
О МЕТОДОЛОГИИ СТРУННОЙ ПРОГРАММЫ

А.А. Элиович

Российский университет дружбы народов

Есть основания полагать, что мы живем в предреволюционную эпоху. По мнению ряда ведущих теоретиков, физика сегодня находится в кризисе. Стивен Вайнберг оценил последние 25 лет теоретической физики как самые бесплодные со времен Галилея. Фундамент современной физики расколот глубокой трещиной, и с каждым десятилетием нерешенность этой проблемы становится все более вызывающей. Речь идет о коренной математической, логической и идейной несовместимости двух основополагающих теорий: общей теории относительности и квантовой теории поля. На решение этой проблемы претендует в первую очередь программа суперструн и мембран – мейнстрим фундаментальной физики. Однако после трех десятилетий невиданных в истории физики усилий она так и не дала того, что обещала. Все чаще активные разработчики этой программы высказываются пессимистически относительно создания единой физической картины мира в обозримом будущем.

Очень похоже, что мы имеем дело не с временным затруднением, а с кризисом оснований физики, подобно тому, как в начале XX в. ученые столкнулись с кризисом оснований математики. Это утверждение, если оно верно (ниже мы выдвинем ряд аргументов в его пользу), подводит к важному выводу. История науки показывает, что в принципиальных, переломных ситуациях недостаточно поисковой теоретической и экспериментальной активности, это лишь надводная часть требуемых работ. Всякое существенное продвижение естествознания требовало глубоких и болезненных изменений – проверялась корректность поставленных в нем вопросов и используемого гносеологического инструментария, переосмысливались представления о допустимых в науке «правилах игры», понимание ее задач и границ. Все это – предмет методологии, которую часто и совершенно незаслуженно путают с философией или даже с методикой. По сравнению с абстрактной философией рассуждения здесь несопоставимо строже и конкретнее, по сравнению с собственно наукой – проводятся на метауровне, уровне рефлексии. Методология – это размышления о научном методе, наука обо всем том, что мы имеем в виду, когда говорим слово «наука».

О методологии вполне можно забыть в спокойные эпохи, но в переломные именно здесь происходят ключевые события. Ярчайшее и важнейшее в истории физики методологическое суждение – Ньютоновское «*hypothesis non fingo*». В галерее методологии – критика Маха, нащупавшая уязвимые места в классической механике; проведенный Эйнштейном анализ измери-

мости метрики пространства-времени посредством отсчетов и обменов сигналами, показавший, что абсолютная одновременность – своего рода пятый постулат ньютоновской механики; его же рассуждения, выявившие, что расширение теории относительности на ускоренные системы отсчета ведет к идее о геометрической природе гравитации; анализ процедуры измерения Бора и Гейзенберга, давший принципы дополнительности и неопределенности, после которых стали ясны те глубокие новации, которые внесла в физику квантовая механика; анализ Бором и Розенфельдом измеримости полей, открывший дорогу квантовой теории поля. Принципиальная дискуссия Бора с Эйнштейном, более поздняя критика Эйнштейном неполноты квантовой механики, значение которой покажет лишь время, также были методологическими по своей сути. Методология, в противовес обычному мнению, не ограничена сферой частных наук. Критическая философия Иммануила Канта произвела революцию в философии и человеческом мышлении в целом именно потому, что представляла собой развернутый методологический анализ возможностей и границ научного познания.

История физики показывает, что всякое существенное продвижение в естествознании требует поднятия размышлений на уровень методологии. В разительном контрасте с этим в настоящее время теоретическая методология находится в руинах, поскольку ее мейнстрим – линия Поппер–Кун–Лакатос–Фейерабенд, дав немало интересных и глубоких идей, зашла в тупик. Это неудивительно, поскольку позитивизм и постпозитивизм были попыткой создания работоспособной модели развития науки в рамках эмпирической традиции, что едва ли возможно.

Основная идея статьи состоит в том, что наблюдаемые ныне затруднения фундаментальной физики требуют существенных корректив не только в теории, но и в современных методологических представлениях, ибо в мало-осознаваемой, но значительной степени порождены ими.

Для обоснования этой идеи мы покажем, что пробуксовка программы суперструн-мембран существенно связана с узостью и ограниченностью ее методологии. Как следствие, можно ожидать, что затруднения скорее будут углубляться, чем будут сняты по мере нарастания математической мощи струнной программы (по крайней мере, пока не будут произведены существенные коррективы в ее идеологии и методологии).

Далее мы покажем, что проблема связана не с частными особенностями струнной программы, а с *тревожащей деформацией соотношения между современной физикой и математикой*; ее неочевидная причина – *рушение классического идеала научной истины и недостаточно осознанная неэффективность принятых вместо него косвенных критериев истины*.

В завершение мы попробуем определить действительное место струнной программы в истории физики, найти ее предшественников, сходных с нею прежде всего в методологическом плане, что позволит более свободно оценить настоящее и будущее фундаментальной физики.

Квантовая гравитация как принципиальная оппозиция. Прежде чем пытаться объективно оценить состояние и перспективы струнной (мембранной) программы, нужно увидеть всю сложность решаемой задачи – синтеза квантовой механики и теории гравитации. Ее источник – несколько взаимосвязанных причин:

1. При добавлении квантовых флуктуаций в теорию гравитации пространство-время должно «вспениваться», теряя гладкость и приобретая стохастичность. Как следствие, перестают работать методы дифференциальной геометрии, созданные для гладких многообразий.

2. Время носит совершенно разный характер в квантовой и релятивистской теориях. В квантовой механике время – особый параметр эволюции, резко отличный от пространственных координат; динамика задается посредством гамильтониана в качестве генератора унитарной временной эволюции. В теории относительности время – лишь одна из четырех координат. В ситуации квантовой гравитации пространство и время теряют свою фундаментальность, заменяясь неизвестной более общей концепцией, что усиливает этот конфликт. Как отмечал Дэвид Гросс, «у нас нет ни малейшей идеи, как формулировать физику, если время не фундаментально» [10].

3. В квантовой теории измерений ψ -функция, как стало ясно после дискуссии вокруг парадокса Эйнштейна–Подольского–Розена, живет фактически в абсолютном пространстве и времени Ньютона. Это не ведет к нарушению теории относительности, поскольку с помощью редукции волновой функции невозможно передать информацию. Бор показал, что данная методологическая несогласованность квантовой механики и теории относительности не создает никакого противоречия физического характера; иначе говоря, в квантово-релятивистской парадигме нет грубых дыр. Однако концептуальная проблема налицо и, как показывает история физики, именно в подобных плохо сшитых местах впоследствии взрываются бомбы. Белл, как известно, пытался решить проблему, предположив, что возмущения волновой функции, вызванные ее редукцией, распространяются со скоростью света. Эта идея выразилась в виде знаменитых неравенств Белла. Эксперимент, однако, показал, что идея Белла не выполняется и проблема по-прежнему не решена.

Просуммируем эти соображения, переведя рассуждения на метауровень методологии. По мнению автора, *источник трудности синтеза квантовой механики и теории гравитации состоит в том, что эти теории представляют две стороны фундаментальной оппозиции субъект–объект («зрители–сцена»)*. Это – ключевая оппозиция всей теории познания. Классическая физика ее игнорировала, поскольку субъект мыслился неким всевидящим и при этом незримым бестелесным духом, то есть никоим образом не входил в предмет физики. Квантовая механика покончила с подобным призрачным субъектом, включив гносеологическую оппозицию в тело теории. Субъект в квантовой механике уже активно вторгается в явления и процессы, но стоит

особняком от них, он пока еще выступает как надфизический фактор. Это выражается в двух моментах.

Первая, довольно тонкая сторона надфизичности субъекта в квантовой механике состоит в том, что детектор, будучи субъектом измерений, не может быть их объектом, то есть не может быть представлен в виде суперпозиции волновых функций частиц, из которых он состоит. Иначе он просто не сможет ничего детектировать. Точно так же не может быть продетектирован сам процесс детектирования. Данное положение, по мнению автора, перекликается с важнейшей идеей теории познания Иммануила Канта, согласно которой все может быть познано разумом – кроме источника самого разума. Познается все, кроме интимного процесса собственно познания и его источника; отрицание этого ограничения ведет к логическому кругу. (Не могут стать объектом познания и ряд других сходных вопросов, выходящих за пределы природы, – то есть области всякого возможного опыта. В этом и только в этом смысле, по Канту, человеческое познание принципиально неполно.) В настоящее время трудно судить, является ли неполнота квантовой механики в данном отношении недостатком или, напротив, ее скромность свидетельствует о достижении естествознанием методологической зрелости. Станет ли возможным в будущем включить в тело физики процесс детектирования и сам детектор полностью и непротиворечиво, или некий момент надфизического характера не может быть устранен – это вопрос вопросов, эквивалентный проблеме границ науки.

Второй, более грубый аспект надфизичности субъекта в квантовой механике связан с тем, что ее аппарат не знает никаких процессов, кроме эволюции волновой функции и ее редукции. При этом, строго говоря, источником всех событий в квантовой механике является лишь познающий субъект. По словам Паули, «Нечто реальное происходит только в том случае, когда производится наблюдение, и в связи с этим... энтропия необходимо возрастает. Между наблюдениями вообще ничего не происходит» (цит. по [6]). Попытки расширить понятие детектора, включив в него макросистемы со встроенной необратимостью (благодаря наличию неустойчивых состояний), пока что не расширяют сферу действия квантовой механики, а вносят в нее логический беспорядок. В современной квантовой теории только познающий субъект осуществляет акты редукции волновой функции, вне которых происходит лишь ее гладкая эволюция согласно уравнению Шредингера. Эволюция приводит к быстрому расплыванию волновой функции, из-за чего уравнение Шредингера теряет свою информационную ценность (предсказательную силу).

Надфизичность субъекта в обоих смыслах влечет за собой довольно странные и неприятные последствия при попытке рассмотрения квантовой космологии. Использование квантовой механики как инструмента описания Мира в его полноте с необходимостью вводит в контекст естествознания радикальный сверхфизический фактор. В самом деле, по первому аспекту де-

тектор не есть сумма квантовых частиц, а при учете второго аспекта он и не может быть создан никаким их соединением (что гораздо существеннее). Ведь согласно квантовой механике может происходить лишь эволюция волновой функции или ее редукция. И то и другое есть лишь некоторое преобразование волновой функции, а не создание детектора – довольно загадочной вещи в себе, в принципе не описываемой ψ -функцией. Возникает странная нестыковка, которую отмечали ряд авторов, ее можно назвать *проблемой первого наблюдателя*. Применение квантовой механики корректно только вместе с выводом, что наш мир есть лишь неопределенное облако интерферирующих возможностей, заданных эволюцией волновой функции. Реально же мы живем в мире, в котором происходят события и наличествуют наблюдатели. Синтез гравитации и квантовой теории должен включать в себя удовлетворительное решение этой проблемы.

Ее можно снять простым и очевидным образом, не требующим модификации релятивистской и квантовой теорий, – допустить, что как минимум один высший Субъект существовал предвечно и именно это снабдило наш мир событийностью. (В этом смысле Большой Взрыв предстает Большой Редукцией исходной волновой функции Мира.) Хотя такая картина выглядит весьма возвышенной, столь сильные философские выводы, решающие извечный спор идеализма и материализма, чрезвычайно подозрительны с точки зрения методологии. В общем-то, мы имеем лишь очередной вариант «бога из машины». Верховный субъект здесь нужен для сведения концов с концами, подобно Богу – источнику движения у Аристотеля и Богу – носителю ткани пространства и времени у Ньютона.

Популярная концепция множественных миров Эверетта (часто рассматриваемая как экстравагантное, но надежное средство от квантовых парадоксов), на взгляд автора, не вполне решает данную проблему. Ведь замена редукции ψ -функции на расщепление Вселенной, допущение возможности расщепления детектора не объясняет возникновение детектора из квантовых объектов и, следовательно, возможность измерения вообще (неважно, редукции или расщепления). К тому же способ решения проблемы посредством бесконечного размножения миров в методологическом плане выглядит дурным тоном.

На более конкретном уровне приведенные выше соображения, по мнению автора, означают, что *создание «теории Всего»*, должно *сопровождаться существенным продвижением в релятивистской квантовой теории измерений* (имеется в виду как частная, так и общая теории относительности). Подобный прогресс, как видно из вышеизложенного, требует существенной логической перестройки квантовой теории и теории относительности. Фактически это мягкая форма тезиса о назревающей революции. Поскольку перестройка теории измерений должна затронуть вопрос о создании (распаде) детектора из микрочастиц, то есть фактически вопрос о рождении (смерти) наблюдателя, это, по мнению автора, означает, что *революция в*

квантовой космологии неожиданным образом приведет к кардинальным изменениям в такой, казалось бы, далекой науке, как биология. Иначе говоря, революция будет иметь общенаучный, а не узкофизический характер.

Успехи калибровочных теорий, Великого объединения были достигнуты без исследования трудной проблемы релятивистской квантовой теории измерений (если не считать предшествующий квантовой теории поля анализ Бора и Розенфельда). Однако в квантовой гравитации подобный простой путь, по-видимому, не самый лучший. (Первым, кто осознал эту принципиальную трудность, был трагически погибший М.П. Бронштейн.) Данное обстоятельство – одна из нескольких причин, побуждающих думать, что пробуксовка струнной (мембранной) программы вызвана не только объективной трудностью задачи, но и избранным направлением поиска.

Струнная программа. Отметим прежде всего, что струнная (мембранная) программа вызывает весьма приятное первое впечатление. Главное ее достоинство – естественная связь с предшествующей физикой, которая вместе с мощными математическими методами объясняет ее статус авангарда и мейнстрима современной теоретической физики. По сути, меняется только модель фундаментальных объектов – вместо точечных частиц в качестве первоэлементов теперь берутся струны, колебания которых воспринимаются как базисные частицы. Эта идея, побуждающая вспомнить о Пифагоре, выглядит совершенно естественным средством от расхожимостей. Кроме того, используется довольно красивая идея суперсимметрии, которая выглядит также весьма логичным расширением алгебры Пуанкаре.

Никакие основополагающие принципы физики не отменяются и новые (если не считать суперсимметрию и расширение размерности пространства-времени) не вводятся; при этом получается на удивление много результатов. Теория суперструн полностью удовлетворяет принципу соответствия: она на больших расстояниях переходит в теорию Эйнштейна и является квантовой теорией, не содержащей бесконечностей (это выяснилось в 1984 г. во время т.н. первой суперструнной революции). То есть, как минимум, теория суперструн предлагает одно из решений проблемы квантовой гравитации. Очень важно, что она кроме гравитации порождает и большое количество структур, необходимых для построения калибровочных полей, кварков и лептонов. Удастся также подсчитать энтропию одного (правда, нереалистического) класса черных дыр и получить известную формулу Бекенштейна-Хоукинга. Напротив, альтернативные подходы к квантованию гравитации предлагали существенные изменения основных принципов физики, что приводило к серьезным проблемам (нарушение причинности, отрицательные энергии или вероятности и т. п.) [7].

Дальнейшая история примерно такова. Выяснилось, что может быть построено пять разных классов суперструнных теорий, приблизительно равных в плане своей физической пригодности. Во время второй суперструнной революции было обнаружено, что эффективная размерность пространства-

времени способна меняться в зависимости от энергии процесса и при высоких энергиях струны могут превращаться в объекты большей размерности – мембраны, что связывает струны разных типов между собой. Была выдвинута идея, что все пять классов струнных теорий являются низкоэнергетическими приближениями некоей фундаментальной М-теории («М» значит мембранная, материнская, мистическая или матричная).

Как развитие этой идеи в программу вошла идея динамического порождения пространства-времени. По словам Брайана Грина, «так как гравитация связана с формой пространства и времени, мы не должны ограничивать теорию, заставляя ее действовать в уже существующих рамках пространства-времени. Вместо этого... мы должны позволить теории струн *создавать* ее собственную пространственно-временную арену, начиная с конфигурации, в которой пространство и время отсутствуют» [8]. Отсюда возник интерес к мембранам произвольной размерности (бранам), включая браны нулевой размерности (нуль-браны). На больших расстояниях они ведут себя подобно точечным частицам, но на малых имеют особые свойства, изучение которых привело к включению в программу некоммутативной геометрии (координаты-числа в ней заменены некоммутирующими матрицами).

Предполагается, что история мира началась с некоей, возможно бесконечномерной, унитарной матрицы, эволюция которой породила сначала расширенное 11-мерное пространство-время, которое затем скомпактицировалось до известных нам $3 + 1$ измерений. Другой вариант – идея, что дополнительные размерности не обязательно должны быть закольцованы в структуры планковских размеров (многообразия Калаби-Яу). Некоторые из этих размерностей могут иметь большой масштаб или даже быть бесконечными и при этом никак не восприниматься, поскольку мы прикованы к бране – гиперповерхности, представляющей наше пространство-время.

Дополнительная красивая геометрическая идея – суперструнная дуальность. Выяснилось, что свойства струн в сверхмалых масштабах (меньше планковских) в ряде отношений аналогичны свойствам струн в больших [11]. Это создало новые возможности для удобных математических расчетов, а также вызвало ряд спекуляций философского характера.

Вторая суперструнная революция, предложив широкую программу далеко идущих математических исследований, вызвала большой энтузиазм (на его волне была написана замечательная книга Брайана Грина «Элегантная Вселенная» [8]). Со временем воодушевление поутихло. По-видимому, одна из причин этого – постепенное осознание, что по мере математического развития теории снижается ее концептуальная жесткость и, следовательно, предсказательная сила. Яркое проявление – проблема суперструнного ландшафта. Выяснилось, что существует как минимум 10^{500} разных метастабильных решений теории струн («вакуумов») с положительными космологическими константами [10]. Это так много, что нет никакого образного способа передать всю чудовищность этого числа. Все эти типы вакуумов случайным

образом сформировались после Большого взрыва, во время инфляционного раздувания мироздания. Наша Вселенная, тот мир, в котором мы живем, ничем с математической и физической точки зрения не выделяется среди немислимого количества прочих образовавшихся тогда вселенных.

Единственный ясный способ выделить ее среди тьмы других, понять, почему она имеет такие свойства, а не другие, – антропный принцип. Согласно этой идее, наша Вселенная принадлежит ничтожной части вселенных, свойства которых допускают возможность появления наблюдателей – разумных существ, способных задать вопрос о ее устройстве. Несмотря на вызванное рефлексивной формой изыщество, антропный принцип с методологической точки зрения выглядит палочкой-выручалочкой, способной спасти любую сколь угодно хромающую теорию; в этой связи можно согласиться с оценкой этой идеи Гроссом как «безвкусной и преждевременной». (Предлагался и альтернативный, эволюционный способ решения проблемы струнного ландшафта – попытка доказать, что вселенные со свойствами, близкими к нашей, более вероятны, чем прочие миры. Однако это скорее паллиативное средство, чем принципиальное решение вопроса.)

Чтобы как-то осмыслить странную картину хаоса миров, суперструнщики предлагают *топографическую* идею. Бессмысленно спрашивать, почему остров Мадагаскар имеет именно такую форму, почему на нем есть горы именно такой высоты и т. п. Было бесчисленное множество случайных факторов, которые привели к тому, что Мадагаскар стал таким, как мы его видим. Есть осмысленная теория – физическая география, но она описывает общие свойства рельефов любых островов. Мы не можем из ее основных принципов вывести свойства конкретного острова, лишь некоторые корреляции и закономерности. То же самое относится и к нашей Вселенной, которая возникла как один из немислимого множества вариантов, причем все эти варианты были реализованы. Спрашивать, почему наша Вселенная такая, а не другая, так же бессмысленно, как спрашивать, почему остров Мадагаскар имеет длину в столько-то километров.

Вполне возможно, что струнщики правы, и вопрос об устройстве мира действительно в значительной степени наивен. Однако складывается впечатление, что здесь изычным стилем формулируется полная методологическая капитуляция. Ведь примерно 2500 лет назад история физики началась как попытка ответить именно на этот вопрос, и только 20 лет назад вроде бы выяснилось, что он был изначально наивным. Трудно отделаться от ощущения, что мы имеем дело лишь с артефактом струнной программы. На это струнщики обычно возражают, что подобная критика есть не более чем попытка индуктивно продолжить старую программу и целеполагания, которые необходимо пересмотреть с учетом современных сведений. Такой поворот событий, конечно, нельзя исключить никакими абстрактными аргументами. Однако, прежде чем списывать основной вопрос естествознания об устройстве мира как наивный, хотелось бы убедиться, что это действительно так,

например, исчерпав перед этим попытки осмысленного ответа.

Кризис оснований. Посмотрим теперь на всю эту историю сверху, поднявшись на уровень методологии. Струнная теория удовлетворяет принципу соответствия, но она совершенно не отвечает другому методологическому положению – *принципу несоизмеримости парадигм*. Этот принцип дополнителен принципу соответствия, подправляя его. Да, математически принципиально новая теория обратно совместима со старой, переходит в нее при устремлении к нулю или бесконечности некоторого параметра. Но идейно новая теория совершенно несовместима со старой, ее принципы никак не являются простым обобщением принципов старой, более того, согласно известным словам Бора, в старом контексте они выглядят безумными.

Струнная программа открывает новые теоретические и математические возможности (в особенности идея динамического порождения пространства-времени), но в ней не видно глубокого инакомыслия, концептуальной ломки. Сильная идея, вокруг которой синтезируется новая парадигма, – это, в первую очередь, ограничивающая идея. Она не обобщает старый порядок, внося в него дополнительные степени свободы, – напротив, она разрушает его во имя порядка с большим пространством охвата, что не ослабляет, а усиливает жесткость конструкции. Этого в струнной программе нет. Как писал Грин в 1999 г., «в настоящее время теоретики находятся в положении Эйнштейна, утратившего принцип эквивалентности. С 1968 г. теория собиралась по кускам, открытие за открытием, революция за революцией. Однако, центральный организующий принцип, который охватывает все эти открытия, а также другие свойства теории в рамках одного универсального и систематического подхода, который делает существование каждого ингредиента абсолютно неизбежным, все еще не найден» [8]. Семь лет спустя Гросс повторит: «У нас есть всевозможные способы описания теории струн с использованием различных моделей, различного числа измерений, с учетом гравитации и без нее, с различными степенями свободы; а что у нас отсутствует, так это понимание фундаментальных принципов динамики и симметрии, лежащих в основе теории» [10].

С отсутствием «центрального организующего принципа» связана методологическая рыхлость, если не всеядность струнной программы. Один из ранних ее критиков Ричард Фейнман так выражал протест против ее методологии: «Мне не нравится, что они ничего не могут рассчитать. Мне не нравится, что они не ограничивают свои идеи. Мне не нравится, что для всего, что не согласуется с экспериментом, они выпекают объяснение, подправляя теорию...» [13]. Адепты струнной программы с некоторым изяществом представляют рыхлость ее методологии посредством образа готического собора. Проблема, однако, в том, что методологическая неопределенность, тем более всеядность какой-либо программы эквивалентна ее слепоте, поскольку отсутствуют четкие критерии поиска. В такой ситуации математическое выражение Теории Всего может быть найдено, но не распознано, поскольку правильный

ответ просто нечем распознать. (Не исключено, что правильные уравнения давно уже записаны в каком-нибудь забытом препринте.) Можно надеяться, что верный путь подскажет математика, расставив все по своим местам, – однако математика слишком аморфна по своей природе, чтобы сама по себе выполнить эту роль. Дополнительную жесткость, структурность в нее могут опять же внести сильные физические идеи, которых, собственно, и нет. В настоящий момент источник математических ограничений в программе, по-видимому, – лишь принцип соответствия (нужно получить на выходе сигнатуру $1-3$; не должно быть частиц со спином выше 2 и т. п.).

Характерная черта струнной программы – прогрессирующее усложнение математического аппарата – по-видимому, напрямую связана с дефицитом сильных идей. Однако решение всех проблем посредством необратимого увеличения математической мощи теории содержит в себе *опасность подмены цели*. Естествознание с момента его возникновения стремилось *понять многое через немногое*: объяснить всю необъятную крону явлений на основе небольшого числа глубоких идей. («Теория производит тем большее впечатление, чем проще ее предпосылки, чем разнообразнее предметы, которые она связывает, и чем шире область ее применения» – А. Эйнштейн [4].) Здесь же гносеологическое дерево переворачивается: небольшое пространство относящихся к проблематике теории опытных данных объясняется посредством все более сложных и потенциально многообразных математических структур. (Вместо раскидистого дерева получается компактный пень с мощной и непрерывно растущей системой корней.) Поскольку роль опыта при этом будет только падать, это означает неизбежное *растворение физики в математике*. Как ярко отмечено С.П. Новиковым, «новая топология, создаваемая физиками, – это замечательная вещь, но я достаточно изучил теоретическую физику, чтобы знать: это – не раздел физики; пусть в это верят те, кто ничего не изучал. Физика – это наука о явлениях природы, которые могут реально наблюдаться» [12].

Если развитие теории начато внешним поводом, но затем все более обусловлено внутренними потребностями, то это уже черта математики, а не физики. Поскольку мотивация развития теории начиная с некоторого момента содержится уже в ней самой, возникает программа со сдвигающимся финалом (который всегда где-то на горизонте). Это уже явно не физика, а математика, для которой характерно и целесообразно бесконечное зеркалирование. Напротив, главным методологическим принципом естествознания с момента его рождения и до утверждения струнной программы в качестве мейнстрима физики была бритва Оккама: *усложнение и обобщение инструментария теории оправдано, лишь если оно является минимально необходимым для достижения ее цели – познания заданного круга явлений*.

По мере развития струнной математики пуповина, связывающая ее с физической реальностью, становится все более тонкой. Казалось бы, ничто не мешает порвать ее полностью, объявить теорию струн-мембран успешно

родившейся математической дисциплиной. Однако здесь на развитие струнной программы начинают оказывать влияние факторы социального характера. Амбиции математики несоизмеримо скромнее претензий физики, да и финансируется она совершенно иначе. Тем не менее, при сохранении вектора струнной методологии, ее математический характер будет со временем неизбежно осознан. Восстановить связь струнной программы с реальностью может только появление неких жестких ограничений. Ими могут стать радикально новые эмпирические факты (вероятность чего падает по мере того, как теория становится все менее фальсифицируемой) или неожиданная глубокая идея с внематематическим, физическим содержанием.

Без подобной ключевой мысли, отсутствующей в нынешнем идейном арсенале струнной программы, едва ли будет решена проблема струнного ландшафта. Эта проблема не является случайным, легко устранимым дефектом, ее источник заключен в центральной идее программы – красивой идее динамического порождения пространства-времени. Ведь позволить теории создавать пространство-время, не выдвинув при этом некоторый сильный ограничивающий принцип, – это то же самое, что выпустить джинна из бутылки, а пробку вообще выбросить. Мы опять видим, что корень трудностей – дефицит сильных, радикально новых идей. Отметим довод в пользу динамической природы пространства-времени: в этом случае проблема Парменида, наконец, снимается, поскольку пространство не заполняется, а порождается. (Это новый, третий способ решения древней проблемы.) Но пока нет жесткого ограничительного принципа, основанного на глубокой яркой идее, проблема Парменида скорее разрубается подобно гордиеву узлу, чем решается.

Конечно, априори ничего нельзя исключить и, быть может, мир устроен именно так. Однако настораживает, что ситуацию унылого безжизненного струнного ландшафта трудно совместить с какой-либо религией. Это не теологический аргумент, как кажется на первый взгляд, а методологический. До сих пор наука и религия могли быть согласованы (ценой, правда, некоторого ограничения своих амбиций) как два дополнительных описания мира. Например, начальное событие могло описываться как Большой Взрыв и как сотворение мира; история жизни на Земле – как игра случайного естественного отбора и как творческая эволюция, вдохновленная божественной силой. Потеря этой дуальности за счет непомерного расширения территории науки скорее свидетельствует о внутреннем методологическом изъяне теории, чем о торжестве, наконец, научного мировоззрения. (Еще Кант предупреждал о некорректности и опасности введения в предмет науки таких понятий, как мир миров: формальная структура научной теории сохранится, но научный метод будет почти незаметно заменен спекуляциями.)

Во многом из-за воздействия струнной теории ригоризм середины XX в. («Шаг в сторону от общепринятой квантоворелятивистской парадигмы – побег») сменился крайней противоположностью – «Пусть расцветают все

цветы». Такая ситуация, органично вписывающаяся в эпоху постмодерна, – рай для теоретиков: каждому по собственному миру, без работы никто не останется. Однако для естественной науки почти абсолютное математическое могущество теории, едва сдерживаемое скудными данными опыта и принципом соответствия, – это не торжество, а почти полное фиаско. Теория, описывающая почти все что угодно, – это то же, что почти ничего. Итогом физики становится два универсальных ответа на почти любой вопрос: «Почему X имеет свойство Y?» – «Так исторически сложилось в начале времен». Или – «Если бы не это свойство, никто не смог бы задать вопрос о нем». Для завершения истории естествознания осталось только еще поработать несколько веков и снять слово «почти». Впрочем, интерес к подобной физике будет потерян гораздо раньше.

Подводя итоги, мы видим, что физика действительно подходит к кризису оснований, то есть кризису методологического, а не узкофизического характера. Ниже мы постараемся показать, что его источник – не струнная программа как таковая, а общий дисбаланс между резко возросшей математической мощностью теоретической физики и дефицитом сильных собственно физических идей на фоне объективной ограниченности возможностей опыта. Этот кризис, конечно, не мешает работать 99% физиков, как в свое время кризис оснований математики никак не мешал работать 99% математиков. Однако потеря направления, цели и смысла развития естественной науки куда хуже, чем потеря в начале XX в. универсального времени или причинности. Если перед этим небосвод физики омрачала вроде бы лишь пара облачков, то сейчас сгущается свинцовая пелена. К счастью, еще пока на далеком горизонте – ведь успехи Великого объединения несомненны и впечатляющие.

Парменид и замысел естествознания. В ситуации идейного поиска, уж не говоря о кризисе, стоит определиться, где мы находимся, посмотреть на физику в целом, с высоты птичьего полета как на некий проект. Это позволит увидеть общее направление эволюции методологии физики и определить место струнной программы в общей картине.

Естествознание как фундаментальный проект был начат не столько мыслью Фалеса, что в начале всего вода, хотя эта мысль дала начало важнейшему понятию субстанции, сколько идеей Парменида о невозможности существования небытия как очевидного логического противоречия. Собственно, именно с этой на первый взгляд чисто софистической идеи Парменида, которого Гегель назвал первым философом, началась история освобождения человеческой мысли от пут банальности и при этом ложности. Из тезиса Парменида, в частности, следовала невозможность пустоты как чистого небытия. Стало ясным, сколь нетривиально и загадочно то, к чему люди привыкли настолько, что не замечали, – пространство. А значит, столь же нетривиальны движение сквозь пространство (что подчеркнут апории Зенона) и взаимодействие удаленных друг от друга тел (что станет важным зна-

чительно позднее). Кроме того, из тезиса Парменида следовал и глубочайший парадокс невозможности (немыслимости) качественных изменений, значение которого для физики еще предстоит оценить. В рождении нового или уничтожении старого имманентно содержится противоречивая идея перехода бытия в небытие и обратно. Известная пословица «Ничто не ново под Луной» восходит именно к этой проблеме.

С точки зрения логики, мир вроде как должен пребывать в однородном и статичном состоянии, с точки зрения реальности, мы понимаем, что это совсем не так. Парадокс Парменида показал, насколько трудно применить мышление, логику, понимание к тому миру, который мы видим и который нам кажется довольно тривиальным. Как только мы смотрим на мир пристальным взглядом, мы понимаем, что он нетривиален и в некотором глубоком смысле парадоксален. Фактически первый же шаг на долгом пути понимания мира привел к логической и методологической катастрофе. Причина была именно в том, что Парменид стремился понять мир, а не приспособить мышление к реальности. Подобный нонконформизм лег в основу греческой науки и определил ее ценнейший вклад в историю человечества. Парадокс Парменида стал уникальным вызовом, создав поле напряжения естественной науки на тысячелетия вперед.

Платон решил проблему Парменида самым простым образом: мир вокруг нас есть лишь тень подлинного бытия, поэтому логические нестыковки при его описании позволительны. То, что мы видим, – это обманчивый мир явлений и мнений, мир в котором правда перемешана с ложью. Подлинный мир не доступен органам чувств, в него с некоторым усилием может проникнуть лишь разум. Удвоение мира проблему вроде бы решало. В самом деле, тезис Парменида относится к высшему миру, миру идей, которые и в самом деле неподвижны. Например, теорема Пифагора и вправду вечна и неподвижна: она была верна и во времена динозавров, она будет верна и когда умрет последний человек. Все, что мы видим и воспринимаем как движение, изменение, – лишь игра теней подлинных идей, некая полуправда. Эта идея сыграла колоссальную роль в истории человеческой мысли, культуры, с массой обертонов, вплоть до известного фильма «Матрица». Тем не менее это было все же не столько решение парадокса Парменида, сколько изящная капитуляция.

Другое простое решение парадокса Парменида дали атомисты. Согласно Демокриту небытие в некотором смысле существует и это пустота, в которой движутся сгустки бытия – атомы. После Галилея выяснилось, что в рамках этого решения весьма удобно строить естествознание (а также преподавать физику в школе). Однако бытие небытия есть очевидное логическое противоречие. И достойно пристального внимания, что конструктивная история физики начинается именно с того момента, когда закладывается противоречие.

Аристотеля также не устраивали ни абсурд Демокрита, ни капитуляция Платона, что он выразил в своем программном лозунге «Спасти явления». Крестный отец физики нашел единственное возможное тогда решение проблемы Парменида: пространство не может быть пустым, его наполняет тонкая субстанция – эфир. Логическая невозможность небытия снималась посредством невозможности физической. Эта идея естественным образом вела к геоцентризму; напротив, идея пустого пространства не вела никуда. Аристотель отмечал, что если бы пустота была возможна, то тела в ней двигались бы как атомы Демокрита – прямолинейно и равномерно. Ведь в однородном бескачественном пространстве у самого тела нет никакого повода изменить однажды начатое движение, а внешнее воздействие через пустоту передаться не может. Даже если бы атомы при случайном соударении сцепились, их конгломерат не стал бы тем миром с естественно вмонтированным в него отношением верх-низ, который нам всем привычен.

Продумывая физические следствия шарообразности Земли, Аристотель выдвинул ошеломляющую идею относительности верха и низа (что в Греции – верх, то в Африке – низ). Поскольку движение тяжелых предметов вниз и легких вверх не вынуждалось воздействием каких-либо других предметов, оно могло быть вызвано только самим устройством пространства (позднее эта мысль привела к созданию ОТО). Относительность верха и низа с необходимостью вела к идее сферической симметрии Вселенной, то есть к геоцентрической системе мира. Аристотель, как видно из его текстов, хорошо понимал, что в однородном пространстве не может быть никакого верха-низа. Следовательно, наличие этого отношения показывает неоднородность геометрии Вселенной, значит, в ней есть центр, в котором неизбежно должно скопиться все тяжелое и образовать Землю.

С другой стороны, Парменид доказал, что движение невозможно. Оно и невозможно, если природа предоставлена сама себе. Источник движения – Бог-перводвигатель (сам статичный), эфир же передает его всему мирозданию. Таким образом, введение Бога как надприродного (метафизического) фактора, стоящего над бытием и небытием, и эфира, как опосредующего звена между сверхфизическим и физическим и одновременно между бытием и небытием, решало не только проблему пустоты, но и проблему невозможности движения.

Аристотелевскую систему принято считать лишь занудным разворачиванием обыденного взгляда. Хороший шарж можно найти в романе Ярослава Гашека о Швейке. Слабоумный полковник фон Циллергут провозглашает во время банкета: «Когда кончился бензин, автомобиль вынужден был остановиться. Это я сам вчера видел. А после этого еще болтают об инерции, господа!» Однако источник идей Аристотеля – не столько здравый смысл, сколько стремление построить логически непротиворечивую и при этом полную картину мироздания. Такая картина с неизбежностью могла быть лишь геоцентрической, причем не только по историческим причинам. Кон-

цепция движения Нового времени весьма нетривиальна и, что важнее, содержит парадоксальную компоненту. Логически замкнутой же картины мира нет до сих пор.

На пути согласования логики, интуиции и явлений Аристотелю даже удалось относительно непринужденно объяснить петлеобразное движение планет. Правда, через несколько веков, когда возросла точность наблюдений, Гиппарху и Птолемею пришлось ввести десятки эпициклов и экванты, после чего гармония физики и астрономии нарушилась. Это воспринималось как досадная неприятность, свидетельствующая не об изъяне мировоззрения, а об ограниченности человеческого разума, его неспособности объять единым взором всю истину. В современной науке неувязок и произвольных параметров, подобных эпициклам, тоже немало и опять же принято считать, что «в науке нет истины, а есть лишь правдоподобные заблуждения» (Поппер).

Долгое время господствовало мнение, что Галилей и Бруно были совершенно правы, а развитию передового мировоззрения мешало общее невежество и реакционные инстинкты церковников. Конечно, аристотелевская физика держалась две тысячи лет не только из-за этого. Просто в первой (геоцентрической) научной картине мира все было столь красиво и стройно пригнано, что совершенно не хотелось все это отставлять в сторону. Лишь в астрономии портили вид «облачка» неясной природы. Напротив, гелиоцентрическая система мира до Ньютона, хотя и объясняла астрономические явления более естественно, в физическом плане была эклектична и кишела противоречиями.

Аристотель был гением компромисса, созданная им парадигма была логичной, естественной, заглаженной, насколько это было вообще возможно. И именно поэтому она так долго парализовала творческое мышление, которому трудно было за что-то зацепиться.

Естествознание как слалом. В противовес тому, что пишут в учебниках, у Галилея не было никакой сколь-нибудь последовательной физики, сопоставимой с аристотелевской, он располагал лишь противоречивым набором возражений и аргументов. Достаточно напомнить, что галилеева инерция была равномерным движением по кругу вокруг Солнца, Земли или прочих планет, поскольку именно при таком движении тела не ускоряются и не замедляются (если пренебречь трением). Такое сложное движение никак не вязалось с галилеевой идеей пустоты (самой насквозь противоречивой). Скорее полемические, чем физические, аргументы Галилея в своем роде были очень точны и остры, поскольку успешно и необратимо разрушали тысячелетние интуитивные стереотипы.

Галилей был эффективен, ему удалось сдвинуть физику с мертвой точки, радикально и необратимо расширить понимание природы. Однако удалось ему это сделать за счет откровенного методологического хулиганства. Он вернул в физику пустоту, хотя все твердо знали, что пустота – логиче-

ский нонсенс и ее быть не может. Более того, он с учениками проводил опыты, показывающие, что этот нонсенс реально присутствует. Галилей чередовал аргументы логического характера с аргументами грубого здравого смысла. Научный стиль Галилея, который довольно точно отобразил Ломоносов в своем «Случились вместе два астронома в пиру», – воинствующая эклектика в сочетании с явным пренебрежением к логике. Это было эффективно, и на самом деле довольно *странно*, что так можно в физике работать. Галилея язвительно и успешно били иезуиты за его противоречивость, однако проницательные люди понимали, что в физику приходит новое содержание, которое уже невозможно отрицать.

Декарт, ясно увидев всю противоречивость механики и методологии Галилея, совершил последнюю великую попытку создать логичную и прозрачную картину мира, призвав на помощь эфир и вихри в нем. Физика Декарта на какое-то время стала нормативной, но не благодаря своим достоинствам (которыми похвастать не могла), а благодаря убедительности стоящей за ней методологии.

Два великих методолога Нового времени – Декарт и Бэкон предложили строить естествознание с двух противоположных концов. Декарт предложил строить его основываясь на разуме и интуиции, а Бэкон – основываясь на опыте. Общеизвестна Бэконовская критика тех иллюзий, в которые впадает мышление, когда оно отрывается от опыта. Мы склонны к тому, чтобы некритически принимать мифы, заблуждения, подпадать под власть пресловутых идиологов. Единственная опора, позволяющая не потеряться в миражах, – это опыт.

С точки зрения Декарта, все наоборот, опыт случаен и изменчив, его еще надо уметь правильно понять; единственной твердой основой в познании может быть только сам разум. Согласно картезианской методологической программе познание есть прежде всего понимание. В познании мы всегда стремимся свести нечто неясное, смутное, темное к более ясному, отчетливому, очевидному. И в конце концов мы доходим до тех основоположений, с которых мы должны стартовать. Основоположения не могут отсылать мышление куда-то еще, они сами должны свидетельствовать в свою пользу своей ясностью, несомненной истинностью. То есть если мы действительно хотим понять, как все устроено, а не просто рабски следить за опытом и вычислять что-то с какой-то точностью, всегда очень ограниченной, нам следует менее очевидные вещи сводить к более очевидным, которые должны в конечном итоге основываться на самоочевидных вещах. Это и есть те основы, с которых мы должны начинать строить естествознание.

Картезианская методологическая программа была блестящим развитием методологии Аристотеля. Она предполагала гармонию между рассудком и интуицией. Любые явления должны быть поняты (а в перспективе – и вычислимы) на основе ясных физических процессов. У картезианской методологии был только один недостаток – в реальной физике она, увы, работала довольно плохо.

Метод Ньютона выглядел неубедительно на фоне картезианского. Он не мог предложить никакого понимания, свидетельствовавшего в свою пользу ясностью и самоочевидностью. Он абсолютно не представлял, как действует тяготение. Ньютон ввел в физику важнейшую величину – силу, физический смысл которой оставался совершенно темным, непрозрачным. Это не только резко противоречило картезианской методологии, но и вносило разлад между рассудком и интуицией. Физика, согласующаяся как с рассудком, так и интуицией, должна обеспечивать возможность не только рассчитать некоторое явление, но и проследить все стоящие за ним физические процессы, увидеть все агенты, которые в нем действуют. Например, вполне прозрачен процесс соударения тел или процесс передачи волн упругости в жидкости. Сила же в ньютоновской физике – вещь совершенно загадочная. Это некая стрелка с величиной и направлением, которой непонятно что соответствует. Мы вводим активную сущность, которая реально действует, но которую можно определить только по ее последствиям, которую невозможно положить под микроскоп, сделать объектом опыта или связать с какими-то свойствами объектов. Силы находятся в каком-то совершенно непонятном пространстве. Силы скорее накладываются на явления, чем вытекают из них. Очень похоже, что это некие ноумены, которые находятся у нас в уме, но в этом случае совершенно непонятно, почему они реально действуют. У Ньютона не было ответа на эти вопросы, и его, конечно, справедливо критиковали за введение в физику скрытых сущностей. Неслучайно после Ньютона предпринимались попытки (прежде всего Герцем) создать механику, не содержащую понятие силы.

Методологию Ньютона хорошо вскрывает открытие им пространства как физического фактора. Ньютон обнаружил, что пространство обладает активностью, оно порождает силу инерции, то есть пространство (больше некому, если мы не говорим о более поздней точке зрения Маха) заставляет нас различать инерциальные и неинерциальные системы отсчета. Отсюда он выводил необходимую для его построений концепцию абсолютного пространства и времени. Хотя пространство способно порождать силу и передавать тяготение, само оно всецело находится вне сферы опыта. Это, конечно, не физический фактор, а надфизический, и именно поэтому Ньютон определял его как сенсориум (чувствилище) Бога.

Чтобы выйти из неудобной ситуации, Ньютон как раз и совершает методологическую революцию – провозглашает знаменитое «*hypotheses non fingo*», «гипотез не измышляем». Он говорит следующее: если мы хотим строить физику, то мы должны провести четкую границу (которую до него никто не проводил) между физикой и спекулятивной философией. Мы не сможем построить физику, если не примем тот простой факт, что существуют вопросы, на которые в ее рамках нет ответов. Это, конечно, довольно неприятно. Ведь мы вроде бы строили физику, чтобы понимать мир, но успеха удалось достичь только ценой ограничения нашего стремления к понима-

нию. В действительности, мы сильно продвинулись в направлении понимания мира: комета Галлея приходит куда нужно, сложный, запутанный мир колоссального множества явлений предстает следствием всего нескольких законов. Однако понимание получается немного странным. Мы достигаем понимания лишь в том смысле, что многое удастся свести к немногому. Но то немногое, что мы положили в основание, мы не понимаем. Все, что можно сказать, – эта логически компактная и изящная конструкция работает и попытка достичь полного понимания, ответив на все требуемые вопросы, разрушит эту компактность.

Хотя Ньютон прикрывался ссылкой на своего соотечественника Бэкона, в реальности его методология – совсем не эмпирическая бэконовская. Конечно, из опыта вывести ньютоновские законы невозможно. Ньютон действительно создает новую методологию, опираясь на математические, логические соображения, прежде всего бритву Оккама, гораздо в большей степени, чем на данные наблюдений.

Мы видим, что Ньютон активно создает новые метафизические сущности, такие как сила, абсолютное пространство и время. Возникает естественный вопрос – а в чем разница с предшественниками? Они придумывали всевозможные фикции, но ведь и Ньютон сделал то же самое? Возникает впечатление, что Ньютон лукавил, говоря «*hypotheses non fingo*». Разницу впервые ясно понял Иммануил Кант, подчеркивавший, что нужно различать фикции или спекуляции, которые мы придумываем для удобства понимания, и те надфизические величины и понятия, которые необходимы для того, чтобы организовать сам опыт как часть осмысленного исследования. Хотя абсолютное пространство, как и силы, невозможно положить под микроскоп, сделать предметом наблюдения, они необходимы для того, чтобы построить пресловутую механическую картину мира для того, чтобы построить саму физику. Кант ввел понятие «трансцендентального», противопоставив его «трансцендентному». Трансцендентальные инструменты познания – это те инструменты, которые сами в опыте не содержатся, но являются необходимыми для того, чтобы организовать опыт как таковой. Это именно то, что Ньютон интуитивно делал: он вводил фикции не с потолка, это были как раз те (надфизические) инструменты, которые были минимально необходимы, чтобы построить физику.

Хотя последователи Ньютона его горячо возвеличивали, почти что обожествляли, его методологическая революция прошла практически незамеченной. Более того, пытаясь объяснить электромагнитные и тепловые явления с позиций эфирной концепции, физика фактически незаметно для себя повернула обратно к картезианской методологии. Как мы уже видели, эвристическая сила безэфирных концепций (атомизма Демокрита, галилеевой физики, ньютоновой механики) достигалась ценой странной комбинации очевидности и парадоксальности, связанной с нарушением максимы Парменида. Но переход от механики материальных точек к механике сплошных

сред и особенно развитие концепции близкодействия на основе возвращения эфира сближали ньютоновскую физику с картезианской методологией и, казалось, решали все проблемы, возвращая утраченное единство физики и метафизики. Именно это считалось физикой XIX в. главным направлением развития, вплоть до того момента, когда в начале XX в. два взрыва разрушили долго выстраиваемое методологическое основание естественной науки. Физика стремилась уйти от парадоксов, но пришла к радикальному их углублению.

Эфир в его классическом воплощении обеспечивал то, что принято в современной естественнонаучной парадигме презрительно третировать, – наглядность. Интуиция стремится опредметить все материальное (обладающее, например, энергией и импульсом). Напротив, хотя поле – вид материи, с ним, в отличие от эфира, нельзя связать систему отсчета. Получается движение без носителя, как бы звук без воздуха. Для интуиции активное и при этом принципиально не опредмечиваемое начало – это фантом, своего рода привидение: поймать невозможно, а на шалости способно.

Стремление к наглядности, очевидности может, как это сейчас принято, рассматриваться как бегство от непонятного, головокружительного, как изначально некорректная попытка вместить новое содержание в старые формы. Но с не меньшим основанием стремление к наглядности является отражением *императива единства интуиции и рассудка*, единства, потерянного в XX в. Для современной методологической парадигмы, по мнению автора, уместно предложить название *тертуллианской*. Один из основателей христианской Церкви Тертуллиан, вслед за апостолом Павлом, считал, что высшая божественная истина настолько превосходит человеческий разум, что не может быть понята им адекватно и воспринимается поэтому как безумие. Следовательно, нелепость – критерий высшей истины. Подобно этому, сегодня принято считать, что по мере развития естествознания человеческий разум начинает постигать вещи столь далекие от мира привычного человеческого опыта и при этом столь сложные и всеохватывающие, что человеческая интуиция перестает срабатывать. Она теряет способность опознавать истину, которая кажется все более безумной. Эта мысль хорошо выражена названием прекрасной книги Даниила Данина «Неизбежность странного мира» и каноническими словами Бора в адрес нелинейной спинорной теории Гейзенберга-Иваненко: «Эта теория, конечно, безумна. Весь вопрос в том, достаточно ли она безумна, чтобы быть верной». (В более развернутой формулировке Фейнмана: «Квантовая механика дает совершенно абсурдное с точки зрения здравого смысла описание Природы. И оно полностью соответствует эксперименту. Так что я надеюсь, что вы сможете принять Природу такой, как Она есть – абсурдной» [19].)

Тертуллианская методологическая парадигма прямо противоположна картезианской. Согласно последней фундаментальные положения науки (к которым сводятся в конечном итоге все теоретические суждения) могут

быть приняты только на основании их очевидной истинности – никаких других оснований для принятия самых первых истин просто нет (ведь вывести их не из чего). В идеале физика должна строиться по образцу евклидовой геометрии: любое сколь угодно сложное и малопонятное утверждение сводимо к самоочевидным постулатам. Тертуллианская парадигма, напротив, утверждает, что основоположения науки не могут не быть парадоксальными и именно в их парадоксальности источник их эвристической мощи.

Стоит отметить, что тертуллианская парадигма является прямым следствием из парадокса Парменида в его ином, методологическом выражении. Согласно ему нечто новое, если и возможно, то все равно никогда не сможет быть понято. В самом деле, понимание есть сведение чего-то нового, непрозрачного к чему-то ясному, что мы уже понимаем, то есть к чему-то старому. Но если это удалось, значит, мы имели дело не с подлинно новым. Подлинно новое никогда нельзя свести к старому, а следовательно, его никогда не удастся по-настоящему понять. Можно надеяться только привыкнуть.

Тертуллианская парадигма – очень сильная позиция, которая играет для современной квантово-релятивистской физики роль своего рода щита, защищающего ее от нападков, основанных на классических представлениях. Однако, как мы видели, некогда и Ньютон был вынужден прикрывать эмпирической методологией в духе Френсиса Бэкона парадоксальные положения своей теории, хотя бэконовские эмпирические максимы плохо соответствовали самому духу «Начал», да и никогда не давали впечатляющих результатов в фундаментальном естествознании. Завяжем узелок на память: именно там, где Ньютону приходилось защищаться (абсолютные пространство и время, дальное действие), как раз и была дыра, приведшая к релятивистской революции.

Обратим внимание, что тертуллианская парадигма является именно методологической, то есть метанаучной, а не собственно научной. Ни теория относительности, ни квантовая механика ее напрямую не содержат. Это способ осмысления двух научных революций XX в., а не их факт. Именно поэтому многие выдающиеся ученые XX в. имели право не принимать эту парадигму – вспомним того же Эйнштейна в дискуссии с Бором или шпильки Пригожина в адрес копенгагенской интерпретации квантовой механики.

Картезианская парадигма была утраченным раем разума именно потому, что воплощала его идеал – непосредственное усмотрение истины, единство знания и понимания, рассудка и интуиции. Напротив, тертуллианская парадигма предлагает разуму лишь бесконечное нисхождение в ад. Если истина принимается лишь в силу принуждения опытом и ее принципиально невозможно понять – не в силу сложности объяснения, а в силу невыразимости математических выражений на языке ясных идей, то успехи познания становятся не достижениями разума, а актами насилия над ним. Именно в силу этого узкого эмпирического видения прорывы в познании природы в XX в. парадоксальным образом привели к тому, что люди перестали верить в Истину и способность разума ее схватывать.

Подведем итоги нашего методологического обзора.

Во-первых, мы видим, что физика описывает несколько странные пируэты, ее история похожа на слалом, спрямить который едва ли возможно. Пружиной ее развития до сих пор является проблематика, поставленная Парменидом, – разрыв между логикой и реальностью. Чередуются полярные по своей методологии и при этом дополнительные идеи. С одной стороны, сильные, качественно новые идеи, совершающие прорыв в человеческом понимании мира. Однако прорыв этот не может пока еще достичь окончательной цели и поэтому всегда связан с тонким, неявным нарушением максимы Парменида. Новые теории, так или иначе, принимают на себя фундаментальное противоречие (небытие существует). Парадигмальный прорыв достигается ценой парадокса. Как следствие, начинается возвратное движение, заполняющее логический вакуум. Физика начинает учитывать то, что было потеряно предыдущей концепцией. Поле физики удастся расширять *ламинарно*, сглаживая противоречия за счет довольно естественных обобщений. Есть и неизбежная плата за эти успехи – нарастающая методологическая рыхлость концепции, сеющая семена нового катаклизма. Очень похоже, что в квантовой гравитации мы находимся именно на этом этапе.

Во-вторых, по мере развития физики мы движемся от довольно прямолинейного аристотелево-картезианского усмотрения истины посредством слаженно работающих рассудка и наглядной интуиции к более тонкому и одновременно рискованному опознаванию истины. Картезианский идеал, согласно которому разум может в результате конечных (пусть даже долгих) усилий напрямую увидеть истинность или ложность любого теоретического положения, даже в классической физике был успешен лишь в очень ограниченной мере. В современной физике он не работает совершенно. Под влиянием тертуллианской методологии мы привыкли, что в нашем распоряжении – лишь триада косвенных критериев истины: согласие с опытом, математическая непротиворечивость, принцип соответствия. Вплоть до последней четверти XX в. это ослабление критического фильтра науки не создавало существенных проблем, однако в новейшем развитии физики оно играет все более фатальную роль.

Демаркация физики и математики как основная проблема. Теперь мы можем увидеть всю остроту проблемы основания знания в новейшей физике. После крушения механической картины мира знание (истина) уже не может, увы, основываться на картезианской непосредственной очевидности. И одновременно ситуация с суперструнами ясно демонстрирует недостаточность того решения проблемы основания знания, которое стало общепринятым после двух революций – гипотетико-дедуктивной модели. Картезианское понимание истины недопустимо сильно, а современное, увы, – опасно слабо.

Пока физика изучала Вселенную, которая всегда перед нашими глазами, стандартная триада косвенных критериев истины (согласие с эмпирическими данными + математическая непротиворечивость + принцип соответствия)

была вполне работоспособна. В некоторый момент физика, следуя в фарватере развития собственного математического аппарата, вышла в рискованную область мира миров. Здесь стандартный критерий истины фатально недостаточен, что, однако, не было должным образом осознано. Резкое ослабление защитного фильтра создало разверстную дыру, через которую в физику проникают спекулятивные, математически мотивированные степени свободы, что незаметным образом подменяет дух древней науки. В новых условиях между данными опыта и теориями, их описывающими, возникает уже не изоморфизм, а резкий гомоморфизм: узкой площадке эмпирических данных может соответствовать неопределенно большое число теорий. Возникает *бесконечно углубляющийся конус теорий*, тот пень с уходящими в бесконечность корнями, который упоминался выше. Если раньше по имеющейся эмпирической тени можно было надежно восстановить платоновский прообраз, который ее отбрасывает, то теперь для этого нужно иметь данные по всему многообразию вселенных, что по понятным причинам невозможно. К примеру, весьма вероятное обнаружение в ближайшем будущем суперпартнеров (суперсимметрия представляется действительно хорошей идеей) будет, скорее всего, воспринято как подтверждение всей струнной программы, что некорректно в силу данной неоднозначности.

Чтобы увидеть подводное основание проблемы, опять вернемся к тому, с чего начиналось естествознание, в чем состоял замысел науки о природе. Согласно тому же принципу Парменида, бытие единственно (концепция многих бытий имманентно содержит противоречивое допущение о возможности бытия небытия), поэтому мир един, хотя до некоторой степени и многообразен. Единственность бытия кажется пустой софистикой, но это не так. Прямой «выход» – положение, что многообразие мира вторично к его единству (принцип единства природы, принцип материального единства мира). Переходя от философской к более определенной методологической форме: *физические принципы и математические конструкции, выражающие единство мира, первичны (фундаментальны) по отношению к идеям и конструкциям, выражающим многообразие*. Это и есть идущая от Парменида и Платона идея законов природы.

Сейчас, после двух научных революций, не принято говорить о законах природы, хороший тон – говорить лишь об уравнениях. Однако в этом случае происходит незаметная, но важная потеря. Ведь уравнения сами по себе не содержат важнейшей части нашего знания о природе – тех *идей*, которые лишь частично выражаются математическими символами. Главное, чего не содержат математические выражения (которые суть синтаксически корректные записи, образующие некоторую непротиворечивую формальную структуру), – основание своей естественнонаучной релевантности, а именно – некое совершенно непонятное свойство, которое мы называем словом «существовать» (быть, обладать бытием, иметь место в действительности, реально происходить и т. п.). Что такое существовать, невозможно понять и опреде-

лить, ведь мы «внутри» бытия и не можем посмотреть на него «снаружи». Остроту этой проблемы хорошо показывает простой пример. Мы многое знаем об Анне Карениной, ее характере, внешности, жизненных перипетиях. Однако есть маленькая проблема: Анны Карениной никогда не существовало. Напротив, о большинстве реальных женщин XIX в. мы не знаем ничего. Как отмечал еще Кант, критикуя онтологическое доказательство бытия Бога Ансельма Кентеберийского (если понятию не соответствует никакого реального объекта, оно несовершенно, Бог мыслится как совершенное понятие и потому не может не существовать), *нет такого описания признаков объекта, сколь полным оно ни было бы, чтобы по нему решить вопрос о том, существует ли его прообраз в реальности*. Строго говоря, единственный способ доказать существование чего-либо – чисто остенсивный (просто показать на него пальцем). Нет ничего менее определенного, чем бытие, однако именно это туманное понятие служит демаркационной линией между математикой и физикой. В самом деле, по словам того же Парменида, «истина одна, а вымысел многолик». Любой вымысел, если его можно формализовать, в принципе может стать частью предмета математики. (Это, конечно, не гарантирует, что он будет интересен реально работающим математикам.) В противоположность этому естествознание описывает не всякий возможный мир, а только один реально существующий мир (мысль Лейбница). Именно поэтому в *физике есть специфическая целостность, не поддающаяся никакому формальному определению, которой нет в математике*, и именно поэтому физика не есть раздел математики и не должна превращаться в него.

Пока математика, используемая в естествознании, оформляла закономерности этого мира (который всегда можно было определить остенсивно), на разницу между физическими законами и выражающими их математическими формулами можно было не обращать внимания. Принцип материального единства мира подобно английской королеве царствовал, но не правил: он торжественно провозглашался, но не привлекал ничьего внимания. Когда математика стала использоваться как сила, творящая миры, ситуация кардинально и быстро изменилась: впервые за 2,5 тыс. лет основополагающий принцип естествознания оказался под угрозой. Как понять, что этот мир существует, а этот – нет? Как установить, что эти математические свойства относятся к реально существующим мирам, а эти – уже нет? Что теперь служит критерием, отличающим истину от вымысла? Чем мощнее в математическом отношении становится фундаментальная физическая теория, чем с более общих позиций она описывает мироздание, тем все более многообразные миры входят в предмет физики и тем острее эта проблема. Ведь рамки опыта при этом никак не расширяются и в качестве критерия истины он срабатывает все хуже. По этим же причинам теряет свою ценность и принцип соответствия. Выдвигать же в качестве критерия истины какие-то математические соображения – все равно что по описанию героя романа пытаться ус-

становить, существовал ли он в реальности. (Грубые анахронизмы и иные нелепости и противоречия уловить можно, но не более того.)

Итак, в последние 15 лет впервые в истории возникла и становится все более острой *проблема демаркации фундаментального естествознания и математики*. (Любопытно, что важным методологическим вопросом квантовой и релятивистской революций была проблема демаркации физики и метафизики.) На онтологическом уровне она эквивалентна проблеме установления границы между бытием и небытием, то есть представляет собой новое лицо все той же проблемы Парменида. Глубокая неопределенность в этом основополагающем вопросе способна превратить усилия теоретиков в квантовой гравитации в некое подобие интенсивного брауновского движения. Причем эта деятельность (в основном математическая) без принципиального осмысления проблемы демаркации с большей вероятностью будет усложнять общую картину, чем подсказывать направление выхода.

Струнная программа и теория эфира. Теперь опустимся на уровень ниже и посмотрим, так ли уж уникальна программа струн в своей методологии, не было ли у нее предшественников? На взгляд автора, ответ положителен, причем ближайшим предшественником является не что иное, как эфирная теория. Кажется, что это полная противоположность эфиру. Если в теории эфира преобладает интуиция над рассудком, наглядные модели над математикой, то здесь наоборот. (Правда, зачаток теории струн впервые появился в работах лорда Кельвина при изучении вихревых тороидальных структур в эфире.) В XIX в. теоретики создавали эфемерные конструкции в готовом пространстве-времени, но не были готовы его самого сделать эфемерным. Несопоставим уровень сложности и абстрактности используемой математики и, наконец, масштаб вовлеченного научного сообщества. Однако при более внимательном взгляде у эфирной и суперструнной программ обнаруживается неожиданно много общего.

В XIX в. эфир играл роль ключевой синтезирующей онтологической конструкции, теперь на эту же роль претендуют математические конструкты программы струн-мембран. Теория струн является *ламинарным*, лобовым продолжением современной физики, как эфирная теория была ламинарным продолжением физики классической. Принципиальным, нелобовым продолжением классической физики стала теория Эйнштейна. Другая бросающаяся в глаза общая черта – идейная скудость. В теории эфира, в отличие от теории относительности Эйнштейна, не было никаких новых глубоких, сильных идей. Та же проблема повторяется в теории струн. Следующий момент – изощренность. Теории эфира были изощренными в плане модельных представлений, а затем и математических методов, поскольку здесь теоретикам приходилось с трудом сводить концы с концами. Модельной изощренности в теории струн нет, но математическая в избытке и неуклонно растет. Подобное, конечно, не случайно. Когда теория пытается ламинарно продолжать ветшающую парадигму, вливать новое вино в старые меха, это приво-

дит к искусственности и изошренности. Ранее это происходило в теории эфира, а теперь – в теории струн. Обе программы весьма слабо связаны с опытом и находили источник развития в решении собственных проблем. Наконец, и эфирная программа, и струнная обходят вниманием вопросы метауровня, связанные с методами и границами познания. Это связано как со слабостью их собственных методологий, так и с тем, что при ламинарном развитии обсуждение трудных принципиальных вопросов просто не нужно.

Итак, общие черты в струнной и эфирной программах связаны, по-видимому, с тем, что струны, как в свое время эфир, являются естественным продолжением, квинтэссенцией устаревающей парадигмы. Это объясняет идейную бедность обеих программ, сложность и разветвленность аппарата (у эфира – механических моделей, у струн – математических конструкций), невнимание к гносеологическим вопросам. Напомним, что в XIX в. тоже происходила пробуксовка эфирной программы и предлагалось множество эфирных теорий. Складывается впечатление, что струны (как в свое время эфир) в значительной степени отражают истину, но вместе с этим и в некоторой неочевидной, но существенной части промахиваются мимо нее.

Если представленная здесь точка зрения верна, можно прогнозировать, что рано или поздно будут выдвинуты сильные идеи, которые помогут физикам-теоретикам посмотреть на ситуацию с новой стороны, условно говоря, выйти из плоскости. Когда задача не решается в плоскости, в ней можно долго накручивать круг за кругом, но задача решится только когда мы переходим в объем. Может быть, это произойдет, и тогда многое из того, что сейчас есть в теории струн, просто исчезнет, потому что это было искусственно, возникло в рамках узко поставленной задачи. Но, спрашивается, все ли исчезнет? Скорее всего, нет. Можно вспомнить, что формула $E = mc^2$ была впервые выведена Пуанкаре, за год до Эйнштейна в рамках полуклассических соотношений. То есть эта формула в силу ясности и прозрачности стоящей за ней логики довольно неплохо выводилась еще в рамках эфирных соображений. Для переходных теорий довольно естественно сочетание старой идеологии и отдельных новых математических конструкций. Вполне возможно, ряд математических связей в теории струн найдены правильно. Едва ли теория струн является абсолютно ложной конструкцией, поскольку есть немало приводящих к ней поводов и тропинок. Можно ожидать, что многие математические конструкции после теории струн, так или иначе, получат новое наполнение, новую жизнь в рамках идейно совершенно другой концепции.

При экстраполяции того, что происходит сейчас, математическая мощь фундаментальной физики будет увеличиваться, а с нею – разнообразие миров, которые научатся описывать теоретики. Наш мир станет лишь частной случайностью, затерявшейся среди необъятного множества сколь угодно ис-

каженных миров. Вопрос, почему наш мир таков, как он есть, потеряет смысл и перестанет задаваться. Физика незаметно растворится в математике.

Никакие методологические соображения не могут, конечно, доказать, что этого не произойдет. Ведь тот эвристический идеал, который был путеводной звездой более двух тысячелетий, – всего лишь спорная теорема, каждый раз заново доказываемая озарениями и трудными переосмыслениями. В бедную на прорывы мысли постмодернистскую, почти фельетонную эпоху Истина вполне естественно представляется устаревшей пафосной иллюзией.

Будем все же надеяться, что благодаря новым радикальным идеям физика поднимется на высоту подлинного понимания мира и что новый синтез вернет утерянное единство двух начал научного мышления (как и человеческого мышления вообще) – рассудочного и интуитивного. Если рассудок, чрезмерно опекаемый интуицией, рискует впасть в плен наивных моделей, здравого смысла и даже предрассудков, то рассудок, чрезмерно удаляющийся от интуиции, рискует заблудиться в джунглях математических абстракций. Есть основания считать, что именно это и происходит сейчас с квантовой теорией гравитации – колоссальная интеллектуальная мощь, никак не скованная ограничениями интуиции, скорее творит миражи бесчисленного множества возможных миров, чем находит выход из пустыни. *Основная задача науки – объяснение многого через немного – может быть достигнута только если рассудок и интуиция взаимно ограничивают претензии друг друга.* Лишь на этом пути можно вернуть веру в Истину, продолжить начатое более двух тысяч лет назад восхождение и увидеть с иных высот красоту и величие идей, которыми была жива физика.

Автору приятно выразить свою признательность кандидату философских наук А.Ю. Грязнову, кандидату физико-математических наук В.Д. Захарову, доктору физико-математических наук Б.Н. Фролову за ценное обсуждение.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Эйнштейн А.* К электродинамике движущихся тел // Собр. научных трудов. – Т. I. – М.: Наука, 1965.
2. *Эйнштейн А., Инфельд Л.* Эволюция физики // Собр. научных трудов. – Т. IV. – М.: Наука, 1967.
3. *Эйнштейн А.* Физика и реальность // Собр. научных трудов. – Т. IV. – М.: Наука, 1967. – С. 204, 213.
4. *Эйнштейн А.* Автобиографические заметки // Собр. научных трудов. – Т. IV. – М.: Наука, 1967. – С. 270.
5. *Эйнштейн А.* Принципы теоретической физики // Физика и реальность. – М.: Наука, 1965.
6. *Пригожин И., Стенгерс И.* Время, хаос, квант. – М.: УРСС, 2000.
7. *Каку М.* Введение в теорию суперструн. – М.: Мир, 1999.
8. *Грин Б.* Элегантная Вселенная. – М.: УРСС, 2004.

9. Грин Б. Ткань космоса. – М.: УРСС, 2009.
10. Гросс Д. Грядущие революции в фундаментальной физике. URL: <http://www.elementy.ru>, 2006.
11. <http://www.superstrings.org>.
12. Новиков С.П. Вторая половина XX века и ее итог: кризис физико-математического сообщества в России и на Западе. – М., 2000.
13. Smolin L. The trouble with physics: the rise of string theory, the fall of a science, and what comes next. – Lnd: Penguin Book, 2007.
14. Кант И. Прологомены ко всякой метафизике, могущей возникнуть в качестве науки // Собр. соч.: В 8 т. – Т. 4. – М.: Чоро, 1994.
15. Вайцзеккер К.Ф. Физика и философия // Вопросы философии. – 1993. – № 1. – С. 115–125.
16. Поппер К.Р. Логика и рост научного знания. – М.: Прогресс, 1983.
17. Кун Т. Структура научных революций. – М.: Прогресс, 1975.
18. Элиович А.А. О возможности теоретического ниспровержения эфира // Вестник РУДН. Сер. «Физика». – 2005. – № 1 (13). – С. 92–102.
19. Фейнман Р. КЭД – странная теория света и вещества. – М. : Наука, 1988.