
СОВРЕМЕННАЯ НАТУРФИЛОСОФИЯ: ПЕРСПЕКТИВЫ В ФОКУСЕ ЕДИНСТВА

С.С. Кокарев

РНОЦ Логос (Ярославль) – НИИ ГСГФ (Фрязино)

В статье рассматриваются некоторые характерные общие структурные элементы и тенденции современных физических теорий и их потенциальная роль в построении будущей физической «теории всего». Особое внимание уделяется принципам алгебраизации и геометризации и статусу последнего в свете геометрического конвенционализма Пуанкаре. Обсуждается концепция мета-физики – общей математической «теории физических теорий», в рамках которой можно проводить количественные исследования соответствия различных физических теорий друг с другом и их отношений с экспериментами и метафизическими принципами. Обсуждается статус и место границ физики в современной физической картине мира.

Ключевые слова: альтернативные теории, обобщенные теории, физические принципы, принцип геометризации, принцип алгебраизации, «теория всего», концепция наблюдателя, перцептивное пространство, когнитивный полилингвизм, геометрический конвенционализм Пуанкаре, мета-физика.

Вполне возможно, что XXI век принесет еще более удивительные открытия, чем те, которыми нас порадовал XX век. Но чтобы это произошло, необходимы глубокие новые идеи, которые направят нас по существенно иному пути, нежели тот, которым мы идем сейчас. Возможно, главное, что нам требуется, это какое-то тонкое изменение взгляда на мир – что-то такое, что все мы утратили...

Р. Пенроуз [3. С. 862]

1. «Общие точки»

Субъективной основой любого научного поиска являются *удивление* и *восторг*. В науке способность удивляться трансформируется в способность видеть необычное в обыденном и хотя бы иногда менять точку зрения на привычные вещи, а восторг превращается в яркое ощущение гармонии, которое открывается где-то на конечных стадиях научного исследования. Лично мне в этом отношении повезло, как минимум, трижды. Во-первых, в детстве я впервые услышал удивительную историю про атомы и молекулы – впечатление загадки осталось и по сей день. Во-вторых, с того самого времени я твердо решил заниматься физикой – и имею возможность заниматься ею и по сей день. В-третьих, я имел возможность общаться со многими (очень разными!) интересными людьми науки: иногда я учился у них «делать физику», но чаще просто соприкасался с мирами их научных идей, а в результате находил новые (часто прямо противоположные!) идеи в своем

собственном мире. В этом отношении общение иногда было очень интенсивным: рождались на свет новые мысли, заметки или статьи. Одно из последних ярких соприкосновений подобного рода – это книги сэра Роджера Пенроуза [1, 2, 3] и личный контакт с ним во время его пребывания в России в марте-апреле 2013 г. Упомянутые книги Р. Пенроуза, безусловно, относятся к числу популярных, но они отнюдь не просты: популяризация идей в них достигается не жертвой точностью, а глубоким пониманием проблем и талантом автора как ученого и популяризатора науки. Вместе с тем эти книги написаны так, что любой читатель найдет в них обильную пищу для собственных размышлений: школьник получит массу интересных загадок-стимулов для будущего, студент – в идейном плане – основательное и современное введение в предмет фундаментальной физики и математики, преподаватель – интересный дополнительный материал для занятий, физик – обзор современного состояния физики, математик – обширный перечень приложений различных разделов современной математики для решения актуальных физических проблем. И сам я, начав читать его книги, завел специальный блокнотик, в котором по мере чтения делал наброски будущих лекций для школьников и студентов, научных и научно-методологических статей по тем своим собственным идеям, которые «срезонировали» с материалом книги. Личное знакомство с сэром Роджером Пенроузом только усилило эффект от его книг: его манера держаться, простота в сочетании с глубиной понимания предмета и собеседника, личная скромность и человеческое обаяние создают неизгладимое впечатление цельности его личности и его научной позиции. Я имел дополнительную возможность почувствовать все это, выступая на семинаре с участием Р. Пенроуза 3 апреля 2013 г. в РУДН с изложением общих идей поличисловой теории поля. Видеозапись выступления и комментариев к нему Р. Пенроуза доступны по ссылкам [4; 5] (дополнительные комментарии Р. Пенроуз сделал также на пресс-конференции [6]), печатный вариант этих видеоматериалов (вместе с двумя лекциями самого Пенроуза и докладом С. В. Сипарова) представлен в специальном выпуске журнала «Гиперкомплексные числа в геометрии и физике» [7]. В своем комментарии сэр Роджер Пенроуз, в частности, говорит о том, что «...работа, которой занимаюсь я, идет в некотором смысле в противоположном направлении тому, что делаете Вы... Очень важно, чтобы такие вещи тоже делались, и важно, чтобы была возможность развивать различные направления и получать более общее понимание того, как эти вещи связаны...» После семинара я подошел к нему и спросил:

– Может быть, наши различные пути где-то пересекаются? Или даже ведут к одному и тому же?

Он улыбнулся, помолчал, а потом ответил:

– Да, вполне возможно, что где-то на бесконечности они имеют общую точку и говорят об одном и том же...

Мне представляется, что эта, едва различимая сегодня, тема «общей точки» (или, быть может, «общих точек») как смыслового средоточия раз-

личных направлений мысли современной теоретической физики очень актуальна в контексте колоссальной дифференциации современных разделов физики и математики. В свете этой темы и будет строиться дальнейшее изложение статьи. Многие идеи, представленные в ней, родились в процессе чтения книг Р. Пенроуза и размышлений над ними. Разумеется, тема «общих точек» очень обширна и содержит много ингредиентов. Мы откроем ее с общего обсуждения двух очень разных способов, которыми в принципе могут развиваться физические теории, и подробнее остановимся на одном конкретном примере.

2. Обобщение и альтернатива

Для того чтобы вырваться из власти современных идей, рекомендуется знакомиться с историей: жизнь иных народов, в иных странах и в иные времена научает нас понимать, что считающиеся у нас вечными идеи суть только наши заблуждения. Еще один шаг: нужно представить себе человечество живущим не на земле, и все земные вечные идеи потеряют свое обаяние.

Л. Шестов. Апофеоз беспочвенности

История физики обнаруживает, что смена физических теорий может происходить по двум различным сценариям. Согласно первому, новая теория приходит на место старой в виде ее обобщения. При этом старая теория получается из новой как некоторый предельный частный случай. Обобщенная теория может выводить нас на новый концептуальный уровень понимания реальности, что требует, вообще говоря, нового понятийного и математического языка. Но при переходе к пределу старой теории новые понятия обобщенной теории трансформируются в понятия старой по правилам, которые достаточно прозрачны и математически легко формализуемы. Таким образом, обобщенные теории можно понимать как определенного рода деформации старых теорий: в качестве «параметра деформации» иногда выступает какая-либо новая физическая величина или даже фундаментальная константа, отражающая те новые свойства физической реальности, на описание которых претендует соответствующее обобщение. Типичными примерами сценариев обобщения являются переходы от механики Ньютона к специальной теории относительности и от специальной к общей теории относительности. В первом случае параметром деформации выступает скорость света c : нерелятивистскому пределу соответствует переход (иногда требующий осмотрительности) $c \rightarrow \infty$. Во втором случае в качестве «параметров деформации» можно рассматривать набор переменных погружения мирового листа Минковского в плоское многомерное пространство-время [8].

Второй сценарий смены физических теорий заключается в кардинальной смене физической парадигмы, которая предполагает описание реально-

сти в рамках и терминах понятий, вообще говоря не сводящихся к понятиям старой теории ни при каком предельном переходе. В данном случае новая теория дает нам принципиально новый язык, который может быть даже отдаленно не похожим на язык старой теории. Тот факт, что альтернативные теории претендуют на описание примерно одной и той же совокупности наблюдаемых явлений, означает, что между их языками должен существовать (вообще говоря, довольно слабый) морфизм: адепты альтернативной теории в принципе должны уметь сформулировать правила перевода своих понятий на язык понятий исходной теории¹. В этом случае мы, вообще говоря, не имеем возможности рассматривать альтернативную теорию как деформацию старой, понимаемую в каком-либо смысле. В качестве примеров альтернативных теорий приведем дальнедействующую электродинамику Уилера–Фейнмана [9] (альтернатива максвелловской электродинамики), релятивистскую теорию гравитации Логунова [10] (альтернатива эйнштейновской ОТО), теорию суперструн [11] (альтернатива стандартной модели физики элементарных частиц).

Нижеприведенная сравнительная таблица (табл. 1) в сжатом виде отражает характерные особенности обобщенных и альтернативных теорий.

Таблица 1

Характеристики	Обобщенная теория	Альтернативная теория
Мотивация	Расширение границ	Унификация описания
Метод построения	Деформация старой теории	Новые парадигма и язык
Принцип соответствия	Предельная деформация	Словарь морфизмов
Роль эксперимента	Решающая	Косвенная

Следует отметить, что переход к новой теории посредством обобщения можно в определенном смысле рассматривать как «нормальный» сценарий развития физики: он отражает поступательный непрерывный характер развития научного знания, включает принцип преемственности и потому концептуально, технически и даже психологически более комфортен для исследователя. Напротив, сценарий в сторону альтернативной теории отражает скачкообразную составляющую развития, включает принцип преемственности, может быть, лишь в косвенной форме, часто требует новых правил мышления об окружающем мире и новой математики и потому вызывает у большей части исследователей определенный дискомфорт. Роджер Пенроуз в [3] очень аккуратно описывает эту ситуацию следующими словами: «Кажущаяся субъективность, которую мы видим в описанном выше влиянии [научной] моды, вызвана лишь тем, что в своих попытках понять этот мир мы идем ощупью, при этом давление со стороны общественности и финан-

¹ Хотя для практического применения своей теории они могли бы даже не упоминать про старую: правила перевода нужны для лучшего понимания отношения теорий и для успешного убеждения сторонников старой теории, которые, как правило, составляют подавляющее большинство научного сообщества.

сирующих организаций, а также вполне понятные человеческие слабости и естественные ограничения играют важную роль в тех хаотических и зачастую взаимно не согласованных картинах, с которыми мы постоянно сталкиваемся».

Отметим, наконец, что в действительности дилемма «обобщение» – «альтернатива» представляет собой лишь два крайних полюса для сценариев развития событий, которые в чистом виде появляются крайне редко. В реальной исторической перспективе прошлого мы сталкиваемся с теориями, которые по отношению к предшествующим теориям являются своеобразным симбиозом обобщенных и альтернативных теорий. Так, общая теория относительности является не просто обобщением специальной, но и альтернативой к ньютоновской теории тяготения. Действительно, в ОТО вместо гравитационной силы и второго закона Ньютона фигурируют чисто геометрические объекты: метрика, связность и уравнения геодезических. Дальнедействующая электродинамика Уилера-Фейнмана представляет собой одновременно и альтернативу, и обобщение максвелловской электродинамики. Первое связано с тем, что в дальнедействующей формулировке электромагнитное поле является вторичным (вспомогательным) понятием, о котором в рамках этой теории можно даже не упоминать. С другой стороны, электродинамика Уилера-Фейнмана представляет собой целое семейство теорий, которые отличаются друг от друга условиями поглощения на бесконечности: максвелловской причинной электродинамике соответствует абсолютный поглотитель в удаленном будущем.

Пример с электродинамикой Уилера-Фейнмана весьма показателен: он иллюстрирует те характерные проблемы (в том числе психологические), которые связаны с восприятием альтернативных теорий реальности научной общественностью. Обзор [12] содержит популярное изложение основных идей этой теории (она называется далее по именам первооткрывателей – теорией Фоккера-Тетроде) и проблемы, которые возникают при ее разработке. Приведем здесь для наглядности дискуссию трех воображаемых собеседников (взятую из [12] с небольшими сокращениями), которая резюмирует суть характерных проблем. Собеседник А будет адептом теории поля, собеседник В будет выражать позицию автора настоящей статьи, собеседник С – человек со стороны, желающий разобраться с «простым», но необычным вопросом: «Существует ли электромагнитное поле?».

С: – Еще со школьных времен я привык думать, что электромагнитное поле – экспериментально доказанный факт. Нам говорили, что на языке электромагнитного поля можно объяснить все электромагнитные явления. Примерно то же самое, ну, может быть, с большим числом деталей, я слышал потом и в вузе. А на днях я вдруг узнаю, что концепция поля не обязательна для таких объяснений. Что же, выходит, нас неправильно учили? Или это мнение ошибочно? Что вы думаете по этому поводу?

А: – Я думаю, что здесь какое-то недоразумение. Все электродинамические устройства проектируются и изготавливаются на основе представлений об электромагнитном поле и его свойствах. Напряженности электрических и магнитных полей можно измерить. Скорость распространения электромагнитных волн измерена с большой точностью. А уравнения Максвелла всегда «работают» так же надежно, как и многочисленные устройства, рассчитанные на их основе. На фоне такого огромного количества неопровержимых фактов, свидетельствующих в пользу полевой теории электромагнетизма, попытки объяснить их без понятия поля похожи на попытки дышать в безвоздушном пространстве. Я лично воспринимаю их либо как любопытный научный курьез, либо как абстрактную академическую теорию, не имеющую практического интереса.

В: – Я согласен с тем, что известное множество физических явлений можно объяснить на основе концепции поля, подчиняющегося известным уравнениям Максвелла. Я также согласен и с тем, что для подавляющего большинства этот язык привычен и нагляден. Но я не могу согласиться с утверждением, что удобство объяснения является достаточным критерием реальности той сущности, которую выражает используемое понятие. К примеру, деньги не обладают большой самостоятельной ценностью, но они удобны как универсальный количественный эквивалент ценности. Нам удобно исчислять стоимость предприятия в денежном эквиваленте, хотя реальная ценность предприятия будет определяться затраченными материальными средствами и трудом.

А: – Это верно. Но я делаю заключение о реальности электромагнитного поля не на основании удобства его использования, а на основании фактов. Чтобы убедиться, что между двумя зарядами действует посредник в виде электромагнитного поля, достаточно поместить между ними детектор. Возмущение одной частицы сначала попадет в детектор, а лишь затем, возможно частично ослабленное, к другой частице. Детекторы можно установить достаточно плотно, и тогда мы, практически, визуализируем электромагнитную волну.

В: – А вот здесь стоит разобраться! То же самое я могу объяснить по-другому. Заряженные частицы действуют друг на друга непосредственно без всякого посредника в тот момент, когда они находятся на световых конусах друг друга. Световой конус – это релятивистски инвариантный объект в 4-мерном мире Минковского. Поэтому факт взаимодействия не зависит от системы отсчета, хотя его количественное описание будет зависеть от ее выбора. Сила взаимодействия в теории дальнего действия устроена сложнее, чем закон Кулона: она зависит от ускорений и скоростей и содержит запаздывание (и опережение, если не учитывать поглотитель). На самом деле, именно это выражение и имеет практическое значение. Вспомним, как определяется напряженность электрического поля: это сила, действующая на единичный заряд. Напряженность электрического поля нужна нам лишь для того, чтобы определить электрическую силу: $\mathbf{F} = q \cdot \mathbf{E}$. Последняя формула –

это мостик между механикой и электростатикой. Аналогичный силовой смысл имеет и индукция магнитного поля. Все дело в том, что любой эксперимент, связанный с измерением электромагнитного поля, сводится (на языке теории поля) к взаимодействию поля с заряженными частицами: пробными свободными частицами или связанными заряженными частицами регистрирующей части экспериментальной установки. *На опыте мы никогда не имеем дело с самим электромагнитным полем, но всегда только с его действием на пробные заряды.* Поэтому волну возмущения ваших детекторов необязательно истолковывать как электромагнитную волну, хотя, возможно, такое истолкование достаточно наглядно. На языке дальнего действия детекторы реагируют непосредственно на возмущение частицы в тот момент, когда оказываются на световом конусе возмущающей частицы. Поскольку в уравнение светового конуса входит инвариантная скорость света c , для любого наблюдателя такое непосредственное взаимодействие будет выглядеть как распространяющаяся волна. Но в дальнедействующей формулировке электродинамики мы будем объяснять это явление как результат специфической инвариантной пространственно-временной организации электромагнитного взаимодействия.

А: – Возможно, что формально ваши объяснения правильны. Но ведь хорошо известно, что электромагнитное поле переносит энергию и импульс. Импульс электромагнитного поля может передаваться протяженным телам, а энергия поля может совершать работу, как это происходит, например, в конденсаторе. Если электромагнитного поля нет, то как вы ответите на вопрос: где находится энергия частицы, излученная ею в некоторый момент времени, в моменты времени более поздние, но предшествующие актам поглощения этой энергии другими частицами в окружающем пространстве?

В: – Я напомню, что в дальнедействующей кулоновской или амперовской формулировке электростатики и магнитостатики энергией обладают лишь заряды и токи. При этом эта энергия складывается из обычной кинетической энергии движения частиц и потенциальной энергии их электростатического или магнитостатического взаимодействия. Носителями этих видов энергии являются сами частицы или токи. Другими словами, можно сказать, что в нерелятивистском варианте дальнедействующей электродинамики (по сути, речь идет лишь об электростатике и магнитостатике) энергия локализована на частицах и токах. В случае электродинамических явлений начинают проявляться релятивистские эффекты запаздывания. В этом случае на языке теории поля мы говорим, что у поля появляются импульс и поток энергии в пространстве. На языке дальнего действия придется пересмотреть определение того, что мы называем энергией и импульсом системы электромагнитно взаимодействующих частиц. На самом деле, важность энергии и импульса определяется фактом их сохранения для замкнутой системы частиц, который, в свою очередь, вытекает общей теоремы Нетер, связывающей законы сохранения с симметриями действия рассматриваемой физической системы. Если теорему Нетер применить к действию Фоккера–Тетроде в теории дальнего действия, то выражения для энергии и импульса системы по-

лучатся нелокальными, то есть содержащими интегралы по отрезкам мировых линий, но, разумеется, не содержащими энергетических характеристик посредника – электромагнитного поля. Если в далекодействующей формулировке пользоваться правильными определениями импульса и энергии, то она воспроизведет те же самые наблюдаемые следствия с пробными частицами, что и полевая электродинамика.

С: – Так, где же, все-таки, будет находиться энергия в промежуток времени между актами излучения и поглощения?

В: – Вопрос явно навеян полевыми представлениями. Энергия всегда будет «размазана» по мировым линиям взаимодействующих частиц. В энергию системы в данный момент времени дают вклад характеристики мировых линий частиц как в прошлом, так и в будущем, – возможно даже довольно отдаленных.

А: – Согласно теории Фоккера–Тетроде, эффективный потенциал электромагнитного поля существует только в тех точках пространства-времени, в которых световые конусы источников пересекают мировые линии других частиц. Но в полевой формулировке потенциалы определены во всем пространстве. Значит, полной эквивалентности между этими теориями нет!

В: – Полной эквивалентности, конечно, нет, но по другой причине (например, в случае неполного поглощения, когда проявляются опережающие эффекты). Потенциал теории поля описывает *потенциальное воздействие источника в каждой точке пространства, если бы в эту точку был помещен пробный заряд*. В отличие от этого, эффективный потенциал в теории далекодействия всегда описывает *актуальное действие источника на реальные заряды*. Проверка правильности потенциального полевого описания будет заключаться в помещении в данную точку реального заряда и наблюдении за ним. Но в этой ситуации мы имеем дело с реальным зарядом, который можно описывать эффективным потенциалом далекодействующей формулировки. Поскольку заряд либо есть, либо нет, то две формулировки эквивалентны: в первом случае они дадут одно и то же, во втором – отсутствие эффективного потенциала в свободной от зарядов области пространства в далекодействующей формулировке эквивалентно отсутствию зарядов в полевой. И в том и другом случае мы ничего не наблюдаем!

А: – Хорошо, а как быть с самими источниками? В теории Фоккера–Тетроде всякий эффективный потенциал имеет источники, в то время как уравнения Максвелла допускают решение уравнений без источников, например, плоские волны.

В: – Все реалистичные решения свободных уравнений Максвелла имеют особенности. Эти особенности и есть источники свободных электромагнитных волн. Решение в виде плоской волны представляет собой физическую идеализацию: не существует никакого реального источника, который мог бы создать такую волну. Впрочем, плоская волна служит хорошим приближением для поля излучения островных систем, рассматриваемого на большом расстоянии от них.

А: – Несмотря на кажущуюся убедительность ваших доводов, картина электромагнитных явлений на языке дальнего действия оказывается довольно туманной и запутанной. Кроме того, в ваших аргументах я не нахожу веских причин, по которым я мог бы отказаться от мысли о реальности электромагнитного поля. Есть много понятий, которые используются для обозначения непосредственно ненаблюдаемых сущностей: атомы, ядра, волновая функция. Даже температуру и давление мы измеряем по высоте ртутного столба. Отсюда не следует, что сущностей, которые стоят за этими понятиями, не существует.

В: – Необходимо помнить, что физика имеет дело с явлениями и строит свои модели для объяснения явлений. Природа наших научных знаний такова, что «вспомогательные сущности», которые мы вводим для объяснения явления, могут не иметь прямого отношения к действительной сущности явления. Они и не обязаны иметь его, поскольку основная задача физики в ее современном понимании – правильно описать явление. Я проиллюстрирую свою мысль несколько парадоксальным, в свете нашей дискуссии, примером электродинамики, которая, в определенном смысле, антагонистична электродинамике Фоккера–Тетроде, то есть такой, которая формулируется только на языке полей без введения зарядов и токов.

С: – А что, есть и такая?

В: – Разумеется! В обычной постановке задач стандартной электродинамики мы рассчитываем поля по заданным распределениям зарядов и токов. Рассмотрим обратную задачу: по заданному электромагнитному полю вычислим распределения зарядов и токов. Эта задача в техническом отношении даже проще, чем первая, поскольку сводится к вычислению определенных комбинаций производных поля в соответствии с уравнениями Максвелла, содержащими источники. А теперь пойдем еще дальше и *определим* точечный электрический заряд как поток электрического поля через поверхность, охватывающую его точечную особенность. В такой чисто полевой теории возникнут свои характерные трудности, но ее эквивалентность стандартной электродинамике Максвелла в принципе очевидна. Выбирайте тот подход, который вам больше нравится!

С: – Хотелось бы вернуться к статусу электромагнитного поля. Значит, все-таки, электромагнитное поле нельзя считать реальностью?

В: – Хорошо. Подведем маленький итог. Мы можем говорить об одних и тех же электромагнитных явлениях на двух разных языках. При этом язык электродинамики Максвелла использует понятие электромагнитного поля, а язык дальнего действия обходится без него, ничего не теряя в смысле информативности и точности описания. Таким образом, нет ничего странного в том, что об одном и том же можно говорить совсем по-разному, хотя правила перевода с одного языка на другой могут быть совсем не простыми. Ситуация с электродинамикой проще и интереснее: *за исключением электромагнитного поля, понятия близкого действующей и дальнего действующей формулировки электродинамики совпадают.* Это означает, что электромагнит-

ное поле – вспомогательная конструкция, удобная для наглядного объяснения и истолкования электромагнитных явлений. Но если роль некоторой предполагаемой «сущности» в физической теории зависит от достаточно произвольного выбора правил нашего мышления о мире, то есть от выбора физических принципов, то эта «сущность», вероятнее всего, не может быть физической реальностью. Во всяком случае, предположение о том, что физическая реальность может зависеть от нашего мировоззрения и личных философских установок выглядит довольно странно. Впрочем, не исключено, что физика будущего приведет нас к необходимости серьезного уточнения того, что мы называем объективной физической реальностью.

А: – Но разве простота описания не является желательным и даже необходимым качеством физической теории? Ведь очевидно, что теория электромагнитного поля проще!

В: – Концепция электромагнитного поля порождает свои собственные проблемы, связанные с его свойствами: бесконечная собственная энергия электрона и энергия электромагнитного вакуума, расходимости в диаграммах Фейнмана, необходимость квантования электромагнитного поля и т.д. Следует отметить, что некоторые из этих проблем переключиваются и в далекодействующую формулировку в несколько видоизмененной форме, но этих проблем там меньше, поскольку полевые степени свободы отсутствуют. Впрочем, действительно, следует признать, что принцип простоты – один из важных физических принципов. «Бритва Оккама» («*Не следует множить сущее без необходимости*») – это и есть его выражение в науке. Интересно, что сторонники чисто полевой формулировки электродинамики, в которой заряды и токи определяются через поля, могли бы развернуть мои аргументы в противоположную сторону и сказать, что заряды и токи – вспомогательные понятия, которые также не могут иметь статуса объективной реальности. Споры о том, кто здесь прав, скорее всего, будут безрезультатными. Не исключено, что правы обе стороны!

С: – И как же прикажете это понимать? И поля и заряды – условность?

В: – Нет. Просто можно надеяться, что будущие исследования приведут нас к новой формулировке электродинамики, в которой не будет ни полей, ни зарядов. При этом и те и другие будут возникать как вторичные понятия, вытекающие из более фундаментальных сущностей, не допускающих внутри себя дуализма типа «частицы-поля».

Приведенная воображаемая дискуссия, кроме особенностей альтернативного описания реальности и обсуждения этой реальности на разных языках, затронула много других аспектов методологии и практики научного исследования. Один из них – физические принципы.

3. Физические принципы и физические законы

Нужно взрыть убитое и утоптанное поле современной мысли. Потому во всем, на каждом шагу, при случае и без всякого случая, основательно и неосновательно следует осмеивать наиболее принятые суждения и высказывать парадоксы. А там – видно будет.

Л. Шестов. Апофеоз беспочвенности

Обсуждая основные этапы эволюции механики, Р. Пенроуз отмечает следующий любопытный факт: «Неудивительно, что Ньютон, формулируя свои законы динамики, был вынужден прибегнуть к описанию, использующему понятие “абсолютного пространства”. На самом деле Ньютон, по крайней мере вначале, был «галилеевским релятивистом» не в меньшей мере, чем сам Галилей. Это ясно видно из того факта, что в своей первоначальной формулировке законов движения он явно провозглашает принцип относительности Галилея как фундаментальный закон...» [3. С. 334]. Действительно, подобные взаимные трансформации принципов в законы и обратно типичны для этапа развития или обобщения любого раздела физики. В этом разделе мы займемся обсуждением ответов на следующие три вопроса: Что такое физические принципы? Какова их роль в структуре физической теории? Чем они отличаются от физических законов?

В лекциях [13] обсуждался статус законов классической механики Ньютона и ее основных динамических понятий – силы и массы, определения которых в рамках классической механики периодически являются предметом дискуссий и споров. В лекциях были высказаны соображения о том, что законы Ньютона не являются положениями, допускающими экспериментальную проверку, свободную от логического круга или методологических неясностей. В связи с этим была предложена точка зрения на законы Ньютона как на принципы – наиболее общие правила нашего мышления об окружающем нас механическом мире, которые устанавливаем мы сами, опираясь на соображения смешанного научно-философского характера. При этом была подчеркнута особая роль первого закона Ньютона, который является ключом к пониманию некоторых геометрических тенденций развития современной физики.

Разумеется, вопрос о соотношении законов и принципов выходит далеко за пределы механики Ньютона, хотя ситуация в ней обладает наибольшей иллюстративностью и наглядностью. В более широком контексте этот вопрос обсуждался в дискуссии [14]. Обобщая ситуацию (и не претендуя на исчерпывающие определения), можно сказать, что *физические принципы – это достаточно общие и достаточно глубоко укорененные в нашем сознании правила наших суждений о мире физических явлений, априори отражающие наши мировоззренческие, философские и даже религиозные установки.* О том, что подобного рода предустановки в области познания суще-

ствуют, методологам науки известно давно. Среди наиболее важных методологических принципов физики, получивших всеобщее признание и широкое освещение в печати, можно выделить принципы: сохранения, симметрии, дополнительности, математизации, соответствия, единства, объяснения, простоты, наблюдаемости [15].

Как и общие методологические принципы науки, законы Ньютона отражают определенную философскую позицию в отношении мира, как объекта познания, и человека – как познающего субъекта. Помимо выражения философии рационального познания мира, законы Ньютона предоставляют нам определенный аппарат и язык, для того чтобы мы могли задавать природе вопросы (ставить эксперименты). При этом все механические эксперименты и их результаты следует понимать и интерпретировать в рамках этого же языка. Конечно, из общих соображений принципы могут быть самыми разными. Но одно из главных требований к ним с точки зрения практики научной работы, которое существенно в контексте нашего обсуждения — это их особая *эпистемологическая гибкость*. Если угодно, эту гибкость можно назвать (вопреки логике рассуждений К. Поппера²) их *антиверифицируемостью*. Другими словами, адекватные физические принципы должны предоставлять нам понятийный аппарат и общие правила, достаточно широкие для того, чтобы «вместить», то есть надлежащим образом интерпретировать, широкий спектр потенциальных ситуаций в теории и эксперименте. Напротив, «плохие принципы» очень скоро будут отброшены из-за массы несогласованностей и противоречий, которые будут быстро накапливаться по мере разработки теории и эксперимента. В этом смысле *принципы механики в форме законов Ньютона – это, действительно, ценные и очень мощные принципы, которые позволили механике успешно развиваться вплоть до ее сегодняшнего состояния*.

Разумеется, абсолютно незыблемые физические принципы противоречат духу научного познания. Но, по сравнению с другими составляющими физической теории, ее принципы – самая инертная часть. Это можно наглядно проиллюстрировать на примере принципа относительности. Принцип относительности – это общая стержневая ось классической механики Ньютона и СТО. При переходе от механики Ньютона к СТО принцип относительности остался незыблемым, в то время как геометрия и научная парадигма изменились кардинально. Следует отметить, что *аксиомы физики*, выражающие математическую структуру различных ее разделов, – это составляющая, гораздо более подвижная, чем принципы. Форма, число и содержание аксиом в значительной степени предопределяются общими принципами, лежащими в основе этих разделов. При этом, как и в геометрии, можно иметь дело с различными эквивалентными аксиоматиками в рамках одной и той же системы принципов. Обратной ситуации в истории физики никогда не случалось!

² Кстати, Пенроуз тоже критикует принцип верифицируемости Поппера с позиций положения дел в современных космологических теориях [1. С. 844].

Что же представляют собой физические законы? Поясним ситуацию с ними снова на примере механики Ньютона. После того как законы-принципы Ньютона зафиксировали правила (силы, массы, ускорения, дифференциальные уравнения и т.д.), необходим эксперимент для того, чтобы придать этим общим правилам конкретный вид в конкретных ситуациях. Так, динамика и смежные разделы физики поставляют нам конкретные выражения для конкретных сил (тяготения, упругости, трения), правила их суперпозиции, способы измерения массы и т.д. При этом, как уже отмечалось выше, мощь принципов Ньютона заключается в том, что практически любым мыслимым результатам экспериментов можно придать математически корректную непротиворечивую запись на языке надлежащих сил, дифференциальных уравнений и их решений. *Конкретные выражения для сил имеют статус законов в классической механике (закон всемирного тяготения, закон трения Кулона–Амонтона, закон Архимеда и т.д.) и именно они должны проверяться и уточняться экспериментально.* Необходимо особо подчеркнуть, что конкретный вид законов существенным образом зависит от используемых принципов. Без законов Ньютона, в частности (и в особенности!) без первого закона, законы для сил нельзя было бы даже записать. Смена же принципов механики Ньютона обязательно приведет к полному или частичному изменению вида законов. Таким образом, резюмируя, можно сказать, что *физические принципы – это положения более фундаментального характера, чем просто аксиомы; они не требуют экспериментальной проверки, а точнее, обязаны быть очень слабо верифицируемыми и слабо фальсифицируемыми. Тем не менее они содержательны: именно принципы определяют выбор математического и понятийного аппарата физической теории, ее верифицируемое ядро, структуру ее законов, интерпретацию результатов и направления дальнейшего развития.*

Среди различных активно работающих сегодня принципов мы остановимся более детально на двух, занимающих особое место в современной теоретической физике.

4. Принципы геометризации и алгебраизации

Естествоиспытатели поняли, что разум видит только то, что сам создает по собственному плану, что он с принципами своих суждений должен идти впереди согласно постоянным законам и заставлять природу отвечать на его вопросы.

И. Кант (цит. по [15])

В современных физике и математике можно наблюдать развитие и взаимодействие двух подходов или даже стилей мышления: *геометрического* и *алгебраического*. Как геометрия, так и алгебра начинаются с абстрагирования вполне «элементарных» процедур: опыта визуального пространственного восприятия и счета соответственно. Слово «элементарные» взято в

кавычки неслучайно: анализ, предпринятый математиками, физиками, психологами и философами, обнаруживает довольно сложный и опосредованный характер абстракций геометрии и алгебры. Интересное обсуждение взаимодействия геометрии и опыта можно найти в работах [16] и [17].

Специальная и общая теории относительности привнесли в физику революционный тезис о том, что геометрия является частью физики и предметом опыта, а не априорным средством познания, как считал И. Кант и его последователи³. Развивая этот тезис, можно ожидать, что *всякий новый класс объектов (реальных или воображаемых, т. е. используемых для теоретического описания реальных) подразумевает свою собственную «естественную» геометрию, справедливость которой можно установить, экспериментируя с объектами или теоретически исследуя их свойства*. Другими словами, исследователь, принимающийся сегодня за разработку той или иной проблемы, должен быть готов отказаться от привычных геометрических представлений и принять геометрию с весьма необычными свойствами, если она позволяет описать решение проблемы более ясным, содержательным и универсальным языком. Фундаментальная физика XX и XXI вв. дает массу примеров обобщения геометрии по той простой причине, что одним из ее руководящих принципов стал *принцип геометризации физических законов*. Его суть сводится к тому, что ключевое понятие физики – физическое взаимодействие – описывается в терминах той или иной обобщенной геометрии. Можно сказать, что физики XX в. пытаются обойтись без сил, сводя их действие на частицы и тела к некоторым фундаментальным геометрическим характеристикам пространства-времени (кривизна, правило параллельного переноса, дополнительные измерения и т. п.).

Наряду с процессом геометризации необходимо отметить и тесно связанный с ним процесс *алгебраизации* математики и физики. Прежде всего, здесь дело в том, что понятия и концепции современной геометрии часто имеют столь абстрактный характер, что апелляция к наглядным образам и интуитивным геометрическим построениям оказывается ненадежным помощником в решении тех или иных проблем. Рассмотрим, к примеру, следующий вопрос: чему равен объем правильного $n+1$ -эдра с единичным ребром в n -мерном евклидовом пространстве? Для $n=3$ ответ $2^{1/2}/12$ получается средствами элементарной геометрии. Уже при $n=4$ геометрические рассуждения требуют весьма развитого многомерного воображения. Перевод же этой задачи на аналитический язык (например, язык многомерной векторной алгебры) позволяет обойтись минимальным числом геометрических рассуждений и получить общий результат для любого n . В современной физике и математике приходится решать проблемы, связанные с геометрическими объектами, намного «менее наглядными», чем $n+1$ -эдр в евклидовом пространстве, поэтому алгебраизация геометрических задач в определенном смысле неизбежна.

³ Вопрос оказался не столь простым: уже цитированный нами А. Пуанкаре считал иначе. Мы вернемся к вопросу о соотношении геометрии и опыта в одном из следующих разделов.

Другая группа причин алгебраизации физики связана с алгебраическими структурами, составляющими содержательное ядро универсальных научных программ, в основе которых лежит *принцип алгебраизации*. В рамках этих программ принцип алгебраизации является ключевым инструментом для унифицированного описания пространственно-временных отношений, материи и физических взаимодействий. По существу, этот принцип вошел в физику уже в первой половине XX в. в период разработки основ и приложений квантовой теории, несколько уступая во времени принципу геометризации, лежащему в основе ОТО. В действительности, оба принципа сегодня тесно переплетаются и взаимно дополняют друг друга и иногда (например в теории суперструн) они работают совместно. Это плодотворное единство алгебры и геометрии наводит на мысль о существовании единой алгебро-геометрической основы физической реальности, которая раскрывается с различных сторон в зависимости от выбора точки зрения на реальность и средства ее описания.

Среди алгебро-геометрических подходов к описанию реальности можно отметить теорию суперструн [1, 11], твисторную программу Р. Пенроуза [1, 18], бинарную геометрофизику Ю.С. Владимирова [19], бикватернионную алгебродинамику В.В. Кассандрова [20] и поличисловую теорию поля Д.Г. Павлова [21]. Ввиду относительно слабой освещенности последнего направления в текущей научной и научно-популярной литературе мы остановимся на нем подробнее.

5. Поличисловая теория поля

Весь предшествующий опыт убеждает нас в том, что природа представляет собой реализацию простейших математически мыслимых элементов. Я убежден, что посредством чисто математических конструкций мы можем найти те понятия и закономерные связи между ними, которые дадут нам ключ к пониманию явлений природы... Конечно, опыт остается единственным критерием пригодности математических конструкций в физике. Но настоящее творческое начало присуще именно математике. Поэтому я считаю в известной мере оправданной веру древних в то, что чистое мышление в состоянии постигнуть реальность.

А. Эйнштейн

На сегодняшний день нам известны все числовые системы, допускающие стандартные арифметические операции: сумму, разность, умножение и деление с привычными свойствами ассоциативности, коммутативности и дистрибутивности. Эти системы получили название *числовых полей*. Все числовые поля изоморфны одному из следующих полей: полю рациональных чисел Q , полю вещественных чисел R или полю комплексных чисел C [22].

Классический анализ, лежащий в основе гладких структур, на которых в основном и строится современная фундаментальная физика, опирается на свойства поля вещественных чисел или его многомерного расширения R^n . Интересные попытки аксиоматизации квантовой теории опираются на так называемый *p-адический анализ*, который строится на *p-адическом* расширении поля рациональных чисел [23]. Поле комплексных чисел лежит в основе общепринятой аксиоматики квантовой теории и ее многочисленных приложений. Кроме того, множество задач классической физики (электро- и магнитостатики, гидродинамики и теории упругости) эффективно решается с помощью методов комплексного анализа [24]. Последнее обстоятельство обусловлено наличием замечательных дифференциально-аналитических свойств голоморфных функций комплексной переменной, выражающихся так называемыми условиями Коши–Римана. Эти последние принимают вид физических уравнений (условий потенциальности и соленоидальности соответствующих физических полей) и обеспечивают эффективный алгоритм отыскания решений задач двумерной математической физики. Общая теорема алгебры, перечисляющая все числовые поля, закрывает вопрос о коммутативно-ассоциативных числовых полях размерности выше двух. Но так ли существенны все свойства числовых полей для физических приложений? И не могут ли некоторые свойства более общих алгебр отражать важные физические характеристики пространства, времени и физических систем, наблюдаемых в реальности? Поиск ответа на этот вопрос привел к открытию (или в некоторых аспектах переоткрытию) трех взаимосвязанных конструкций: *алгебры поличисел, псевдофинслеровой геометрии пространства Бервальда–Моора и поличисловой \hbar -голоморфной теории поля* (см. [25–29]).

Алгебра поличисел устроена очень просто: она изоморфна прямой сумме некоторого числа алгебр вещественных чисел⁴. Возможно, именно это послужило причиной слабого интереса к этой алгебре со стороны физиков и математиков. Ее нетривиальные свойства начинают проявляться при обращении к ее геометрическим или аналитическим аспектам. Здесь уместно одно высказывание Р. Пенроуза, касающееся особенностей физических приложений математики: «Те, кто долго и упорно работает с некоторым набором математических идей, могут лучше воспринимать тонкое и зачастую неожиданное единство, лежащее в основе некоторой схемы. Те же, кто пришел «со стороны», порой взирают на эту схему с некоторым замешательством и им нелегко понять, почему такое-то свойство оказывается полезным и почему некоторые стороны теории следует рассматривать как более удивительные (и потому, возможно, более красивые), нежели остальные» [3. С. 840]. Аналогично тому, как алгебра комплексных чисел порождает евклидову геометрию на комплексной плоскости и семейство комплексно-дифференцируемых (голоморфных) функций, алгебра поличисел порождает псевдофинслерову геометрию с метрикой Бервальда–Моора и семейство

⁴ Это становится очевидным в т.н. изотропном базисе [30].

h -голоморфных функций. Напомним, что финслерова геометрия отличается от обычной римановой тем, что метрика в ней является произвольной (нулевой степени однородности по векторному аргументу) функцией на касательном расслоении (в римановой геометрии метрика зависит только от координат самого многообразия). Небольшой обзор истории, свойств и физических приложений финслеровой геометрии можно найти в работах [31–32]. Обзор определений и свойств h -голоморфных функций содержится в обобщающей работе [28].

Интересные физические приложения появляются уже у самой простой (после \mathbb{R}) алгебры поличисел – алгебры *двойных чисел* H , в которой квадрат (гиперболической) мнимой единицы j равен $+1$. Двойные числа были известны математикам давно – их начал изучать У. Клиффорд во второй половине XIX в. (см. [33]). Среди хорошо известных геометрических приложений алгебры двойных чисел отметим наиболее важную и очевидную для физики связь алгебры двойных чисел с псевдоевклидовой геометрией 2-мерного пространства-времени Минковского (см. [34]). Оказывается, что дополнение геометрии двойных чисел новыми возможностями, связанными со свойствами голоморфных функций двойной переменной, позволяет сформулировать очень интересную теорию игрушечной 2-мерной вселенной – мы будем называть ее в дальнейшем Гиперлэндом, все «физические свойства» которой вычисляются с помощью относительно простых универсальных правил. Такая игрушечная модель является низкоразмерным пробным вариантом более реалистичных трех- и четырехмерных моделей, опирающихся на алгебры тричисел и квадрочисел соответственно, которые в данный момент находятся в процессе разработки. Далее мы кратко формулируем основные идеи, лежащие в основе 2-числовой теории поля и физики Гиперлэнда.

5.1. Конформная теория относительности

Замечательным свойством h -голоморфных функций, вполне аналогичным свойству голоморфных функций комплексной переменной, является *свойство конформности*: 2-мерная метрика Минковского при отображениях, осуществляемых h -голоморфными функциями, испытывает конформное преобразование, сохраняющее на плоскости двойной переменной (гиперболические!) углы и множества делителей нуля (1-мерные световые конуса). Это обстоятельство позволяет расширить группу Пуанкаре, действующую на двумерном пространстве-времени, до группы произвольных h -голоморфных обратимых преобразований, которые действуют на точки-события пространства-времени, как на элементы алгебры H . Локально каждое такое преобразование $F=U+jV$ осуществляет преобразования Лоренца, зависящие от точки (поворот на гиперболический угол $\psi(t,x)$), отражения осей времени и пространственной координаты и растяжение квадратов длин векторов (скалярный множитель $|F|^2(t,x)$). Первые два типа преобразований, по существу, рассматриваются и в стандартной версии СТО, поэтому суще-

ственно новыми элементами являются растяжения псевдоевклидовых длин (интервалов). В случае стандартных преобразований Лоренца $|F|=1$ и конформная степень свободы исчезает.

Физическая интерпретация теории, построенной на такой расширенной (бесконечномерной!) группе преобразований – мы будем называть эту теорию в дальнейшем *конформной теорией относительности* – связана с расширением концепции инерциальной системы отсчета до *обобщенно-инерциальной системы отсчета*, которая определена с точностью до общего масштабного фактора для времени и длины, зависящего от точки. Другими словами, в отличие от СТО и ОТО, диада, задающая систему отсчета, вообще говоря, не является нормированной, хотя остается ортогональной. Таким образом, с каждой \hbar -голоморфной функцией двойной переменной $F=U+jV$ (\hbar -голоморфным или гиперболическим потенциалом) можно ассоциировать обобщенную систему отсчета, при этом промежутки времени и пространственные расстояния между событиями определяются как приращения ΔU и ΔV вещественной и мнимой части гиперболического потенциала. Рассмотрение в рамках такой теории процедуры сравнения хода пары часов, осуществляемой посредством обмена световыми сигналами, приводит к *эффекту конформной деформации относительного хода часов*, зависящему как от характеристик мировых линий часов, так и от гиперболического потенциала. Наличие такого эффекта послужило основой для мотивации экспериментального проекта, осуществляемого НИИ ГСГФ уже на протяжении трех лет [35]. Анализ усредненных разностных спектров пары кварцевых генераторов приводит к обнадеживающему предварительному выводу о том, что *сильно нестационарный локализованный в пространстве и времени процесс* (в реальных экспериментах исследовался удар тяжелой стальной болванки о стальное основание) *может приводить к эффекту конформной деформации пространства-времени в пространственно-временной окрестности этого процесса.*

5.2. Алгебраическая теория пространства-времени и материи («Теория всего» в Гиперлэнде)

Выше мы фактически рассмотрели фрагмент теории гиперболического поля в пустоте, не задаваясь вопросом об источниках этого поля. Вне источников поле гиперболического потенциала является \hbar -голоморфной функцией, со свойствами и физической интерпретацией, рассмотренными выше. Р. Пенроуз особо отмечает важность концепции комплексной голоморфности: «С моей точки зрения, важная роль комплексных чисел или, точнее, роль голоморфности (комплексной аналитичности), в фундаментальной физике вполне естественна...». И далее он обсуждает природу неголоморфных объектов, которые возникают в квантовой теории при переходе к наблюдаемым [З. С. 855]. Таким образом, *неголоморфные объекты и операции могут отражать важные для физики ситуации, которые невозможно описать, оставаясь в рамках голоморфных объектов.* Возвращаясь к теории Гиперлэн-

да, можно предположить, что в области, занятой источниками (точная природа которых пока неясна), поле F , вообще говоря, уже не будет являться голоморфной функцией переменной $h=t+jx$. Другими словами, область источников поля характеризуется неравенством $N=\partial F/\partial h^* \neq 0$, выражающим факт неголоморфности функции F . В дальнейшем будем называть величину N *неголоморфностью* гиперкомплексного потенциала F . Если с источниками гиперболического потенциала ассоциировать вещество, то поле F становится универсальной функцией, содержащей в себе всю информацию о свойствах пространства-времени и его материальном наполнении. Записывая полевой вариационный принцип в самом общем виде, содержащий потенциал самодействия Π , зависящий от скалярного инварианта $\|M\|^2$, и применяя стандартную вариационную процедуру, мы приходим к неоднородному волновому уравнению с источником в правой части, зависящим лишь от неголоморфности N . Как и следовало ожидать, уравнения поля оказываются нелинейными, поскольку, как это следует из принципов развиваемой теории, поле F описывает свои источники за счет эффективного самодействия. В этом отношении развиваемая теория примыкает к вариантам единой теории поля Ми.

Замечательным следствием уравнений поля является их первый интеграл, содержащий произвольную антиголоморфную функцию. Условия интегрируемости уравнений ее антиголоморфности имеют важную физическую интерпретацию: *источники (вещество) Гиперлэнда образуют сложные протяженные структуры в пространстве-времени, а не распадаются на изолированные точечные образования.*

Стандартные вычисления компонент тензора энергии-импульса гиперболического поля приводят к конкретным выражениям энергетических и силовых характеристик этого поля – плотности энергии ε и давления p (одномерного), зависящим от производных F и вида потенциальной функции Π . Простой анализ показывает, что в общем случае эти величины связаны не простым баротропическим уравнением состояния вида $p=f(\varepsilon)$, а более общим вида $p=f(\varepsilon, s)$, что позволяет с единых алгебро-голоморфных позиций рассматривать и термодинамические аспекты Гиперлэнда.

5.3. Экстравариационный принцип

Практически любая физическая теория содержит неопределяемые из самой теории параметры – эмпирические константы модели или фундаментальные физические константы. Так, классическая электродинамика содержит две фундаментальные константы: e и c , квантовая электродинамика содержит три константы: e , c , и h , а единая теория электрослабого взаимодействия – около 20 констант. Ньютоновская теория гравитации содержит одну константу G , а эйнштейновская ОТО – две константы G и c . Механика Ньютона не содержит фундаментальных констант⁵. Следует отметить, что в вы-

⁵ Что лишний раз подтверждает тезис о том, что законы механики Ньютона, на самом деле, являются принципами.

числениях константы модели могут группироваться в определенные типичные для данной теории комбинации, которые и определяют экспериментально наблюдаемые величины. Такими комбинациями, к примеру, являются постоянная тонкой структуры $\alpha=e^2/hc$ в квантовой электродинамике и эйнштейновская гравитационная постоянная $8\pi G/c^4$ в ОТО. Как правило, константы теории определяются из экспериментальных данных. Такой способ, однако, свидетельствует о принципиальной неполноте рассматриваемой теории. Было бы совершенно естественно ожидать, что полная фундаментальная «Теория Всего» (если она вообще существует!) должна давать средства для вычисления всех своих существенных параметров, т. е. тех, которые определяют экспериментально наблюдаемые величины. Обсуждая роль антропного принципа в физических теориях, Р. Пенроуз пишет: «На мой взгляд, гораздо оптимистичнее [по сравнению с антропными соображениями К.С.С.] выглядит возможность, что фундаментальные константы – это числа, определяемые математически» [3. С. 852]. Можно пойти дальше и потребовать, чтобы фундаментальная теория природы не содержала произвола и в выборе некоторых фундаментальных зависимостей, определяющих динамические уравнения теории: например, вид потенциальной функции или даже вид лагранжиана. Все вышесказанное в полной мере относится и к рассматриваемой нами теории Гиперлэнда. Оказывается, существует некоторое естественное расширение вариационного принципа, которое в некоторых случаях позволяет вычислять лагранжиан теории с точностью до констант интегрирования (играющих роль фундаментальных констант), а затем и некоторые фундаментальные комбинации этих констант. Детали этой процедуры (мы будем далее называть ее *экстравариационным принципом*) изложены в работе [36]. В двух словах его суть при вычислении фундаментальных констант сводится к дополнительной оптимизации действия как функции фундаментальных констант, вычисленной на экстремальных, а при расчете лагранжианов исходная вариационная задача переформулируется относительно неизвестного потенциала с помощью интегралов движения и перехода к новым координатам, часть которых совпадает с полевыми переменными. Здесь уместно отметить, что, как и сам принцип наименьшего действия, экстравариационный принцип является метафизическим: он предполагает, что *Вселенная выбирает минимум не только среди различных законов движения, разворачивающихся в рамках одного мира с фиксированными физическими законами, но и среди миров с различными физическими законами и фундаментальными константами*. Непосредственное применение экстравариационного принципа для потенциала Π к описанной выше общей теории Гиперлэнда приводит к двухпараметрическому семейству потенциалов простого вида (оно содержит логарифм, линейную функцию и два параметра). На рис. 1 представлены две типичные зависимости из этого семейства.

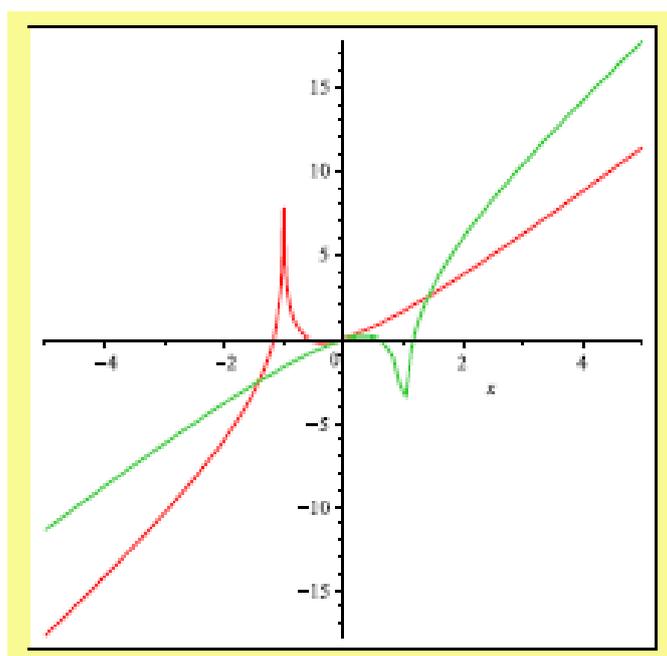


Рис. 1

5.4. Статический Гиперлэнд

Даже у самой простой – статической вселенной Гиперлэнда – имеется целый ряд любопытных свойств, которые делают игрушечную модель Гиперлэнда физически содержательной. В статической модели гиперболический потенциал зависит только от переменной x . При этом некоторые общие соотношения Гиперлэнда, которые обсуждались выше, приобретают более конкретный вид. В частности, первый интеграл уравнений поля принимает вид кубического многочлена относительно производных потенциала. Оказывается, все многообразие миров статического Гиперлэнда характеризуется небольшим числом параметров (фундаментальных констант), которые собраны ниже в сводной таблице (табл. 2).

Таблица 2

Константа	Физический смысл	Числовое значение
Λ	Энергия вакуума в единицах U_1	? (существенно)
U_1	Единица измерения энергии	? (несущественно)
e	Форма потенциала	0, +1, -1
A	Единица длины	? (несущественно)
α	Структурная константа	? (существенно)
L	Пространственный размер Гиперлэнда	∞
T	Временной размер Гиперлэнда	∞

Как видно из приведенной таблицы, все существенные свойства вселенной Гиперлэнда определяются тремя константами: Λ , α и e , причем последняя может принимать лишь два значения ± 1 ⁶. Применение экстравариации

⁶ Случай $e = 0$ математически возможен, но он приводит к вселенной Гиперлэнда с тривиальными свойствами.

онной процедуры для константы α дает ее точное значение: $\alpha^2=27/4$ при $e = +1$.

Теперь мы можем достаточно детально описать вещество Гиперлэнда (мы будем далее называть его *даблонной материей* или *даблоном*, помня об его алгебраическом источнике – двойных числах). Прежде всего, следует отметить, что в статическом Гиперлэнде плотность энергии и давления связаны довольно сложным уравнением состояния вида $p=f(\epsilon)$. В силу того что интеграл уравнений имеет вид кубического трехчлена, это уравнение определяет три различные ветви с разными свойствами. Эти ветви представлены разными цветами на диаграмме, приведенной на рис. 2.

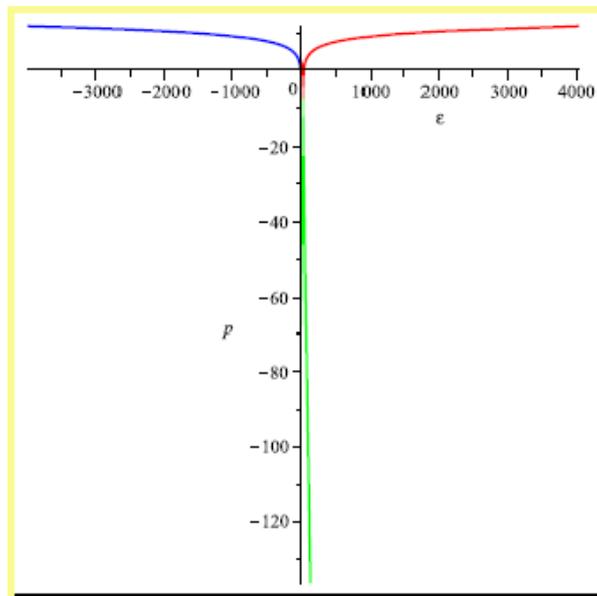


Рис. 2

Чтобы изобразить все три ветви на одном графике, необходимо было выбрать достаточно мелкий масштаб, при котором ускользают некоторые любопытные детали. Зеленая и красная ветви сливаются в одну непрерывную кривую. При выбранном значении энергии вакуума ($\Lambda=0$) она не проходит через ноль, имеет точку максимального приближения к оси давлений, давление на этой ветви состояния всегда больше нуля, плотность энергии на зеленой ветви меньше нуля, а на красной – меняет знак. Синяя ветвь не доходит до нуля. Отметим также, что выделенность значения $\alpha^2=27/4$, полученного нами с помощью экстравариационного принципа, проявляется в том, что именно при этом значении зеленая и красная ветви уравнения состояния даблона начинают соприкасаться. Фактически, исходя из очень общих соображений, мы пришли к *трем различным возможным элементарным состояниям вещества Гиперлэнда*. Их некоторые свойства приведены в табл. 3.

Таблица 3

Элементарные состояния	Знак энергии	Знак давления	Характер самодействия	Асимптотика
Синий даблон	—	—	отталкивание	2/г
Красный даблон	+	—	отталкивание	2/г
Зеленый даблон	+	+	притяжение	2-4/г

Мы видим, что статическая вселенная Гиперлэнда достаточно просто и несимметрично структурирована: в ней есть элементарные локализованные состояния даблонной материи с различными свойствами. Если описанные выше даблонные состояния принять за элементарные составляющие статического Гиперлэнда (элементарные частицы? атомы?), то далее возникает естественный вопрос о возможности существования более сложных составных конфигураций элементарных составляющих (химии и физики конденсированного состояния, ядерной физики Гиперлэнда). Предварительный анализ показывает, что эти задачи поддаются решению с помощью одного единственного универсального функционала действия, применимого на всех уровнях организации материи в Гиперлэнде. Сделаем несколько общих замечаний.

1. Комплексные или двойные числа? Наличие делителей нуля в алгебре двойных чисел не является серьезным препятствием для их приложений. Более того, именно наличие делителей нуля в этой алгебре в конечном счете обуславливает релятивистский аспект физических приложений (2-мерная СТО и ее конформное расширение). Факт сведения алгебры двойных чисел к прямой сумме двух вещественных алгебр, несомненно, позволяет утверждать, что эта алгебра устроена проще, чем алгебра комплексных чисел. Тем более удивительным становится факт гиперболических аналогов большей части комплексных объектов (гиперболические дробно-линейные преобразования, гиперболические спиноры, h -голоморфные функции, гиперболические конформные преобразования, гиперболические условия Коши–Римана и гиперболическая гармоничность и т.д.) с аналогичными свойствами. Более того, сама физика Гиперлэнда неожиданным образом подтверждает мысль Р. Пенроуза о том, что комплексные и двойные числа ведут к одной цели: в Гиперлэнде имеется целая «лакуна реальности», которая не описывается действием, построенным на алгебре двойных чисел⁷. Можно сказать, что воображаемые жители Гиперлэнда, исследуя свой мир, могли бы прийти чисто «феноменологическим путем» к алгебре комплексных чисел, исследуя закономерности поведения вещества своей Вселенной. Полная картина возникает только при одновременном использовании алгебр S и H .

2. Конформная теория относительности и физика Гиперлэнда. Концепция конформной теории относительности занимает промежуточное ме-

⁷ Она как раз связана с недостающей частью синей ветви на приведенной выше диаграмме уравнения состояния даблона.

сто между СТО и ОТО. С одной стороны, мы строим теорию поля в плоском двумерном пространстве-времени, с другой – расширяем множество изометрических преобразований до множества конформных преобразований, которые образуют бесконечномерную группу. В ОТО деформации пространства-времени в общем случае связаны с изгибанием пространственно-временной мембраны. Эти деформации приводят к кривизне, в то время как в h -голоморфном подходе деформация пространственно-временной мембраны сводится к растяжениям-сжатиям, оставляющим внутреннюю кривизну нулевой. Физически гиперболический потенциал проявляет себя в эффектах конформной деформации хроноинтервалов и пространственных длин, принципиально доступных экспериментальному наблюдению. С позиций классической специальной и общей теорий относительности эти эффекты объясняются на геометрическом языке, включающем спецрелятивистские эффекты и кривизну. Вопрос о точном соотношении теории относительности и электродинамики Максвелла с поличисловой теорией требует специального исследования. По всей видимости, поличисловая теория поля является альтернативной теорией и ни одна из известных теорий классических полей не связана с ней каким-либо предельным переходом.

3. Экстравариационная процедура. Новые интересные и перспективные возможности построения фундаментальных теорий открывает изложенная нами в общих чертах с одной стороны, она формально применима к любой фундаментальной теории поля. Эта процедура дает принципиальную возможность рассчитать как фундаментальные параметры теории, так и ее фундаментальные зависимости, не выходя за рамки самой теории. С другой стороны, как это показывает более тщательный анализ [36], не для всякой теории поля супервариационный принцип дает содержательные результаты. Отметим также, что в некоторых случаях экстравариационная процедура приводит к дискретным (конечным или бесконечным) семействам решений уравнений экстремума действия. Это обстоятельство обнаруживает мотивы альтернативной процедуры квантования, которые оказываются автоматически включенными в экстравариационную процедуру.

4. «Математическое чудо». В разделе «Красота и чудеса» книги [3] Р. Пенроуз обсуждает феномен ощущения «научного чуда»: «На направление теоретических исследований оказывают сильное влияние две мощные внутренние движущие силы, которые, однако, обычно остаются неназванными в серьезных научных трудах... Одна из них – это красота или изящество... Другую, обладающую неодолимым очарованием, часто называют “чудом”; до сих пор я лишь слегка намекал на нее, однако на основании личного опыта могу поручиться, что она действительно оказывает мощное влияние на направление исследований». В случае вселенной Гиперлэнда ощущение чуда связано с возможностью полного и исчерпывающего описания мира (пусть даже пока воображаемого) с интересными и нетривиальными свойствами, которое базируется на нескольких очень простых общих принципах.

Обобщение теории Гиперлэнда в рамках поличисловой теории поля на четыре измерения неизбежно приводит к весьма экзотической геометрии пространств Бервальда–Моора. Теперь уместно обсудить место и роль геометрии в физических теориях с более общих философских позиций.

6. Геометрический конвенционализм Пуанкаре и его ограничения

Очень часто мы высказываем представляющееся нам сомнительным суждение в категорической форме и даже настаиваем на его несомненности. Мы хотим посмотреть, в какой степени вызовет оно возражения у людей, – а это можно узнать только в том случае, если суждения предъявляются не как предположения, с которыми никто не считается, а как истина, непререкаемая и общеобязательная. И чем большее значение имеет для нас какое-нибудь предположение, тем тщательнее скрываем мы от других его проблематичность.

Л. Шестов. Апофеоз беспочвенности

Как уже отмечалось, суть принципа геометризации заключается в возможности частичного или полного отказа от языка сил и взаимодействий в рамках многообразий, оснащенных дополнительными по сравнению с евклидовой геометрией структурами: обобщенной связностью, кривизной, дополнительными измерениями, структурой расслоения и т.д. Принцип геометризации является неотъемлемой частью современных «теорий всего». При этом в процессе реализации этого принципа расширяются рамки того, что мы называем геометрией. В отличие от стандартных школьных определений, в которых геометрия рассматривается как раздел математики, изучающий свойства точек, линий, поверхностей и отношений между ними, современная геометрия изучает отношения между абстрактными объектами, которые далеко не всегда имеют какой-либо даже отдаленный прообраз в евклидовой геометрии.

Анализируя известные в свое время геометрии, их происхождение и соотношение с опытом, А. Пуанкаре в 1909 г. пришел к тезису о *конвенциональном характере геометрии в физике*. В частности, он писал: «Откуда происходят первоначальные принципы геометрии? Предписываются ли они логикой? Лобачевский, создав неевклидовы геометрии, показал, что нет. Не открываем ли мы пространства при помощи наших чувств? Тоже нет, так как то пространство, которому могут нас научить наши чувства, абсолютно отлично от пространства геометра. Проистекает ли вообще геометрия из опыта? Глубокое исследование покажет нам, что нет. Мы заключим отсюда, что эти принципы суть положения условные... и если бы мы были перенесены в другой мир (я называю его неевклидовым миром и стараюсь изобразить его), то мы остановились бы на других положениях... Если теперь мы обратимся к вопросу, является ли евклидова геометрия истинной, то найдем, что

он не имеет смысла. Это было бы все равно, что спрашивать, какая система истинна – метрическая или же система со старинными мерами, или какие координаты вернее – декартовы или же полярные. Никакая геометрия не может быть более истинна, чем другая; та или иная геометрия может быть только более удобной» [16. С. 10].

Как показывает история науки XX в., тезис Пуанкаре о конвенциональности геометрии намного опередил свое время. В его свете некоторые традиционные вопросы или проблемы теряют актуальность или обретают новые смыслы. Отметим некоторые аспекты принципа геометризации в свете идей Пуанкаре.

1. Анализ Пуанкаре проясняет роль и место геометрии в физике. Ввиду той глубокой аналогии между геометриями и системами координат, на которую указывает Пуанкаре, принцип геометризации теряет какую-либо ограничительную роль как физический принцип и становится общепринятым правилом нашего мышления об окружающем мире: мы «видим» окружающий мир сквозь «очки» наших геометрий и затем описываем его на «полотне», «сотканном» из наших геометрических понятий. При этом теряют смысл «наивные» буквальные споры об «истинной геометрии природы»: все геометрии равноправны в смысле принципиальной возможности их использования для описания любых физических явлений. Речь идет о следующей символической схеме физической теории:

$$\text{ТЕОРИЯ} = \text{ГЕОМЕТРИЯ} + \text{ФИЗИКА} = \text{ГЕОМЕТРИЯ}' + \text{ФИЗИКА}'$$

Два знака равенства здесь подразумевают, что «разложение» теории на геометрические и физические ингредиенты в общем случае неоднозначно: *один и тот же класс явлений можно описывать с помощью различных геометрий, подстраивая надлежащим образом физические законы.* Только совокупность геометрических и физических ингредиентов определяет теорию и подлежит сравнению с экспериментами. Следует заметить, однако, что разные классы явлений будут описываться по-разному в различных геометриях: в одних геометриях это описание будет проще, элегантнее и симметричнее, в других сложнее и запутаннее. Таким образом, упрощение (как один из аспектов удобства) описания за счет замены одной геометрической парадигмы другой становится путеводной нитью в развитии принципа геометризации. Вместе с тем приведенная формула открывает простор для конструирования альтернативных теорий физической реальности, основанных на нетрадиционных геометриях⁸.

2. Аналогично тому, как дифференциальная геометрия позволяет изучать свойства геометрических объектов, которые не зависят от системы координат, можно задаться вопросом: а существуют ли свойства физических объектов (возможно понимаемые в расширенном или абстрактном смысле),

⁸ Геометрия пространств Бервальда–Моора – один из примеров таких геометрий, который уже упоминался выше.

которые бы вовсе не зависели от выбора геометрии? Для ответа на этот вопрос необходим достаточно общий подход к различным физическим теориям, в рамках которого та или иная геометрия играла бы роль системы координат, а законы и уравнения формулировались бы на некотором надгеометрическом или метагеометрическом языке, инвариантном относительно смены геометрий. В настоящее время сколько-нибудь разработанная версия такого подхода отсутствует. Мы вернемся к этой теме в параграфе 9.

Проиллюстрируем на концептуальном уровне, как работают и к каким выводам приводят надлежащим образом формализованные соображения пункта 1 и частично 2. В работе [37] была предложена концепция *центрогеометрии* – ослабленной версии геометрии, в которой расстояния изначально определяются только между некоторой выделенной точкой и всеми остальными точками многообразия. Концепция центрогеометрии любопытным образом совмещает в себе комплекс идей Пуанкаре. С одной стороны, эта концепция наглядно иллюстрирует «пластичность» метрической геометрии в ее надлежащей формулировке, с другой – описывает физическую концепцию «точечного наблюдателя», которую мы опишем ниже. В статье показано, что для такого точечного наблюдателя все метрические геометрии эквивалентны с точностью до произвольной деформации (калибровки) координатных меток. Имеется, по меньшей мере, одна ситуация, в которой конструкция центрогеометрии является адекватной и, в определенном смысле, даже необходимой. Речь идет о космологических наблюдениях и моделях, построенных на их основе. Специфика космологических наблюдений (при определенных допущениях о законах распространения света и закономерностях свечения космологических объектов) обуславливает наблюдаемость лишь продольных расстояний. Переход от «космологической центрогеометрии» к «космологической геометрии» (скажем, к моделям Фридмана–Робертсона–Уолкера) содержит множество правдоподобных но не доказанных (а возможно и принципиально недоказуемых) предположений физического и геометрического характера. В такой ситуации выводы, основанные на предположениях относительно определенной геометрии Вселенной, представляются в значительной степени условными. Возможно, что именно в космологии было бы более разумно отказаться от попыток отыскать «истинную геометрию» Вселенной и обратиться к тем ее свойствам, которые вовсе не зависят от наших геометрических представлений о ней, либо такая зависимость обнаруживается у них лишь в слабой степени.

В другой работе [38] была выявлена тесная связь между двумя комплексами идей Пуанкаре: упомянутым выше геометрическим конвенционализмом и ролью и местом в физике пространства восприятия – так называемого *перцептивного пространства*. В ОТО последнее формализуется концепцией *системы отсчета* [39]. Наше исследование освещает конвенциональный статус геометрии с другой стороны, связанной с проблемой наблюдаемых в ОТО. Всякие наблюдения проводятся в конкретной системе отсчета, и хорошо разработанные формализмы систем отсчета (монадный, тетрадный,

спинорный и т.д.) дают возможность производить вычисления наблюдаемых эффектов с любой степенью точности при условии, что *геометрия пространства-времени нам известна с такой же степенью точности*. Однако в ситуации, когда геометрия нам неизвестна или известна лишь приближенно, или же в том случае, когда мы становимся на точку зрения А. Пуанкаре и отводим геометрии роль условной конструкции, которую мы вольны выбирать в значительной степени произвольно, методы теории систем отсчета теряют свою предсказательную силу. Можно показать, что любые новые детали наблюдаемых законов движения пробных тел в гравитационных экспериментах всегда можно объяснять двояко: либо путем модификации фоновой геометрии (*геометрический способ*), либо путем модификации характеристик системы отсчета (*кинематический способ*). В истории науки можно найти примеры реализации обеих точек зрения. Пример чисто геометрического решения проблемы движения пробных гравитирующих тел представляет ОТО и вообще любая геометрическая теория гравитации. С другой стороны, теория эпициклов и дифферентов Птолемея, по существу, представляет собой пример реализации чисто кинематического решения проблемы движения на фоне евклидовой геометрии пространства и времени. Наши сегодняшние представления о Вселенной вынуждают нас занимать промежуточную точку зрения на проблему наблюдаемых движений, детали которой с течением времени уточняются. В этой картине как геометрия окружающего пространства-времени, так и кинематика системы отсчета, связанной с Землей, дают одинаково важный вклад в объяснение видимой картины движений. Отметим, однако, что в математическом отношении кинематический и геометрический способы описания движения в большинстве ситуаций эквивалентны.

Тезис Пуанкаре о конвенциональности и удобстве геометрии можно наблюдать в действии и в исторической перспективе отношений кинематики и геометрии. Действительно, смена кинематической парадигмы (т. е. переход из геоцентрической системы в гелиоцентрическую) кардинальным образом упростила описание движений планет и звезд. И совсем не случаен тот исторический факт, что только после открытий Коперника, Браге и Кеплера Ньютон сумел в простых эллиптических траекториях планет Солнечной системы усмотреть очень простой и фундаментальный закон природы – закон всемирного тяготения. Последующий анализ этого закона и его следствий привел к пересмотру геометрической парадигмы (то есть переходу от евклидовой геометрии к римановой), в результате которого все наблюдаемые возмущения кеплеровских эллипсов легко и изящно описываются свойствами геодезических метрик Шварцшильда в рамках ОТО.

Наше (в значительной части математическое) исследование проливает некоторый свет на границы конвенционализма Пуанкаре. Если бы в отношениях геометрии и кинематики господствовал абсолютный конвенционализм и выбор средств описания диктовался бы исключительно соображениями удобства, то сколько-нибудь объективная геометрическая картина мира была бы

невозможной. Оказывается, имеется, по меньшей мере, одно препятствие для такого абсолютного конвенционализма – вращение системы отсчета, которое (в случае, когда оно имеет место) оказывается наиболее жестко согласованным с фоновой геометрией. Сам факт такой согласованности не зависит от конкретного вида метрики, то есть является *метагеометрическим* и потому ограничивает конвенционализм Пуанкаре независимо от степени удобства принимаемой геометрии или системы отсчета с ее характеристиками. По существу, соотношение согласованности вращения с геометрией является единственным чисто математическим препятствием, ограничивающим обсуждаемый нами конвенционализм, которое включает в себя наблюдаемые на опыте величины. С позиций научной философии Пуанкаре именно соотношения подобного рода могут претендовать на роль «законов природы», в значительной степени свободных от конвенционального произвола.

7. Концепция наблюдателя

Объективность – не есть бесспорный факт окружающего мира, а лишь только определенное философское правило, компедиум стремлений рациональной европейской цивилизации, нацеленных, в конечном счете, на заточение золотой птицы под названием «истина» в клетку рациональных понятий... Преодоление объективности лишает нас «внешнего авторитета», но при этом мы вынуждены опираться на наши «внутренние авторитеты» (которые нужно еще отыскать). В этом случае наш субъективный выбор и наши решения будут свободными и ответственными. Личная ответственность и личная свобода по природе своей глубоко субъективны...

С. Неизвестнов. Книга 365 мыслей

Как уже упоминалось в предыдущем параграфе, глубокий и всесторонний анализ Пуанкаре, проведенный в [16], вскрывает особую роль первичного пространства наших ощущений – перцептивного пространства, связанного с органами чувств и играющего важную (а может быть и определяющую) роль в формировании понятий. В частности, анализируя наши геометрические представления и их инварианты, Пуанкаре приходит к выводу об их органической связи с восприятием и комплексами ощущений (главным образом зрительными и моторными) субъекта познания – человеческого существа. Пуанкаре одним из первых обратил внимание на тот факт, что геометрические понятия, хотя и не являются жестким следствием логического анализа наших ощущений, но существенно опираются на них. При этом эти понятия являются объектами «верхнего этажа» сознания, которые абстрагируют в себе довольно сложные и взаимозависимые комплексы первичных зрительных, моторных, тактильных, слуховых и т.д. ощущений: «Пространство представлений есть только образ геометрического пространства – образ, ви-

доизмененный некоторым родом перспективы; мы не можем представить себе предметы иначе, как подчиняя их законам этой перспективы. Мы не представляем себе, следовательно, внешних тел в геометрическом пространстве, но мы рассуждаем об этих телах, как если бы они были помещены в геометрическом пространстве» [16]. В более широком контексте, который послужил основой научной философии *эмпиризма*, роль комплексов ощущений в формировании физических понятий обсуждал Мах [40]. В 1950–1960 гг. роль восприятия в формировании представлений о мире активно изучалась рядом психологов-исследователей (Ж. Пиаже, Гибсон, Дитчборн и др.) (см. [17]).

Принимая во внимание эти соображения, мы вынуждены констатировать, что, несмотря на объективность физики и ее законов, исходным познающим началом является сам человек с его сознанием и органами чувств. Как его субъективный мир чувств, впечатлений и образов, так и объективный мир, который он «видит» с помощью конструкций сознания в рамках научного метода, в том виде, в котором они представляются нам на сегодняшний день, не существуют без человека и вне его восприятия. Здесь необходимо подчеркнуть, что эта мысль выражает вполне достоверный для каждого факт (каждый «проверяет» его экспериментально на себе ежесекундно!), а не философию солипсизма или субъективизма. В отличие от последних, этот факт является лишь исходной точкой дальнейших построений, а не его конечным результатом. Для иллюстрации этой мысли можно привести следующую аналогию. Компакт-диск, на котором записана музыка Чайковского, – это реальность. Но у этой реальности есть (как минимум) два уровня. Компакт-диск как физическое тело с прожженным рельефом дорожек в принципе доступен для физического контакта и муравью, и слону, и проигрывателю, который «прочитает» запись и передаст ее в одинокую пустоту окружающей Вселенной в виде колебаний среды, и даже молотку незадачливого ученого, который захочет таким образом разобраться с его устройством. Но для адекватного контакта со вторым уровнем необходим слушатель – человек, для которого была написана эта музыка, со своим слухом, впечатлениями и эмоциями. Этот уровень реальности имеет мало общего с уровнем физическим, но смысл компакт-диска заключается именно на этом уровне.

В свете этого можно немного поразмышлять о субъективном и объективном. Конкретные единичные наблюдения всегда субъективны в том смысле, что принадлежат конкретным наблюдателям, даже если последние пользуются специальными экспериментальными комплексами. Колебания стрелок, мелькание цифр на мониторах или накопление битов на носителях информации – это не есть наблюдение. Это – физические процессы. Должен присутствовать кто-то, кто в конце концов посмотрит, прочитает, поймет. Эту же мысль выражает Р. Пенроуз, когда пишет о так называемых R-операциях, связанных с проблемой измерений в квантовой теории: «Фактически почти всякая “стандартная” интерпретация квантовой механики

предполагает наличие “воспринимающего существа”, а значит, требует, чтобы мы знали, что это за существо!» [3. С. 852]. Цепи «искусственного интеллекта» без наблюдателя-человека также можно рассматривать как специфические физические процессы, но не как наблюдения в собственном смысле. Далее, объективность и наука появляются тогда, когда:

- 1) наблюдения в каком-то смысле воспроизводимы;
- 2) они укладываются в какую-то общую логическую схему;
- 3) эта схема отражает текущие мировоззренческие (в широком смысле) установки значительной части ученых.

Таким образом, объективность – это некоторого рода абстракция, которая надстраивается нами над единичными наблюдениями. Главный вопрос, который возникает уже на этом начальном этапе рассуждений: *какова природа самой возможности для объективности?* Или по-другому: *почему разные наблюдатели, как правило, приходят к одной и той же объективной картине?* Сама постановка вопросов свидетельствует о том, что они никоим образом не ставят под сомнение объективность законов физики. Эти вопросы лишь подчеркивают тот факт, что физика является не просто отражением какого-то абсолютно реального объективного мира, существующего независимо от кого бы то ни было. Она отражает довольно сложный комплекс единичных взаимодействий «я + мои всевозможные ощущения», отфильтрованный и рафинированный сознанием, в математические формы «законов» и всевозможных «физических смыслов». Возвращаясь к использованной ранее аналогии, можно сказать, что объективный мир – это компакт-диск с записью музыки Чайковского без слушателя. Разумеется, он (компакт-диск) существует вне зависимости от того, слушают его или нет. Наблюдающий за явлениями окружающего мира человек (не обязательно физик) – это слушающий музыку с компакт-диска, но не знающий о его существовании ничего. А тот, кто пытается по этой музыке догадаться о том, что существует компакт-диск с прожженными дорожками, подчиняющимися математическим закономерностям и коррелирующими с музыкальными тактами, – это и есть физик. Таким образом, компакт-диск (то есть объективная Вселенная) является нам не в своем «настоящем» виде, а в виде образов, впечатлений, ощущений и т.д., и эта опосредованность – фундаментальный факт нашего бытия.

На самом деле, даже беглого взгляда на классические разделы физики (механика, термодинамика; электродинамика, теория гравитации и статфизика с небольшими оговорками) достаточно, чтобы увидеть их «антропоморфный» характер. Радиус-вектор отражает концепцию одиночного наблюдателя, понятия о движении, силе, температуре возникают как абстракции визуальных, моторных и сенсорных ощущений человека. Всевозможные законы сохранения отражают «антропоморфность» более высокого порядка, связанную с нашим мышлением в терминах инвариантов. Геометрические представления возникают как глубокие абстракции всего комплекса ощущений, связанных с физическими объектами самой различной природы. Так, по

мысли Пуанкаре, евклидова геометрия «привязана» к твердым телам, проективная геометрия – к световым лучам, риманова – к деформируемым сплошным средам и т.д. Здесь теория относительности и квантовая теория сознательно не отнесены к «антропоморфным». Одна из причин связана с тем, что обе эти теории в значительной степени расходятся с повседневными опытом, интуицией и иногда здравым смыслом⁹. В свете всего вышесказанного посмотрим на эти теории «с другого конца». И квантовая теория, и теория относительности относятся к числу фундаментальных физических теорий. При этом принято считать, что менее фундаментальные классические теории, которые выше были отнесены мною к числу «антропоморфных», должны выводиться и быть предельными случаями фундаментальных. Теперь еще раз обратимся к нашей аналогии. Если Вселенная – это компакт-диск с музыкой Чайковского, то совершенно ясно, что компакт сделан для музыки, а не музыка для компакта. Другими словами, более фундаментальный или даже объективный физический уровень компакт-диска служит для передачи второго уровня. И это можно (а скорее всего просто необходимо) использовать для адекватного понимания этого фундаментального уровня. Возвращаясь в область физики, можно сформулировать теперь «принцип редукционизма наоборот»: *структура и природа теории относительности, квантовой теории и той реальности, которая стоит за ними, таковы, чтобы на макроуровне, в котором живет и действует человек, воспроизводились все те классические разделы физики со своими привычными логикой и здравым смыслом, с которыми он повседневно имеет дело.*

Необходимость формализации перцептивной составляющей научного исследования, понимаемой в достаточно общем смысле, постепенно осознается физиками: концепция «наблюдателя» возникает в широком контексте проблем ОТО и квантовой теории. В первом случае используется уже упоминавшийся выше формализм теории систем отсчета, во втором – формализм матрицы плотности [41]. Остановимся здесь на двух конкретных версиях, математически по-разному описывающих концепцию наблюдателя. Первая тесно связана с описанной в предыдущем пункте центрогеометрией и концепцией *точечного наблюдателя* [37]. На языке обычной геометрии такой наблюдатель характеризуется тем, что его размеры (или размеры его лаборатории с измерительным оборудованием) много меньше тех расстояний, которые он измеряет. Если точечный наблюдатель обладает устройством, испускающим физические сигналы (не обязательно световые), способные отражаться от предметов и возвращаться обратно, и часами, то, вводя локально произвольную систему «углов», для различения направлений, он может построить центрометрику, связанную с системой тел, которые его окружают. При этом его измерения будут сводиться к измерению промежутков времени и опираться на некоторые предварительные гипотезы о законах распространения сигналов, которые испускает его устройство (в духе хроно-

⁹ Автор сознает условность этих понятий, но надеется, что будет понят правильно; ему пока не доводилось встречать людей с врожденной квантовой или релятивистской логикой.

геометрии Синга). Ввиду независимости «продольной» шкалы длин (расстояний центрометрики) и «поперечной» шкалы углов, которая, как было сказано выше, выбирается произвольно и, вообще говоря, независимо от испускающего сигналы устройства, система «углов» как меток для направлений допускает произвольные деформации, которые не будут изменять центрометрики. При этом деформационная эквивалентность различных центрометров отражает возможность наблюдателя изменять гипотезы о законах распространения сигналов. Так, если физическая среда, разделяющая наблюдателя и предметы, обладает анизотропией, наблюдатель с необходимостью придет к анизотропной центрогеометрии, метрические сферы которой отличаются от евклидовых сфер. Принимая во внимание пространственную дисперсию скорости сигнала, наблюдатель придет затем к деформированной центрометрике, которая может оказаться близкой к евклидовой. По всей видимости, без привлечения каких-либо дополнительных соображений фундаментального характера, невозможно ни разделить закономерности распространения сигналов от геометрии, ни ввести понятие обычной двухточечной метрики, которая позволяла бы, скажем, вычислять расстояния между двумя отдаленными от наблюдателя телами.

Другая, более основательная разработка концепции наблюдателя, обобщающая концепцию системы отсчета в ОТО, была предпринята в первой части работы [42]. Каждому наблюдателю здесь сопоставляется отображение (оно называется *отображением Ньютона*) из объективного мира (компакт-диска) в пространство восприятия (музыка Чайковского), имеющего топологическую структуру прямого произведения вещественной прямой на вещественное 3-мерное пространство (субъективные время и пространство), в которых изначально не предполагается никакой геометрии (т.е. метрики). Это отображение сюръективно, то есть у всякого элемента восприятия есть прообраз в объективном мире. На множестве отображений Ньютона действует группа преобразований, которая преобразует их пространства восприятия друг в друга. Эта группа является абстрактным аналогом преобразований Галилея, вращений, преобразований Лоренца или еще каких-нибудь будущих преобразований, связывающих допустимые системы отсчета. (Преобразования, выходящие за пределы этой группы будут формально описывать какую-то аномалию восприятия.) Далее над пространством восприятия строятся более абстрактные пространства, полученные его различными теоретико-множественными деформациями и расширениями. Это – аналог пространств, в которых мы формулируем физические законы (геометрические, конфигурационные, фазовые, всевозможные расслоения и т.д.). Можно рассмотреть теперь отображение объектов из перцептивного пространства в эти абстрактные и рассмотреть представление группы преобразований наблюдателей в них же. Если у некоторого класса объектов в этих абстрактных пространствах существует свойство, инвариантное относительно представления некоторой подгруппы группы преобразования наблюдателей, то мы имеем дело с некоторым *физическим законом* (Р-структурой). Далее акцент пере-

носится на строение группы инвариантности свойства. Если группа имеет инвариантную подгруппу, то из этой группы можно вывести геометрию с вполне конкретной метрикой, инвариантной относительно этой группы. Таким образом, мы приходим к *P-геометрии* (*P* – значит physical – «физический»). В статье в качестве примера выводится класс хроногеометрий (то есть метрик на оси времени, согласованных с нашими самыми общими наблюдениями физических процессов в пространстве). Для надлежащей общности пришлось сформулировать специальную алгебру свойств и использовать язык теории категорий, что в общем, по-видимому, затруднило восприятие статьи физиками (и, в частности, рецензентами). Вторая часть обсуждаемой статьи содержала некоторые результаты экспериментальных исследований некоторых количественных характеристик визуального перцептивного пространства (различных aberrаций восприятия). Философское резюме полученных результатов можно свести к следующим тезисам.

1. Концепция наблюдателя необходима для построения физической картины мира уже на уровне классической физики: она относится к числу основных положений излагаемого подхода. Без наблюдателя (его отображения Ньютона) мировое и перцептивное многообразия остаются абсолютно обособленными. Другими словами, наблюдатель встроен в окружающий мир так, что он является не только (и не столько!) пассивным зрителем, сколько активным участником формирования и действия физических законов. Интересную параллель этого результата можно найти в обсуждении Р. Пенроузом квантовой декогеренции: «Другими словами, поведение вроде бы объективного мира, которое реально воспринимается, зависит от того, как чье-то сознание прокладывает себе путь через мириады альтернатив, образующих квантовую суперпозицию» [3. С. 853].

2. Несмотря на это обстоятельство и несмотря на то что геометрия перцептивного пространства, по всей видимости, должна играть свою роль на любом этапе наших физических исследований, законы природы удастся сформулировать так, как будто бы никакой вездесущей геометрии-посредника не существует вовсе. Например, при выводе метрики хроногеометрии мы использовали на промежуточном этапе рассуждений лишь факт существования некоторой перцептивной геометрии, но ее конкретные свойства оказались совершенно несущественными для вывода результирующей формулы для хронометрики. По всей видимости, такая ситуация типична для всех законов классической физики XIX в., в которой роль наблюдателя замаскирована понятиями абсолютного пространства, времени и ряда других. Определенного рода зависимость физических законов от наблюдателя начинает проявляться в СТО и ОТО – роль наблюдателя в этих теориях играет система отсчета¹⁰.

¹⁰ Концепция системы отсчета СТО и ОТО является частным случаем формализма отображения Ньютона. В СТО и ОТО мы имеем в качестве мирового многообразия касательное (или тензорное) расслоение риманова многообразия, в качестве «наблюдателя» – расслоение ортонормированных реперов (тетрад) над этим многообразием, в качестве отображения

3. В предпринятом исследовании был затронут лишь пространственно-временной аспект перцептивного пространства. Последнее, если иметь в виду полный комплекс ощущений, гораздо шире и включает в себя слуховое, тактильное, моторное, вкусовое, обонятельное, тепловое и ряд других подпространств, которые к тому же связаны друг с другом сложными и, вообще говоря, нефункциональными зависимостями. Здесь можно выразить надежду на то, что совместное изучение перцептивного пространства методами математики, физики и традиционных наук о человеке могло бы послужить надежной базой для построения единого языка описания различных явлений окружающего мира и человека – как его, во многих отношениях, уникального представителя.

8. Физика как искусство

Привычка к логическому мышлению убивает фантазию. Человек убеждается, что есть только один путь к истине через логику, и свернуть с него – значит идти наверняка к нелепости. Вне логики все – заблуждение, которое становится тем более роковым, чем ближе мы подходим к последним вопросам бытия. Здесь ариаднин клубок логики уже давно весь размотался, но нить крепко держит человека, не пуская его вперед. Он начинает топтаться на одном месте, нимало не подозревая, что попал в такое глупое положение благодаря принятым им излишним мерам предосторожности. Он боялся заблудиться! Но тогда лучший способ – оставаться дома. Раз вышел в путь, хочешь быть Тезеем и убить Минотавра, нужно перестать слишком дорожить безопасностью и быть готовым никогда не выйти из лабиринта...

Л. Шестов. Апофеоз беспочвенности

Существует два очень разных взгляда на науку вообще и физику в частности. Согласно первому, наука – это средство рационального систематизирования фактов окружающего мира. Конечная цель научного знания здесь вполне прагматична: необходимо построить наиболее универсальный и лаконичный каталог законов, обращаясь к которому можно было бы решить любую практически значимую задачу. Вторая точка зрения характеризуется более расплывчато: согласно ей наука представляет собой средство *понимания* окружающего мира. Предположим, что сторонникам первой точки зрения удалось каким-то чудом угадать универсальную формулу Вселенной, которая работала бы всякий раз при решении конкретной задачи, но оставалась бы при этом совершенно необъясненной. Разница между двумя упомя-

Ньютона – проектирование физических или геометрических тензоров (объектов тензорного расслоения над данным многообразием) на тетрадные векторы и дуальные им 1-формы.

нутыми точками зрения на науку проявилась бы наиболее рельефно именно по отношению к этой универсальной формуле: согласно первой цель науки достигнута, согласно второй – не сделано ничего. В качестве примера приведем мнение Р. Пенроуза о статусе ОТО и квантовой теории в современной физике: «На этом фоне выделяется общая теория относительности Эйнштейна, которая представляет, на мой взгляд, высшее достижение этого [двадцатого] века. Большинство физиков таковым, по-видимому, считают квантовую физику (и квантовую теорию поля). Я не могу разделить это мнение. Хотя квантовая теория, несомненно, объяснила несравненно больше, чем общая теория относительности, и в гораздо более широком классе явлений, я считаю, что эта теория пока не достигла той степени согласованности, которая необходима для *настоящей* теории» [3. С. 838]. Первая точка зрения тяготеет к прагматизму, позитивизму и английскому стилю науки, о котором писал П. Дюгем [43], вторая – к платонизму и европейскому стилю, хотя эти ассоциации и не исчерпывают в полноте все их особенности. В дальнейшем для определенности мы будем называть первую точку зрения *научным прагматизмом*, а вторую *научным платонизмом*. История научного платонизма в натурфилософии существенно древнее – она восходит к грекам, в то время как научный прагматизм – продукт Нового времени. Обе точки зрения отражают историю развития науки и научной методологии, обе по-разному освещают цель, смысл и мотивацию научных исследований, и, разумеется, обе имеют право на существование. Сегодня в условиях сильной интеграции мирового научного сообщества эти точки зрения относительно мирно сосуществуют, иногда замысловатым образом уживаясь даже в мировоззрении одного и того же ученого. Вот как об этой проблеме пишет Р. Пенроуз: «Современная наука должна проявлять осторожность в попытках ответить на вопросы “почему?” и “что?”. Тем не менее на эти вопросы часто даются ответы...» [3. С. 850].

И все же в целом эти направления характеризуются очень разными типами ученых, которые их представляют. Характерными сильными сторонами научного прагматизма являются склонность к *детальному анализу*, *критический взгляд на результаты научных исследований* и *экспериментальная доминанта*. Эти характеристики можно рассматривать как своеобразный «интеллектуальный иммунитет», который наука приобрела в процессе решения научных и научно-философских проблем, начиная с эпохи Реформации до нашего времени. Характерными сторонами научного платонизма являются склонность к *синтезу* и *концептуальным обобщениям*, *выраженная метафизическая составляющая исследований* и *смысловая доминанта*. Если рассматривать науку как самостоятельный организм, который зарождается и развивается в ноосфере, то научный платонизм представляет собой творческий принцип этого организма, а научный прагматизм – его ограничивающий принцип. Рост и развитие науки происходят при постоянном взаимодействии и определенном равновесии этих принципов. Нарушение равновесия приводит к известным крайностям, которые, увы, встречаются даже в

науке. Несколько другими словами ту же мысль подчеркивает Р. Пенроуз: «Я рассматриваю эстетическую мотивацию как существенную часть развития любых важных новых идей в теоретической науке. Но без ограничений со стороны эксперимента и наблюдений такая мотивация порой уводит теорию далеко от физической реальности» [З. С. 841].

Возвращаясь к фундаментальной физике, следует отметить, что само ее положение и ее задачи изначально предопределяют ее уклон в сторону научного платонизма¹¹. И именно здесь в наивысшей степени проявляется аспект физики как искусства, вынесенный в название этого раздела. Прежде всего, физика вместе с математикой представляют собой *язык Природы* – живой и постоянно развивающийся. Он рождается в процессе своеобразного внутреннего диалога исследователя с той проблемой, которую он решает. Этот диалог, протекающий между логосами мира и логосом человека где-то глубоко внутри творческой лаборатории духа, трудно вербализуем, а его общий ход и темп в значительной степени субъективны и слабо прогнозируемы. Объективации вовне в виде выступления на научном семинаре или научной статьи подлечит лишь некоторый итог этого диалога. Если проблема относится к числу частных прикладных задач, то объективация диалога возможна в терминах других, уже известных объективаций, которые были рождены ранее в диалогах других исследователей. Если же проблема относится к разряду фундаментальных, то известных объективаций для ее решения может оказаться недостаточно и в этом случае происходит нечто большее: *рождение новых понятий*.

За каждым новым «законнорожденным» понятием стоит некоторая новая реальность, новое измерение бытия, которые оставались скрытыми от познающего разума, поскольку он просто до сих пор «не умел смотреть в их сторону». Новое понятие всегда рождается раньше его *определения*, которое необходимо нам для выражения нового понятия в терминах привычных старых. Именно здесь – в процессе рождения новых понятий и их использования до (или даже без) формулировки четких определений – физика проявляет себя как очень специфическое искусство. Математика, как правило, может работать только с четкими определениями, физика зачастую может обходиться без них. Более того, как правило, *она вынуждена и даже должна* обходиться без них. Это утверждение звучит несколько парадоксально, но парадокс рассеивается при обращении к практике научной мысли. С одной стороны, философское осмысление достижений физики в той или иной степени приводит нас к тезисам о принципиальной неполноте научного познания, об условности разделения объекта и субъекта и принципиальной разни-

¹¹ Здесь имеет смысл оговорить, что под «фундаментальной физикой» автор понимает совокупность физических теорий, работающих на уровне «теорий всего» или близких к этому уровню. Иногда исследования по наноматериалам и астрофизике также относят к области фундаментальной физики. По мнению автора, эти разделы было бы более правильно относить к «прикладной фундаментальной физике», поскольку они опираются на существующие фундаментальные теории.

це между физической моделью и физическим явлением и т.д. В совокупности эти тезисы могли бы послужить основой для современного гносеологического пессимизма, если бы актуальная физика не преодолевала их на практике: она «работает» и даже развивается, несмотря на то что «гносеологические ловушки» подстерегают ее на каждом шагу. И дело здесь в преимущественно *символическом смысле физической терминологии и математических формул*, которые выявляются при научно-платонистском подходе к физической теории. Прагматизм и позитивизм по своей природе стремятся к идеалу, свободному от всякого символизма, в котором остается лишь сухой рациональный остаток – научная схема. При этом, однако, в своем стремлении к предельной ясности прагматизм и позитивизм неизбежно наталкивается на стену расселовских парадоксов и геделевских теорем о неполноте. Можно сказать, что это – плата позитивистов за свою «неумеренность желаний». На самом деле, любое понятие в физике (а возможно и в математике) имеет определенный *предел четкости* своего определения – это и есть одна из самых существенных сторон их символизма. *Понятия и язык должны быть в определенной степени нечеткими для того, чтобы они нормально работали.* Разумеется, для науки (и физики в частности) эта нечеткость существенно меньше, чем для повседневных бытовых понятий. В своей реальной работе физики оперируют именно с символами, а не со схемами. И символы, и схемы конечны по форме, но символы, в отличие от схем, позволяют вмещать в свою конечную форму бесконечное содержание. Говоря образно, символы – «живые», а схемы – «мертвые». Реальный язык науки символичен, и именно это его свойство позволяет нам преодолевать гносеологические «провалы» и даже целые «пропасти», зачастую замечая их и говоря о них уже *post factum*. Доказательством тому, что трудности преодолимы, является сам факт существования науки как исторического феномена!

Осознание символической составляющей научного языка позволяет по-новому взглянуть на метафизическую идею *абсолютного знания*, которое традиционно позиционируется как научно недостижимое. Если соотнести идею абсолютного знания с идеей «теории всего», которая свободна от схем и в которой символы «дышат свободно», то пропасть бесконечности, отделяющая относительное знание науки в ее сегодняшнем состоянии и идеал абсолютного знания, может быть, в принципе преодолима. Пользуясь достаточно «просторными» символами, мы можем говорить что-то и об «абсолютном знании». Но правильные «просторные» символы найти совсем не просто. Они, кстати, должны отражать в себе и границы науки. Трудно даже представить себе такую «самоограничивающуюся свободу» понятий!

Подводя некоторый итог, мы можем сказать, что *для формулировки и понимания законов актуально бесконечного (во множестве смыслов) мира мы неформально используем в науке символический язык, позволяющий как-то выразить эту актуальную бесконечность!* Здесь возникает еще один аспект языка науки, связанный с проблемой *понимания*, которая как пробле-

ма возникает лишь в контексте рефлексии научного платонизма. «Понять – это значит запомнить», – скажет старательный ученик. «Понять – это значит уметь применить», – скажет опытный учитель. «Понять – это значит рассказать другому», – скажет психолог. «Понять – это значит простить», – скажет священник. «Понять – это значит вспомнить», – скажет Платон. «Понять – это значит осознать смысл», – скажет современный философ. Все они правы, но вряд ли эти утверждения можно принять за определения понимания. А можно ли вообще определить понимание? Попытки сделать это всегда выглядят как-то неубедительно, и чем основательнее попытки, тем более неубедительно они выглядят. Есть простой факт: иногда происходит чудо, которое люди привыкли называть пониманием. Есть ощущение понимания и разные его градации. Пожалуй, лучше всего это ощущение описывали древние, когда говорили что понимание – это особый род соединения ума с идеей предмета, который ум пытается понять. Логос человека соединяется с логосом вещи или логосом другого человека и появляется понимание как результат этого соединения. Непонимание – это фобия логосов, непонимание – частичное их соединение, а процесс познания в целом – это разновидность общения с окружающим миром.

Замечательно, что окружающий мир в процессе этого общения обнаруживает свойство *полилингвизма*: *он всегда отвечает нам на том языке, на котором мы задаем ему вопрос*. Это обстоятельство важно как для установления междисциплинарных связей (изобразительное искусство, поэзия, наука, философия представляют различные неизоморфные языки общения с окружающим миром), так и для понимания связей различных направлений внутри теоретической физики. Действительно, альтернативные фундаментальные теории природы представляют собой пример различных способов физико-математического прочтения окружающего мира. При этом в разных теориях может использоваться разный алфавит, из которого по различным правилам складываются различные смысловые единицы физической реальности. Поэтому даже наборы ключевых экспериментов, на которых базируются альтернативные теории реальности, могут оказаться различными: эксперименты, которые выявляют некоторые простые ключевые закономерности, выражаемые на языке одной теории, могут иметь очень замысловатое истолкование на языке другой теории, включающее сложный комплекс взаимодействующих простых факторов и механизмов, естественным путем возникающих в рамках этой теории. Это обстоятельство лишний раз подчеркивает контекстную теоретическую обусловленность физических экспериментов, о которой писал П. Фейерабенд [44] и которую отмечает Р. Пенроуз: «Я считаю, что к заявлениям такого рода [о новой фазе инфляции, возникающей в космологических моделях с «квинтэссенцией»] следует относиться с исключительной осторожностью, даже если они вроде бы подтверждаются добротными экспериментами, поскольку последние зачастую анализируются с точки зрения модной теории» [3. С. 847].

Язык науки в контексте когнитивного полилингвизма имеет любопытные параллели с повседневным разговорным языком. У всех индоевропейских языков имеются подобные части речи. Поскольку языки появились раньше науки, а наука в современном ее понимании возникла в просвещенной Европе, можно ожидать, что категории науки нашли свое отражение в общих категориях языка – ведь язык науки базируется на последних. Для физики выстраивается следующая система соответствий (табл. 4):

Таблица 4

Существительные	Материя
Глаголы и глагольные формы	Время
Прилагательные и наречия	Пространство и Число
Предлоги	Взаимодействие
Местоимения	Системы отсчета

Эту таблицу можно читать как слева направо (тогда мы выражаем тот факт, что конструкции языка предопределяют возможности познания – когнитивная лингвистика), так и справа налево (тогда мы фактически принимаем естественную теорию языка). Если принять эту систему соответствий всерьез, то можно задать несколько интересных вопросов, связанных с морфизмами различных языков.

1. Каков естественный язык для описания философско-религиозной категории «вечности»? В вечности нет времени (следовательно, возможно, что и другие категории видоизменяются), значит, как минимум, в «языке вечности» нет глаголов. Если также принять, что в вечности реализуется идея всеединства, то в языке вечности отсутствуют как таковые и местоимения. Во всяком случае, такой язык будет звучать для нас очень непривычно...

2. Как выглядела бы наука, если бы она зародилась внутри культуры, лежащей вне индоевропейских языков (например в Китае)? В этих языках отсутствуют некоторые части речи индоевропейских языков, но зато присутствуют другие языковые категории. Можно ожидать, что соответствующие им общенаучные категории там были бы принципиально другими. Интересные результаты социопсихологических исследований, частично освещающие этот вопрос, приведены в книге Нейсбита [45].

3. Почему психологические науки плохо поддаются формализации? В частности, почему психология столь плохо математизируется? Несмотря на то что имеется целое направление, называемое математической психологией и ряд интересных полученных результатов [46], успехи математики там весьма скромны, а ее возможности остаются ограниченными. По всей видимости, дело здесь, по существу, в пограничности ситуации: внутренний мир человека, который и является главным предметом исследования в психологии, существует где-то на границе между мирами детерминизма и свободы. Проблема здесь в том, что *мир свободы традиционно изучается в рамках категорий мышления, уже изначально приспособленного к исследованию мира детерминизма*. Большинство современных научных психологом сво-

боды имеют дело с обусловленной свободой, субстратом которой, как считается, являются какие-то иные более фундаментальные потенции личности. При этом роль и место свободы в иерархии личности неизбежно становятся либо вторичными, либо случайными, либо обусловленными социально-экономической средой и коллективными моделями поведения. Разумеется, при этом возникает иллюзия возможности определения личности и эта иллюзия разрешается в десятках ее «определений», которые, по сути, остаются онтологически беспомощными. Если принять тезис о том, что личность принципиально неопределима, то нам потребуется новый язык для определений в этой области – язык *метафизики невозможного*. Это – отдельная тема, выходящая за рамки настоящей статьи. Отметим лишь, что определение личности в категориях метафизики невозможного, переведенное на привычный язык метафизики возможного, может выглядеть очень странным или даже противоречивым (логическое противоречие – это норма метафизики невозможного). Одна из формул, отражающая некоторые важные характеристики личности, могла бы выглядеть так: $A > A$.

Процесс научного исследования по природе своей является творческим. Другими словами, Эрос (творческое и чувственное начало вещей) и Логос (разумное начало вещей) сосуществуют где-то рядом. Эрос без Логоса – слеп, Логос без Эроса – холоден и безжизнен. Элеаты и платоники считали, что чувства обманывают, а истина лежит в невещественном мире идей, который постигается логикой и интеллектом. Но сегодня мы знаем, что логика, интеллект и идеи – лишь инструменты познания, истина, доступная человеку посредством познания, – это скорее процесс, а не сущность, а первичная материя познания все равно дается в непосредственном ощущении реальности или даже в непосредственном ощущении того, что стоит за нею. Поэт, художник, музыкант, ученый – все говорят об одном и том же, но на разных языках, общаясь с разными сторонами мирового Логоса. Но отнимите у них Эрос, – и стихи поэта превратятся в рифмованный протокол бытия, картины художника станут ручными фотографиями, из музыки исчезнет огонь, а из научной теории – ее смысл, красота и безумие...

9. Контуры метафизики «общих точек»

По мере углубления в фундамент физического поведения мы все больше убеждаемся, что это поведение весьма тонко управляется математикой. Более того, математика, как оказывается, имеет характер не просто непосредственных вычислений, – это есть нечто глубинное, со своими тонкостями и красотами, отсутствующими у математики, применяемой на менее фундаментальном уровне физики. В соответствии с этим движение к более глубокому физическому пониманию, если оно не может во всех деталях руководствоваться данными эксперимента, должно, по возможности, прочно опираться на спо-

способность оценивать физическое соответствие и глубину математики и отбирать подходящие идеи на основе эстетических соображений.

Р. Пенроуз [3. С. 849]

Есть интересная аналогия между математическими работами А. Пуанкаре по топологии и метафизикой «общих точек», которая поможет нам лучше сформулировать суть проблемы. Как известно, Пуанкаре является основателем топологии – науки о наиболее общих свойствах геометрических объектов, не изменяющихся при их непрерывных деформациях, которые в топологии называются гомеоморфизмами. С точки зрения топологии все конкретные метрические характеристики объектов (например, их размеры, форма, кривизна) имеют второстепенное значение, поскольку они не сохраняются при гомеоморфизмах. С другой стороны, такие свойства, как топологическая связность, ориентируемость, стягиваемость в точку, с позиций топологии являются существенными. Одна из основных задач топологии – отыскать топологически инвариантные характеристики геометрических объектов, которые в совокупности характеризовали бы их самые существенные и фундаментальные свойства. На протяжении XX–XXI вв. топологические идеи неоднократно находили свои приложения в самых разных разделах физики: механике, физике жидких кристаллов, физике твердого тела, ОТО, квантовой теории поля, теории суперструн и т.д. Для нас сейчас важно отметить, что топология выводит уровень физико-математических исследований на новый уровень абстракции, с позиций которого детали, которые ранее представлялись существенными, часто лишь затемняли суть дела. При этом новый уровень понимания проблемы, который обеспечивают топологические методы, часто приводит к прорыву в понимании единства проблем, считавшихся ранее независимыми.

Если принять всерьез физико-математический полилингвизм природы, который мы обсуждали в предыдущем разделе, то правомерен следующий вопрос: *существуют ли утверждения о природе, суть которых сохранялась бы при смене одного допустимого языка природы на другой, т.е. при смене одной теории реальности другой, ей альтернативной?* Образно говоря, такие утверждения (в случае если они существуют) являлись бы аналогами топологических характеристик, если в качестве аналогов геометрических объектов рассматриваются физические теории. Положительный ответ на вопрос о существовании метагеометрических утверждений (мы обсуждали его в параграфе 6) вселяет некоторую надежду на положительный ответ и на поставленный выше более общий вопрос. Для его надлежащего математического исследования необходимо построить «теорию теорий», то есть теорию, объектами изучения которой являются различные физические теории. Такую теорию было бы естественно называть *мета-физикой*¹², по аналогии с

¹² Мета-физика – далее дефис подчеркивает узкий смысл этого слова в данном контексте («теория теорий»).

метаматематикой – общей теорией различных математических структур и отношений между ними. Мета-физика в этом узком смысле – это конкретная математическая (а не философская) теория, в которой формализованы понятия физической теории, отношения обобщения и альтернативы между теориями и вообще морфизма теорий, концепция наблюдателя, отношения «модель-реальность», свойство верифицируемости и эксперимента и т.д. По всей видимости, адекватным средством для этой цели является язык теории категорий, топосов и функторов, которым пользуется метаматематика (см. [47]). Отметим, что попытки категориальной формулировки ОТО и квантовой теории уже предпринимались¹³ в [48; 49]. Цель мета-физики – не столько сформулировать на новом необычном языке ту или иную известную теорию, сколько предложить универсальный язык для определения общей структуры любой теории и ее отношения с другими теориями, сформулированными на этом же универсальном языке.

Самый первый вопрос, который возникает на этом пути, очень простой: а возможна ли вообще подобная «теория теорий»? Положительный ответ на этот вопрос очень вероятен по следующим соображениям:

1. Разрозненные элементы мета-физических исследований (хотя и не в столь общей формулировке) уже неоднократно предпринимались [36; 38; 51].

2. На протяжении периода активной разработки единых теорий (XIX–XXI вв.) накоплен значительный «эмпирический материал» для мета-физики: мы имеем множество различных теорий, построенных на основе разных принципов, и множество вариантов их отношений между собой и с экспериментом.

3. При таком обилии теорий (большая часть их живет в прошлом, но это вовсе не означает, что физики больше никогда к ним не вернуться) необходим обстоятельный и объективный путеводитель. Факт существования такого путеводителя для частного класса теорий – теорий гравитации (см. [53]) наводит на мысль о возможности его расширения на основе более общих принципов классификации, построенных с помощью мета-физики.

4. У всех физических теорий, которые когда-либо строились, есть, по меньшей мере, два общих свойства: они (I) создавались человеком (II) для описания природных явлений. Эти обстоятельства наводят на мысль, что, несмотря на кардинальную разницу теорий на «верхнем этаже» принципов, законов и формул, у них есть нечто фундаментально общее, что в конечном счете связано с тезисами I и II. Мета-физика – это и есть средство выявления общего на фоне множества различий.

Приведем здесь также (весьма неполный) перечень тех принципиальных вопросов, для количественного и математически строгого решения которых может быть использована мета-физика:

¹³ С другой стороны, цитированные ранее работы [36, 38] по существу проводились в рамках мета-физической программы (в узком смысле) без использования аппарата теории категорий.

1. Что такое физическая теория?
2. Какие бывают общие типы теорий?
3. Что такое физический эксперимент?
4. Что такое физический объект и физическая система?
5. Что такое физические законы и физические принципы?
6. По каким формальным признакам среди множества физических объектов выделяется наблюдатель?
7. Что такое единичный акт наблюдения?
8. Что такое наблюдаемые величины?
9. Какие отношения между различными физическими теориями возможны в принципе?
10. Каковы общие правила построения новых типов теорий?
11. Как описывается множество различных физических теорий, имеющих одинаковую экспериментальную базу?
12. Могут ли у одной и той же физической теории быть разные комплексы верифицирующих экспериментов?
13. Каковы общие признаки «теорий всего»?
14. Как характеризуются теории с некоторым фиксированным одинаковым набором свойств?
15. Что такое квантование с мета-физической точки зрения?
16. Что такое пространство и время?
17. Какова роль геометрии в мета-физических построениях?
18. Каков перечень метагеометрических инвариантов в мета-физике?
19. Существуют ли общие мета-физические инварианты физических теорий и, если да, то при каких условиях?
20. Можно ли в рамках мета-физики формализовать различные онтологии физических теорий?

Положительный ответ на последний вопрос означал бы, что метафизика способна перевести различные метафизические концепции (т.е. чисто философские построения), которые лежат где-то глубоко в основании различных физических теорий, в плоскость математических рассуждений. Другими словами, есть основания полагать, что метафизика в своем сколько-нибудь завершенном варианте позволит различать материалистическую, позитивистскую и, скажем, платонистскую онтологию на достаточно абстрактном математическом языке. При этом споры между физиками, философами и методологами различных направлений вышли бы на качественно новый уровень проблематики, который даже не виден сегодня из-за обилия деталей, значительная часть которых второстепенна или исторически случайна, а граница между физикой и метафизикой приобрела бы более четкие очертания.

10. О границах физики

Я не знаю, что скорей заставит человека идти вперед без оглядки – сознание, что за спиной осталась голова Медузы со страшными змеями и опасность обратиться в камень, или уверенность, что за ним та прочность и неизменность, которая обеспечивается законом причинности и современной наукой.

Л. Шестов. Апофеоз беспочвенности

Вопрос о границах традиционно относится к числу вопросов метафизических. По иронии судьбы, сами ученые, непосредственно занимающиеся исследованиями в той или иной области физики, обращаются к этому вопросу нечасто. Обычно право рассуждать о том, существуют ли границы и что за ними, оставляют за философами или дилетантами в науке. В первом случае часто (хотя, конечно, не всегда) философская проблематика затеняет физическую и физика остается лишь поводом к разговору о внутренних проблемах самой философии. Во втором случае в его лучшей реализации мы сталкиваемся с разновидностью научной фантастики, что само по себе неплохо, но для профессионального физика несколько легковесно и поверхностно. Между тем у каждого профессионального физика есть свое профессиональное мировоззрение, которое помогает ему «видеть» одни задачи и «не обращать внимания» на другие, ориентироваться в области неизвестных или малоизученных явлений, интерпретировать уравнения и эксперименты и преломлять свои знания в практическую плоскость. По существу, речь идет о некоей «рабочей метафизике». Замечательно, что эта метафизика хотя и подпитывается научной деятельностью ученого, но целиком не определяется ею. Свидетельством тому является ее сугубая индивидуальность. Даже в рамках одной научной группы можно встретить носителей, на первый взгляд, взаимоисключающих рабочих метафизик – например, с материалистической и религиозной окраской. Все это говорит о том, что физики не настолько далеки от метафизики, как это обычно принято считать. И каждый профессиональный физик, немного подумав, может дать какие-то свои ответы на метафизические вопросы.

Интересно, что в зависимости от «рабочей метафизики» находится даже смысл слова «граница» и констатация самой проблемы. Действительно, опираясь на широко распространенные в научной среде мнения, можно обозначить некоторые направления отношений к границам:

- 1) границ нет (и, следовательно, проблемы нет!);
- 2) граница физики – это граница между познанным в ней и непознанным. С течением времени она расширяется, но мир бесконечен и все познано не будет никогда (паскалевский круг познания);
- 3) область физики – это область объективных и воспроизводимых факторов окружающего мира. Все, что за этими пределами, – к физике не относится по определению.

Как нетрудно видеть, три обозначенных направления отличаются не столько по своим ответам на вопрос о границах, сколько по пониманию смысла слова «граница». Значит, проблема начинается уже на уровне понятий.

В дискуссии [50] «О границах физики» был представлен достаточно широкий спектр мнений по вопросу границ физики или даже науки вообще. Участники дискуссии обозначили различные проекции понятия «границ физики» в соответствии со своим видением проблемы. Все высказанные точки зрения правомерны и интересны. Резюмируя спектр мнений самого первого круга дискуссии, можно выделить следующие потенциальные разновидности границ, которые были озвучены:

- 1) границы актуальные;
- 2) границы прагматические;
- 3) границы этические;
- 4) границы психологические;
- 5) границы методологические;
- 6) границы принципиальные.

Во всяком случае, тезис о том, что какие-то границы науки существуют, был принят всеми участниками. По существу, необходимость границ содержится в возможности определения физики. Не вдаваясь сейчас в детали этого определения, можно сказать, что всякое разумное определение, так или иначе, очерчивает границы определяемого предмета. Проблема возникает в том случае, когда физика рассматривается как фундаментальная наука, лежащая в основании других наук или в основании мировоззрения. С одной стороны, в определении содержатся ограничения («Физика – это раздел науки, изучающий...»). С другой стороны, современная научная методология, в целом построенная на принципе редукционизма или его более современных модификациях, подразумевает, что имеется принципиальная возможность объяснения всех свойств высокоорганизованных структур (атомов, молекул, белков, жизни, информации, сознания) на языке свойств элементарных частиц и нескольких (или даже одного) фундаментального взаимодействия. При этом допускается, что эта принципиальная возможность может оказаться труднореализуемой из-за трудностей чисто технического характера (например ввиду недостатка мощности компьютеров). Совершенно ясно, что перед лицом редукционизма подобного рода, любое определение физики будет выглядеть условным, бесполезным и даже в определенном смысле лицемерным. Автор не является сторонником догматических определений в науке, но определения, отражающие текущий статус и уровень физики, на его взгляд, необходимы. Они позволяют, во-первых, «фильтровать» материал для исследования, во-вторых, формировать и фиксировать общие «правила игры», то есть научную методологию, в-третьих, получать конкретные содержательные утверждения об окружающем мире, доступные логическому анализу и экспериментальной проверке. Не исключено, что границы, содержащиеся в определении, могут как-то эволюционировать с течением време-

ни, но в случае, если определение адекватное, такая эволюция будет происходить не слишком быстро. Можно даже потребовать, чтобы окончательное о-предел-ение физики (если таковое существует хоть в каком-то смысле) подразумевало фундаментальную неизменность ее границ. В этом смысле установление границ физики является необходимым условием ее правильного о-предел-ения.

Парадоксальным образом признание границ физики подразумевает более широкую перспективу научной методологии, чем утверждение об их отсутствии. Действительно, безграничная область является частным (предельным случаем) области с границей. По этой причине можно сказать, что научная методология, настаивающая на отсутствии границ у физики, имеет «меру нуль» среди множества других методологий. Методология с границами менее категорична, а значит, и более гибка и открыта для научной практики, которая в области неизвестного требует определенной «гибкости» применяемой научной методологии.

Если границы у физики есть, то должны существовать «пограничные ситуации», в которых граница применимости как-то проявляет себя. На самом деле, найти или хотя бы описать действительно пограничные ситуации, находящиеся на стыке познаваемого и непознаваемого физическими методами, сложно. По сути, это – то же самое, что найти или как-то обозначить границы. Гораздо проще указать ситуации «заграничные», в которых физическое описание становится очевидно неадекватным. Эта неадекватность может проявляться, например, как *принципиальная невозможность* или *противоречивость* физической картины явления. Рассмотрим в качестве примера невозможности попытку «физически описать» волевой акт внутреннего выбора человека вместе с его внешними проявлениями (например, человек захотел просто так поднять камень и бросить его вперед). Цепочка событий «волевое решение» – «мысленный приказ» – «сигналы нервной системы» – «мышечные сокращения» – «полет камня» целиком принципиально не укладывается в рамки физики и вообще какой-либо науки, если мы принимаем тезис о свободной человеческой воле¹⁴. Никакое «физическое описание» не срабатывает до уровня сигналов нервной системы, поскольку «физическое описание» всегда является в определенном смысле детерминистичным. Мы снова возвращаемся к проблеме свободы, которой уже касались в несколько другом контексте в предыдущих разделах. Ни язык вероятностей, ни язык хаоса не спасают положения дел. Вероятностные законы статистичны, а каждый акт свободной воли человека уникален и самоценен. Концепция хаоса ни в коей мере не отражает концепцию свободы (хаос – произвол, свобода – разумный выбор). Кроме того, сам хаос познаваем постольку, поскольку в нем проявляются свои внутренние законы. Абсолютный хаос – сущность непознаваемая и, может быть, даже внутренне противоречивая. Разумеется, существует позиция, согласно которой тезис о сво-

¹⁴ Автор статьи принимает этот тезис.

боду воли не принимается. Ее сторонником является Р. Пенроуз, который с помощью механизма объективной редукции (ОР), основанного на закономерностях будущей квантовой теории гравитации и нейронной структуры мозга, пытается объяснить работу сознания. Здесь некоторым «математическим субстратом» свободы является *невыхислимость* механизма ОР. Ответ на вопрос о том, сводится ли свобода воли к невыхислимости или нет, отчасти зависит от выбора научной онтологии. Следует отметить, что с позиций попперовского критерия верифицируемости тезисы о наличии свободы воли и невыхислимости работы сознания в рамках современной научной методологии недоказуемы.

В качестве примера противоречивости картины описания можно рассмотреть попытку привязать ценность того или иного музыкального произведения в обществе любителей музыки к амплитудно-частотным характеристикам фактуры произведения. Трудности и неизбежные противоречия, которые возникают на этом пути, очевидны: корреляции в лучшем случае разобьются на классы, выражающие музыкальные вкусы различных слоев общества (если такие слои вообще сформированы). Таким образом, при попытке ввести физику в качестве инструмента для эстетической оценки мы будем иметь набор различных, вообще говоря, взаимно исключаящих «физических законов» музыкальной красоты.

Теперь можно использовать соображения «непрерывности», развернутые в философском варианте. Если существуют ситуации «дограничные», в которых физика вполне адекватна и работает, и если существуют ситуации «заграничные» (здесь можно дискутировать по поводу приведенных мною примеров, но, наверное, каждый может найти свои более убедительные примеры), то где-то между этими ситуациями должны существовать пограничные ситуации, обозначающие границу.

Один из аспектов границ физики связан с ограничениями на количество вычислительных операций, сопровождающих расчеты конкретных задач в рамках физических моделей реальности. Р. Пенроуз в своей замечательной книге [2] при обсуждении возможностей современных компьютеров, конечно, всегда имеет в виду это ограничение, но дает фору сторонникам сильной гипотезы искусственного интеллекта. Он не рассматривает ограничения на объем и скорость вычислений в качестве принципиальных и в своих рассуждениях считает компьютеры идеальными универсальными машинами Тьюринга, которые имеют бесконечную память и достаточно большую скорость вычислений. Далее он приводит аргументы в пользу невыхислимости процессов, сопровождающих работу сознания, откуда следует несостоятельность сильной гипотезы искусственного интеллекта и более общей концепции *вычислительного функционализма*. Вслед за Р. Пенроузом отвлечемся от временных экстенсивных трудностей процедуры вычислений и обратимся к другой принципиальной стороне расчетов в рамках физических моделей — *их структурной неустойчивости*. Рассмотрим проблему на конкретном примере стандартной эйнштейновской космологии с «бесконечно малыми

модификациями» [51]. Экспериментальный факт ускорения Вселенной, а также гипотезы о темных материи и энергии приводят к необходимости модификации лагранжиана гравитации и (или) уравнения состояния вещества в область обобщенных теорий или обобщенных уравнений состояния. Если рассмотреть такие обобщенные теории в окрестности эйнштейновской, то есть включить в лагранжиан добавки из обобщенных теорий с бесконечно малыми константами связи, то, несмотря на свою малость, они, как правило, кардинально меняют космологический сценарий и его общепринятый тезаурус. В частности, такая малая модификация в большинстве случаев стирает космологическую сингулярность и значительную часть того, что с ней связано (физика ранней Вселенной). На самом деле, проблема не ограничивается рамками космологии. Любую модель, описываемую дифференциальными уравнениями, можно немного «пошевелить» (эксперимент часто вынуждает нас это делать), так что прежняя картина изменится качественно: некоторые свойства предыдущей модели просто исчезнут, а некоторые (о которых даже не думали) – появятся. Основная гипотеза заключается в том, что *для любой модели найдется такое ее бесконечно малое «шевеление», которое уничтожит любое ее наперед заданное свойство*. Проблема доказательства этой гипотезы включает в себя формальное определение свойств и введение топологии на нем, что остается пока за пределами средств и даже интересов математиков. Если учесть теперь, что физики работают, как правило, с *интегрируемыми* дифференциальными моделями, которые в определенном смысле составляют «множество меры нуль» в классе всех моделей, то (в случае если гипотеза правильна) у них в распоряжении в лучшем случае остается лишь небольшое число моделей, обладающих достаточным «запасом структурной устойчивости». Вопрос об общих характеристиках этих моделей (и даже вопрос о существовании хотя бы одной!) на сегодняшний день остается открытым.

Рассмотрим здесь еще один интересный аспект границ физики, связанный с существованием фундаментальных констант скорости света c и постоянной Планка h . Вопреки распространенному утверждению о том, что скорости, превышающие скорость света, запрещены в СТО, положение дел в этой теории обстоит не совсем так. Как досветовые скорости, так и сверхсветовые могут изучаться в рамках СТО теоретически на равных правах. Более точное утверждение, которое действительно вытекает из принципов СТО, звучит так: *ни одно тело конечной массы не может быть из состояния покоя ускорено до скорости света или выше под действием конечной силы за конечное время*. Другими словами, для достижения световой скорости телу необходимо сообщить *бесконечную энергию*. Отсюда следует, что *тело в принципе могло бы иметь сверхсветовую скорость только при условии, что оно имело бы ее с самого начала, с момента своего появления*, таким образом, чтобы не требовалась бесконечная энергия для его помещения в мир сверхсветовых скоростей. Оставаясь в рамках СТО, можно показать, что для переброски такого тела в наш мир досветовых скоростей также по-

требуется бесконечная энергия. Преобразования Лоренца действуют раздельно в субсветовом и сверхсветовом мире, а также и на световом конусе, который их разделяет. Гипотетические частицы, которые обладают сверхсветовыми скоростями, называют в литературе *таххионами*. Одно из самых необычных свойств тахионов – это *возможность с их помощью посылать сигналы в прошлое*. Обычно тахионы исключают из соображений сохранения причинности. Нетрудно показать, что тахионы вместе с причинностью уничтожают и логику, то есть приводят к ситуациям в 4-мерном пространстве-времени, которые логически противоречивы [52]. Пусть два человека по имени Григорий и Семен договариваются между собой провести следующий эксперимент. Григорий (источник) и Семен (приемник) располагают генераторами сверхсветовых сигналов и имеют представление о возможности их путешествия в прошлое. Пусть сначала они обсуждают следующую схему эксперимента (именно такая схема и описывается обычно в литературе): Григорий в 12–00 посылает импульс Семену, который движется на ракете как раз с такой скоростью, чтобы его ответный импульс пришел к Григорию ровно в 11–50 (для посылки сигнала в прошлое приемник должен двигаться с достаточно большой скоростью, которая, однако, меньше скорости света). Григорий, после некоторых раздумий, решает изменить схему эксперимента: «С 11–50 до 12–00 у меня будет достаточно времени, чтобы поразмышлять о парадоксах сверхсветовых сигналов. Ведь сигнал, который придет ко мне от Семена в 11–50, – это сигнал из будущего. Он свидетельствует о том, что согласно нашему плану, я ровно в 12–00 пошлю ему сверхсветовой импульс. И этим свидетельством я буду располагать за десять минут до самого действия. А что если я в этот момент передумаю посылать Семену свой импульс? Ведь будущие события не могут непосредственно влиять на мои мысли и желания? Что если поставить опыт иначе? В том случае, если я получаю импульс от Семена в 11–50, я принимаю решение не посылать свой, а если не получаю, то посылаю!» Нетрудно видеть логический круг, который образуется в подобной схеме эксперимента. Если Григорий получает импульс Семена в 11–50 и принимает решение не посылать свой, то Семен не получает импульса, посланного в 12–00 и, следовательно, сам ничего не посылает. Если же Григорий не получает импульса от Семена в 11–50 (а значит, и Семен не получает импульса от Григория), то Григорий посылает импульс Семену в 12–00 и тот не может его не получить и не ответить. Может показаться, что в этой ситуации ключ для ее объяснения лежит в устройстве той части психики человека, которая отвечает за наши желания – эта сфера, конечно же, выходит за рамки СТО. Но вместо Григория и Семена в эксперименте вполне могли бы участвовать простые устройства, запрограммированные на вполне конкретные действия: устройство «Семен» установлено на ракете и посылает свой сверхсветовой импульс, сразу же когда приходит такой же импульс со стороны (или вообще ничего не делает, если импульс не приходит). Устройство «Григорий», в случае, если импульс приходит в 11–50, не

делает ничего, а если в 11–50 импульса нет – посылает сверхсветовой импульс Семену в 12–00. Пространственно-временная апория остается!

Таким образом, можно сказать, что скорость света – это не просто предел в пространстве скоростей, но и предел применимости логики для описания физических явлений. Алогичный мир теоретически мыслим, но совершенно ясно, что он выходит за пределы физики в самых разных смыслах понимания слова «предел».

Хотелось бы обратить внимание на одну особенность рассмотренного парадокса. Он тесно связан с возможностью организации в пространстве времени замкнутой «информационной петли»: сигнал Григорий-Семен – сигнал Семен-Григорий – отрезок мировой линии Григория между приемом и посылкой тахионных сигналов. Тахионы и нужны для того, чтобы такую петлю организовать. Теоретически любое другое устройство или процесс, с помощью которых можно организовать подобную петлю, приведут к парадоксам такого же рода. В обычном мире досветовых или световых скоростей наблюдатель не может получать свои собственные сигналы до момента их посылки. Основная гипотеза заключается в том, что логические противоречия, возникающие при посылке сигналов самому себе в собственное прошлое имеют ту же природу, что и противоречия, возникающие в результате применения так называемой «диагональной процедуры» Кантора, с помощью которой доказывается несчетность множества вещественных чисел и теорема Геделя.

Рассмотрим теперь роль постоянной Планка h в нашем описании окружающего мира. В основе научной методологии классической физики лежит принцип независимости субъекта и объекта. Согласно этому принципу, объект познания существует независимо от субъекта, что позволяет рассматривать законы, которым подчиняется объект, как законы объективные. Собственно, вся концепция объективной реальности зиждется на этом принципе или его модификациях. Выдерживают ли принцип независимости субъекта и объекта и классическая концепция объективной реальности испытание на прочность в микромире? Нет! Действительно, при попытке использовать классическое координатно-импульсное описание по отношению к микрообъектам мы сталкиваемся с известным соотношением неопределенностей. Вообще, аналогичное соотношение возникает всякий раз при попытке использовать сопряженные гамильтоновы переменные в микромире. Все попытки обойти соотношение неопределенностей за счет ухищрений с экспериментальными ситуациями и установками, используемыми в них, никогда не приводят к успеху. Попытка наблюдателя локализовать одну переменную всегда вызывает цепочку влияний (неконтролируемых взаимодействий) – иногда довольно замысловатую – которая стирает определенную часть информации о другой переменной. Сегодня уже нет нужды всякий раз явно отыскивать эту цепочку – соотношение неопределенностей заложено в принципы квантовой теории посредством коммутационных соотношений, но при желании эту цепочку можно восстановить. Всякий раз, отыскивая

такую цепочку, мы фактически предлагаем некий динамический механизм реализации соотношения неопределенностей в терминах неконтролируемых или неустранимых взаимодействий наблюдателя с микрообъектом. Можно предложить и несколько иную точку зрения на эти факты: уровень постоянной Планка – это уровень, на котором субъект и объект исследований неразделимы. Другими словами, это уровень, на котором классическая концепция объективной реальности не работает. Язык «взаимодействия объекта и наблюдателя» в такой ситуации становится просто не вполне адекватным: если на уровне постоянной Планка между объектом и субъектом имеется принципиально неустранимое взаимодействие, то на таком уровне субъект и объект представляют собой единую систему, в принципе неразделимую на части. Таким образом, существование ненулевой постоянной Планка ограничивает наши возможности объективации исследуемых объектов. Изучая микрообъекты, мы, грубо говоря, изучаем не только их, но и свое «отражение» в них. Это отражение проявляется в виде зависимости формы ответов объекта от формы наших к нему вопросов. Совершенно ясно с одной стороны, что за пределами объективации нет физики и вообще науки, поэтому *постоянная Планка в этом контексте имеет прямое отношение именно и главным образом к границам физики, а не к рецептам вычислений в микромире или решению каких-то частных проблем классической физики*. Последние, кстати, приобретают в свете вышесказанного новый смысл. Мир, в котором объективация не имеет предела (то есть постоянная Планка равна нулю), не будет «устойчивым», поскольку в нем произойдут все классические «катастрофы», нависшие над физикой в конце XIX века. Таким образом, можно сформулировать парадоксальный тезис: *устойчивость мира тесно связана с существованием границ нашего познания*. Можно поставить интересный вопрос о том, что причина, а что следствие: мир устойчив, потому что есть границы его познания или границы познания являются необходимым следствием устойчивости мира? И тот и другой ответ приводят к интересным и неожиданным связям и ассоциациям. Возможно, что устойчивость и границы – это проявления чего-то третьего, что лежит в основе квантовой механики и что еще предстоит выяснить. Теперь становится немного понятнее, какова природа мнения о том, почему квантовую механику никто не понимает: просто законы квантовой механики «прописаны» на границе нашего понимания и вообще на границе «законности».

Хотелось бы подчеркнуть еще один важный момент. Если в классической физике сознание наблюдателя в принципе устранимо (под наблюдателем можно понимать компьютер или любое следящее устройство, не обладающее сознанием), то в микромире сознание наблюдателя отличает последнего от всех остальных чисто физических бессознательных систем. В связи с этим Р. Пенроуз пишет: «Напомним, что копенгагенская интерпретация... рассматривает волновую функцию не как реальную физическую сущность, а как нечто, существующее в “сознании наблюдателя”. Более того, по крайней мере в одном из своих проявлений, эта интерпретация требу-

ет, чтобы измерение было “наблюдением”, то есть проводилось в конечном счете разумным существом, хотя на практике оно выполняется “классической” измерительной аппаратурой. Эта зависимость от классической аппаратуры имеет, однако, лишь преходящее значение, поскольку любой кусок аппаратуры сделан из квантовых элементов и в действительности он не будет, даже приближенно, вести себя классическим образом, если он следует стандартной квантовой U-эволюции» [3. С. 852]. Соотношение неопределенностей проявляется именно: а) в ситуациях определенных «вопросов» микросистеме со стороны сознания наблюдателя; б) при считывании ответа сознанием наблюдателя. Ни а), ни б) не могут выполняться бессознательно.

Разумеется, все высказанные здесь идеи требуют конкретной разработки. В частности, в соотношении неопределенности снова видятся следы теоремы Геделя в физическом преломлении: возможно, что конфликт измеримости дополнительных некоммутирующих переменных в квантовой механике и конфликт между полнотой и непротиворечивостью формальных систем, выражающий суть теоремы Геделя, – это один и тот же конфликт!

ЛИТЕРАТУРА

1. *Пенроуз Р.* Новый ум короля. – М.: УРСС, 2005.
2. *Пенроуз Р.* Тени разума. – М.: УРСС, 2005.
3. *Пенроуз Р.* Путь к реальности, или Законы, управляющие вселенной. – М.-Ижевск: РХД, 2007.
4. *Кокарев С.С.* Видеовыступление «Поличисловая теория поля» на семинаре 3.04.2013 в РУДН. URL: <http://www.youtube.com/watch?NR=1&v=NY7L7MRKIXo&feature=endscreen>
5. *Пенроуз Р.* Комментарии к «Поличисловой теории поля» 03.04.2013 в РУДН. URL: http://www.youtube.com/watch?v=9agj1R_rX8Q
6. Пресс-конференция РИА Новости. Сэр Роджер Пенроуз. URL: <http://www.youtube.com/watch?v=v1XKae83LOk>
7. Гиперкомплексные числа в геометрии и физике (специальный выпуск, посвященный приезду Р. Пенроуза в Россию в марте-апреле 2013 года). – 2013. – 1 (19). – Т. 10.
8. *Kokarev S.S.* Space-time as multidimensional elastic plate // *Nuovo Cimento*. – 1998. – B113. – P. 1339–1350.
9. *Владимиров Ю.С., Турыгин А.Ю.* Теория прямого межчастичного взаимодействия. – М.: Энергоиздат, 1986.
10. *Логунов А.А.* Лекции по теории относительности и гравитации: Современный анализ проблемы. – М.: Наука, 2005.
11. *Мецаев Р.Р.* Теории струн как основа для единой теории поля и описания режима сильной связи калибровочных теорий // Сб. трудов семинара И.Е. Тамма / под ред. М.Р. Васильева, Л.В. Келдыша, А.М. Селихатова. – М.: Научный мир, 2007. – С. 5–52.
12. *Кокарев С.С.* Близкодействие против дальнего действия: окончательна ли победа? // Сб. трудов РНОЦ «Логос». – Ярославль. – 2007. – Вып. 2. – С. 21–128.
13. *Кокарев С.С.* Три лекции о законах Ньютона // Сб. трудов РНОЦ «Логос». – Ярославль. – 2006. – Вып. 1. – С. 45–72. URL: http://samlib.ru/k/kokarew_s_s/inert.shtml
14. *Голодняк М., Кокарев С.* Дискуссия о законах Ньютона // Сб. трудов РНОЦ «Логос». – Ярославль. – 2008. – Вып. 3. – С. 9–80. URL: http://znaemfiz.ru/files/138426/neuton_disc.pdf

15. Овчинников Н.Ф. Методологические принципы в истории научной мысли // УРСС. – 2003.
16. Пуанкаре А. Наука и гипотеза // Сб. статей «О науке». – М.: Наука, 1991.
17. Бом Д. Специальная теория относительности (приложение «Физика и восприятие»). – М.: Мир, 1967.
18. Пенроуз Р., Риндлер В. Спиноры и пространство-время: в 2 т. – М.: Мир, 1987–1988.
19. Владимиров Ю.С. Геометрофизика. – М.: Бином, 2010.
20. Кассандров В.В. Алгебраическая структура пространства-времени и алгебродинамика. – М., 1992.
21. Павлов Д.Г., Кокарев С.С. Алгебра, геометрия и физика двойных чисел, Гиперкомплексные числа в геометрии и физике (специальный выпуск, посвященный приезду Р. Пенроуза в Россию в марте-апреле 2013 года). – 2013. – 1 (19). – Т. 10. – С. 87–160.
22. Варден Б.Л. ван дер. Алгебра. – М.: Наука, 1979.
23. Zelenov E. p-Adic mathematical physics and space-time, Grav. & Cosm. – 1995. – V. 1. – № 3. – P. 243–246.
24. Лаврентьев М.А., Шабат Б.О. Проблемы гидродинамики и их математические модели. – М.: Наука, 1977.
25. Павлов Д.Г., Кокарев С.С. h-голоморфные функции двойной переменной и их приложения // Гиперкомплексные числа в геометрии и физике. – 2010. – 13. – С. 44–77.
26. Павлов Д.Г., Кокарев С.С. Гиперболическая теория поля на плоскости двойной переменной // Гиперкомплексные числа в геометрии и физике. – 2010. – 13. – С. 78–127.
27. Павлов Д.Г., Кокарев С.С. Алгебраическая единая теория пространства-времени и материи на плоскости двойной переменной // Гиперкомплексные числа в геометрии и физике. – 2010. – 14. – С. 11–37.
28. Павлов Д.Г., Кокарев С.С. Аналитические, дифференциально-геометрические и алгебраические свойства гладких функций поличисловой переменной // Гиперкомплексные числа в геометрии и физике. – 2011. – 16. – С. 4–53.
29. Павлов Д.Г., Кокарев С.С. Некоторые задачи математической физики в поличисловой теории поля // Гиперкомплексные числа в геометрии и физике. – 2012. – 18. – С. 200–255.
30. Кокарев С.С. Лекции по финслеровой геометрии и гиперкомплексным числам // Сб. трудов РНОЦ «Логос». – 2010. – Вып. 5. – С. 19–121.
31. Богословский Г.Ю. Финслерова геометрия и теория относительности // Сб. трудов РНОЦ «Логос». – 2009. – Вып. 4. – С. 169–177.
32. Balan V., Bogoslovskiy G.Yu., Kokarev S.S., Pavlov D.G., Siparov S.V., Voicu N. Geometrical Models of the Locally Anisotropic Space-Time, Journal of Modern Physics. – 2012. – 3. – P. 1314–1335.
33. Kisil V.V. Erlangen Programme at large: an overview. URL: <http://arxiv.org/pdf/1106.1686.pdf>
34. Яглом И.М. Принцип относительности Галилея и неевклидова геометрия. – М.: Наука, 1969.
35. Павлов Д.Г., Панчелюга М.С., Панчелюга В.А. Поисковые исследования пространственно-временных эффектов гиперболических полей. Предварительные результаты // ГЧГФ. – 2012. – (1)172, 9. – С. 162–175.
36. Кокарев С.С. Экстравариационный принцип в теории поля // Сб. трудов РНОЦ «Логос». – Вып. 6. – М., 2011. – С. 123–146.
37. Kokarev S.S. Are different geometries really that different? In Proc. of PIRT-2009. – Moscow, BSTU. URL: <http://arxiv.org/pdf/0906.2921.pdf>
38. Kokarev S.S. Complementarity of kinematics and geometry in General Relativity // Gravitation & Cosmology. – 2011. – 4 (68). – P. 292–307. URL: <http://arxiv.org/pdf/1011.4933.pdf>

39. *Владимиров Ю.С.* Системы отсчета в теории гравитации. – М.: Энергоиздат, 1982.
40. *Мах Э.* Познание и заблуждение. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2003.
41. *Гриб А.А.* Нарушение неравенств Белла и проблема измерения в квантовой теории // ОИЯИ. – Дубна, 1992.
42. *Кокарев С.С., Астахова А.* Р-структуры, Р-геометрия и перцептивное пространство наблюдателя // Сб. трудов РНОЦ «Логос». – 2006. – Вып. 1. – С. 73–106.
43. *Дюгем П.* Физическая теория: ее цель и строение. – М.: УРСС, 2011.
44. *Фейерабенд П.* Против метода. – М.: АСТ, Астрель, 2010.
45. *Нейсбит Р.* География мысли. – М.: Астрель, 2012.
46. *Крылов В.Ю.* Геометрическое представление данных в психологических исследованиях. – М.: Наука, 1990.
47. *Голдблатт Р.* Топосы. Категорный анализ логики. – М.: Мир, 1983.
48. *Guts A.K., Grinkevich E.B.* Toposes in General Theory of Relativity // arXiv:gr-qc/9610073
49. *Isham C.G.* Topos Methods in the Foundations of Physics. URL: <http://arxiv.org/pdf/1004.3564.pdf>
50. *Асадов В., Голодняк М., Кокарев С., Ольчак А., Синаров С., Соловьева А.* Дискуссия «О границах физики» // Сб. трудов РНОЦ «Логос». – Ярославль. – Вып. 4. – С. 317–410.
51. *Kokarev S.S.* Structural Instability of Friedmann-Robertson-Walker Cosmological Models, *Gen.Rel.Grav.* 41, pp.1777-1794 (2009) // (русская версия в сб. трудов РНОЦ Логос. – Ярославль. – 2009. – Вып. 4. – С. 197–223). URL: <http://arxiv.org/pdf/0810.5080.pdf>
52. *Кокарев С.С.* Введение в общую теорию относительности. – Ярославль: ЯрГУ, 2009.
53. *Уилл К.* Теория и эксперимент в гравитационной физике. – М.: Энергоатомиздат, 1985.

MODERN NATURAL PHILOSOPHY: PERSPECTIVES IN THE FOCUS OF UNITY

S.S. Kokarev

The article examines some characteristic general structural elements and trends of modern physical theories and their potential role in building a future physical “theory of everything.” Special attention is given to the principles of algebraization and geometrization and the status of the latter in the light of Poincaré’s geometrical conventionalism. One of the essentials discussed is the concept of meta-physics – the general mathematical “theory of physics theories,” within the framework of which the correspondence of different physics theories to one another and their relations with experiments and metaphysical principles. Also discussed is the status and place of the bounds of physics in the modern physical picture of the world.

Key words: alternative theories, generalized theories, physical principles, principle of geometrization, principle of algebraization, “theory of everything,” observer’s concept, perceptual space, cognitive polylinguism, Poincaré’s geometrical conventionalism, meta-physics.