University Press, 1995.
42. Kuchar K. J. // Math. Phys. 1976. V. 17. P. 801.
43. Feynman R. P. // Phys. Rev. 1949. V. 76. P. 749;
The Theory of Fundamental Processes. New York: W. A. Benjamin, 1961.
44. Dirac P. A. M. // Proc. R. Soc. Lond. A. 1931. V. 133. P. 60–72.
45. Окороков В. В. О противоречивости экспериментов, подтверждающих некоторые выводы общей теории относительности. Препринт ИТЭФ 27-98. М., 1998. 8 с.
46. Бертолотти М. История лазера. Долгопрудный: Интеллект, 1985;
Bertolotti M. The History of the Laser. Bristol and Phyladelphia: IoP, 1999.
47. Планк М. Введение в теоретическую физику: Оптика. М.: URSS, 2006.
48. Anderson J. L. Principles of Relativity Physics. Academic Press, 1967.
49. Hawking S. W., Ellis G. F. R. The Large Scale Structure of Space-Time. Cambridge University Press, 1973.
50. Логунов А. А. Релятивистская теория гравитации. М.: Наука, 2005.
51. Черников Н. А., Шавахина Н. С. // ТМФ. 2002. Т. 132. С. 469–474.
52. Боголюбов Н. Н. Квазисредние в задачах статистической механики // Статистическая физика и квантовая теория поля. М.: Наука, 1973. С. 7–80.

53. *Владимиров Ю.* Геометрофизика. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2005. С. 529.
54. *Петров А. З.* Новые методы в общей теории относительности. М.: Наука, 1966. С. 89.
55. *Власов А. Д.* // УФН. 1993. Т. 163. С. 97.
56. *Вейль Г.* Гравитация и электричество // Альберт Эйнштейн и теория гравитации. М.: Мир, 1979. С. 513–528;
Weil H. Sitzungsber. d. Berl. Akad., 1918. S. 465–480.
57. *Weyl H.* Space–Time–Matter. New York: Dover Publications, 1950.
58. *Dirac P. A. M.* // Proc. R. Soc. Lond. A. 1973. V. 333. P. 403.
59. *'t Hooft G.* // Foundations of Physics. 2011. V. 41. P. 1829.
60. *Пестов А. Б.* Релятивистские уравнения, определяемые операторами внешнего дифференцирования и обобщенной дивергенции // ТМФ. 1978. Т. 34(1). С. 48–58; Препринт ОИЯИ Р2-5798. Дубна, 1971.
61. *Пестов А. Б.* Волновое уравнение для дейтрона // ЯФ. 1979. Т. 30, вып. 2(8). С. 336–338.
62. *Pestov A. B.* Fundamental Interactions from First Principles // Hadronic J. Suppl. 1993. V. 8(2). P. 99–135.
63. *Pestov A. B.* Physical Meaning of Confinement // Hadronic J. 1994. V. 17(6). P. 603–614.
64. *Pestov I. B.* Spin Properties of Four-Dimensional Space and Confinement // Yad. Fiz. 1998. V. 61(11). P. 1–5.
65. *Pestov I.* On the Concept of Spin in Electrodynamics // Tr. J. of Physics. 1999. V. 23(5). P. 913–917.
66. *Pestov A. B.* The Weyl Gauge Theory and Absolute Parallelism // Mod. Phys. Lett. 2000. V. 15(27). P. 1697–1701.
67. *Pestov I. B.* Gauge Theory of Oriented Media // J. Phys. A: Math. Gen. 2000. V. 33. P. 3027–3032.
68. *Pestov I.* Field Theory and the Essence of Time // Horizons in World Physics. V. 248. Chapter 1 / Ed. A. Reimer. P. 1–29. New York: Nova Sci., 2005; JINR Preprint E2-96-424. Dubna, 1996.
69. *Pestov I.* Dark Matter and Potential Fields // Dark Matter, New Research, Chapter 3 / Ed. J. Val Blain. P. 73–90. New York: Nova Sci., 2006; JINR Preprint E2-2005-51. Dubna, 2005.
70. *Пестов А. Б.* Новая концепция времени и гравитация // Симметрии и интегрируемые системы. Т. II / Под ред. А. Н. Сисакяна. Дубна, 2006. С. 81–102.
71. *Pestov I. B.* Geometrical Spin Symmetry and Spin // Yad. Fiz. 2011. V. 74(7). P. 1084–1090.
72. *Pestov A. B.* On Dynamic Equations for Interaction of the Affinor Field with Affine Connection // Proc. of the XXI Intern. Symp. Ahrenschoop on the Theory of Elementary Particles. P. 253–260 / Ed. E. Wieczorek. Berlin–Zeuthen, 1987; JINR Preprint E2-87-826. Dubna, 1987. 7 p.

73. *Pestov A. B.* Quark Confinement, Interquark Potential and Dirac Equation // Proc. of the Intern. Conf. on Quark Confinement and the Hadron Spectrum. P. 374–376 / Eds.: N. Brambilla, G. M. Prosperi. Singapore: World Sci., 1995.
74. *Pestov I. B.* Complex Structure and Dirac Theory // Aspects of Complex Analysis, Differential Geometry, Mathematical Physics and Applications. 4th Intern. Workshop on Complex Structures and Vector Fields / Eds.: S. Dimiev, K. Sekigava. Singapore: World Sci., 1999. P. 236–245.
75. *Pestov I. B.* Geometry of Manifolds and Dark Matter // Perspectives of Complex Analysis, Differential Geometry and Mathematical Physics. Proc. of the 5th Intern. Workshop on Complex Structures and Vector Fields / Eds.: S. Dimiev, K. Sekigava. Singapore: World Sci., 2001. P. 180–189.
76. *Pestov I. B.* Complex Structures and Quark Confinement // Trends in Complex Analysis, Differential Geometry and Mathematical Physics. Proc. of the 6th Intern. Workshop on Complex Structures and Vector Fields / Eds.: S. Dimiev, K. Sekigava. Singapore: World Sci., 2003. P. 179–190.
77. *Pestov I. B.* On the Internal Motion in Hadron // XI Advanced Research Workshop on High Energy Spin Physics. DUBNA-SPIN-05, Proc. / Eds.: A. V. Efremov, S. V. Goloskokov. Dubna, 2006. P. 228–233.
78. *Pestov I. B.* Spin and Geometry // Relativistic Nuclear Physics and Quantum Chromodynamics. Proc. of the XVIII Intern. Baldin Seminar on High Energy Physics Problems / Eds.: A. N. Sissakian, V. V. Burov, A. I. Malakhov. Dubna, 2008. V. II. P. 289–299.
79. *Pestov I. B.* Spin Physics and Self-Organization of Physical Fields // Relativistic Nuclear Physics and Quantum Chromodynamics. Proc. of the XIX Intern. Baldin Seminar on High Energy Physics Problems / Eds.: A. N. Sissakian, V. V. Burov, A. I. Malakhov, S. G. Bondarenko, E. B. Plekhanov. Dubna, 2009. V. II. P. 52–57.
80. *Pestov I. B.* New Concept of Time and Spin // Selected Problems of Modern Physics. Proc. of the XIII Intern. Conf. / Eds.: B. M. Barbashov, S. M. Eliseev. Dubna, 2009. P. 390–392.
81. *Пестов А. Б.* Тензорное волновое уравнение. Движение в центральном поле. Сообщ. ОИЯИ P2-12886. Дубна, 1979. 16 с.
82. *Pestov A. B.* Theory of Fundamental Interactions. JINR Preprint E2-92-537. Dubna, 1992. 52 p.
83. *Pestov A. B.* The Concept of Time and Field Theory. JINR Preprint E2-96-424. Dubna, 1996. 15 p.
84. *Pestov I. B.* Self-Organization of Physical Fields and Spin. JINR Preprint E2-2008-93. Dubna, 2008. 42 p.

Получено 20 декабря 2012 г.

Редактор *Е. В. Сабеева*

Подписано в печать 05.03.2013.

Формат 60 × 90/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 2,44. Уч.-изд. л. 2,89. Тираж 325 экз. Заказ № 57934.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6.

E-mail: publish@jinr.ru

www.jinr.ru/publish/