

---

---

## ТЕЗИСЫ О МЕТАФИЗИЧЕСКИХ НАЧАЛАХ НАТУРАЛЬНОЙ ФИЛОСОФИИ

С.В. Сипаров

*Санкт-Петербургский Государственный университет  
гражданской авиации*

Искушенный читатель, конечно, без труда распознает намек на кальку с английского названия фундаментального труда И. Ньютона «Mathematical principles of natural philosophy». И это – именно калька, а не перевод. Сам Ньютон писал на латыни, а слова заголовка его книги имеют как латинские, так и греческие корни. Так что в точном смысле слов «Philosophiae Naturalis Principia Mathematica», использованных им, нетрудно обнаружить «любовь к мудрости природы», а уж затем, хоть это всего лишь соответствует грамматике, – «математические начала». Использование похожего заголовка в этой небольшой заметке вызвано желанием обратить внимание на частный, проходящий характер некоторых *математических принципов* в современной физике и физике вообще и основополагающий характер – *любви к мудрости природы*. Именно последнее, будучи освобождено от «наносов» теоретических и экспериментальных исследований, составляет смысл жизни и деятельности ученого, в чем легко убедиться, прочитав биографию любого из тех, кто оставил след в естественных науках. Математические же принципы, строго говоря, физике, природе не принадлежат, хотя «непостижимая эффективность математики в естествознании» была отмечена давно [1, с. 1] и проявляла себя неоднократно. Обсуждению некоторых *метафизических* принципов, имеющих отношение к физике, а также причин упомянутой эффективности в ней математики и посвящена данная статья.

**Тезис 1.** Говоря о физике, о законах природы на «общеобразовательном» уровне, обычно имеют в виду утверждения, которые могут быть выражены в виде математических формул, с помощью которых можно предсказать, какое число покажет заранее оговоренный инструмент, если совершить несколько манипуляций некоторыми также заранее оговоренными «инструментами». Уже это довольно наивное представление содержит вполне метафизические (выходящие за пределы собственно природы, зависящие от наблюдателя и его мировоззрения) посылки. В частности, они таковы. Из всего многообразия явлений, о которых мы знаем, догадываемся или не знаем, выбираются некоторые, которые и сопоставляются между собой. Обоснование такого выбора обычно базируется на их «значимости» – понятии, которое трудно измерить, тем более при условии, что мы знаем не все. Связи между такими значимыми параметрами стремятся установить не только с

помощью непосредственных наблюдений, но и с помощью рассуждений, которые базируются на правилах логики и используют тот или иной математический аппарат. И если уж даже логик сейчас известно несколько, то что говорить о правомерности использования того или иного математического аппарата, каждый из которых базируется на постулатах, то есть на непроверяемых утверждениях общего характера, тем более не имеющих прямого отношения собственно к физике. Наконец, мы привычно используем некоторые «числа» для характеристики того или иного явления, того или иного параметра. Но уже Пифагор был потрясен, когда обнаружил, что обычных чисел, сводящихся к пересчету «на пальцах» и действию деления, недостаточно, чтобы предсказать результат измерения диагонали квадрата. Сегодня же мы? уверенно и не задумываясь, пользуемся и иррациональными, и комплексными числами, а специалистам известны и другие числоподобные объекты и правила действия с ними. Их нет в природе, но, может быть, природа есть в них? – можем думать мы вслед за Пифагором.

Эти последние обстоятельства, а также и вопрос о реальности математических структур, объектов, понятий естественно и неизменно привлекают к себе внимание как философов, так и математиков и физиков. Например, один из ведущих физиков-теоретиков современности Р. Пенроуз [2] настаивает на реальности математического мира, и, в частности, Платон вряд ли стал бы с ним спорить по существу.

Да и собственно, о чем спорить? Пусть математический мир реален не в меньшей степени, чем обычный окружающий мир. Однако доказать их тождественность или даже эквивалентность, изоморфизм – вряд ли удастся. Подтверждение предсказаний «математической модели» наблюдениями доказательством не является, а наблюдение, опровергающее предсказание модели, опровергает лишь принятую модель. Учтем еще также и то, что само понятие «доказательство» даже в математике в настоящее время утратило подразумеваемую строгость в связи с появлением многостраничных построений и использованием компьютерных расчетов для доказательства математических теорем.

Рассуждая о так называемых вычислимых и невычислимых теориях и их отношении к работе сознания человека, Пенроуз обобщает идеи и построения Геделя и Тьюринга и подчеркивает [2]: «Тьюринг показал, что такой оракул, действующий исключительно вычислительными методами, создать невозможно, однако там ничего не говорится, что оракул невозможно построить физически. Чтобы прийти к такому выводу, мы должны твердо знать, что физические законы являются по своей природе вычислительными – а мы этого не знаем». И далее: «Все это не означает, что искомые физические законы в принципе должны непременно оказаться более общими, нежели те, которыми описываются машины с оракулом любого вычислимого уровня (или хотя бы первого). Нам нужно лишь отыскать нечто, не являющееся эквивалентом *любой* конкретной машины с оракулом (включая сюда и

машины с оракулом *нулевого* уровня, то есть собственно машины Тьюринга). Возможно, эти физические законы опишут нечто, просто-напросто *иное*. И мы вновь возвращаемся к вопросу об изоморфизме, сформулированному в предыдущем абзаце.

**Тезис 2.** Представим наши знания об окружающем мире в виде облака точек в многомерном пространстве, каждая из которых соответствует наблюдению. Такое распределение точек не будет однородным и изотропным по естественным причинам. Число измерений этого пространства (параметров) также будет зависеть от уровня знаний в данный исторический момент. Спроектировав облако на некоторую поверхность меньшего числа измерений, в частности на «плоскость», можно для его описания подобрать несколько аппроксимирующих функций (одного выбранного переменного). По причине неоднородности и неизотропности проекции облака эти функции могут быть не только близкими по характеру поведения, но и существенно отличными друг от друга в зависимости от того, какой участок распределения они приближают. Малое отклонение точек от аппроксимирующей функции в области большой их плотности можно считать погрешностью наблюдений, большое отклонение, особенно в случае малой плотности точек в этой области в целом, – промахами или недостаточно достоверными знаниями. Успешный поиск и нанесение точек-наблюдений в области, где их раньше не было, но функция прошла, будет соответствовать «непостижимой эффективности математики». Однако обольщаться на этот счет неразумно: такая эффективность – апостериорна, и число построений, которые сопровождаются наблюдениями, не приводящими к успеху, всегда будет больше тех, которые проявили себя. И в силу отсутствия естественных ограничений на размер области и на число измерений мы никогда не можем быть уверены, что достигнута «последняя истина». Успешное построение зачастую является результатом неформализуемого интуитивного прозрения, и можно доказать [2], что иначе и быть не может. При этом знаменитая теорема Геделя является лишь частным случаем.

**Тезис 3.** С точки зрения реальности математического мира (познаваемого с помощью разума) и его связи с физическим миром (для познания которого необходимы также и органы чувств и инструменты), любопытно взглянуть на такие фундаментальные обстоятельства, как возможность существования вечного двигателя, теорема Нётер о симметриях, корпускулярно-волновой дуализм и пр.

В частности, можно, как Ломоносов, просто утверждать, что ничего не исчезает и не появляется, а можно дать формальные определения таким понятиям, как сила, работа и энергия, и обнаружить постоянство полной энергии как следствие формальных математических построений. В используемых терминах энергия *никогда* не возникнет из ничего просто в связи с используемыми определениями и введенными соотношениями между ними, эти же термины успешно дополняют здравый смысл человека, способст-

вующий выживанию, однако являются ли они законами природы, строго говоря, неизвестно. В первом случае – здравый смысл и своеобразная индукция (и то и другое допускает сомнения), во втором случае – какие определения, такие и следствия. Однако и тут и там мы находимся за пределами собственно физики и сталкиваемся с препятствием в виде вопроса о существовании *позитивного знания*, подчеркнутого Махом.

Тем не менее *такая* метафизическая посылка оказывается весьма конструктивной. В частности, законы сохранения, приложенные к теории частиц, позволяют интерпретировать случаи их (законов) нарушения как появление новых частиц с определенными свойствами (классический пример – нейтрино), то есть развивать теорию, допускающую экспериментальную проверку при соответствующей интерпретации. Теорема Нётер о соответствии симметрий (групповых операций) законам сохранения носит тот же характер – используемый (алгебраический) формализм подразумевает выполнение некоторых свойств, которым можно придать физический смысл и проверить измерением. В какой-то момент формальные или произвольные – математические или философские – представления становятся столь тесно связанными с физическими, что сплошь и рядом одно используется вместо другого, равноправно с другим. О квантовой механике известно изречение «Если вы и вправду верите в квантовую механику, значит, всерьез вы ее не принимаете». И это прекрасно коррелирует с Фейнмановским «Понять – значит привыкнуть и научиться использовать». То есть на какое-то другое «понимание» того, что успешно работает, можно в определенном смысле махнуть рукой, закрыть глаза. Этот плавный переход от формальных, языковых, семантических структур к структурам физическим, воспринимаемым с помощью органов чувств, измеряемым происходит в настоящее время так незаметно, ненавязчиво, привычно, что, о чем идет речь в каждом конкретном случае, становится трудно понять. Мы видим и измеряем то, что выдумываем в связи с ним. Любое утверждение, не противоречащее используемому формализму, становится «физическим». Но возможно ли в принципе отделение «физики» от «метафизики»? Например, в монографии Р. Пименова [3] формулируется следующая фундаментальная проблема: считать ли «одновременность» понятием каузальной структуры, или считать ее понятием структуры лагранжиана?

**Тезис 4.** Предыдущие тезисы означают следующее. Даже признавая реальность математического мира (не говоря уже о простой возможности использования порождаемых сознанием структур для моделирования), невозможно доказать, что имеет место изоморфизм между явлениями в реальном и математическом мирах. Продолжая рассмотрение, мы можем усилить это утверждение, заметив, что невозможно судить и о степени близости модели и реального явления в абсолютном смысле (то есть не имея в виду предпочтение одной модели другой). Более того, оказывается, что отдельное существование и восприятие *реального мира* и его *модели*, построенной в созна-

нии, вряд ли возможно, они исходно взаимосвязаны, поскольку абсолютный язык наблюдений отсутствует. Таким образом, рассуждая об адекватности (применимости, истинности) теории, мы всегда обсуждаем некоторое «пересечение множеств»: с одной стороны, это реальный мир и отражающее его сознание, а с другой стороны, это его модель, построенная сознанием с учетом имеющихся знаний о мире математическом – порознь реальный мир и его модель «не наблюдаемы». И это – одна из причин эффективности математики в физике. Осознание этого обстоятельства предоставляет интересную возможность: манипулируя той частью «пересечения», которая доступна для таких манипуляций, то есть эффективной математической теорией явлений, мы можем целенаправленно пытаться подобрать такую теорию, непроверенная часть предсказаний которой соответствовала бы *желательным* свойствам мира. Тогда шансы на обнаружение этих свойств при экспериментальном поиске существенно возрастают.

Иногда роль сознания, порождающего законы для модели и проецирующего их на окружающий мир, осознается ясно, как, например, в квантовой механике, когда наблюдатель не может считаться пассивным: он, его сознание, его способ наблюдения, который, как заметил Дж. Уилер [4], является «выбором вопроса» на основе принятой модели, принимают равноправное участие в создании реальности. Однако можно и формально показать [5], что не только квантовая механика или теория относительности имеют конвенциональный характер, но также и классическая механика. В работе [6] был предложен алгоритм создания такой теории, описывающей физический мир с наперед заданными проверяемыми свойствами, базирующейся на (пока еще) метафизической идее о наличии у мира случайностных свойств. Смысл такого постулата тот же, что имеется в виду, когда говорят, например, об однородности пространства-времени. Теперь Вселенная предполагается «мерцающей» и привычные понятия – пространство и время – имеют подчеркнуто искусственный характер. («Мерцающая» Вселенная – не такая уж странная идея, если учесть обстоятельства, связанные с различием восприятия пространства и времени сознанием наблюдателя, – мы никогда не говорим о течении пространства, но течение времени является довольно привычным интуитивным образом. А основополагающее в физических теориях понятие причинности начинает расплываться, когда промежутки времени между событиями уменьшаются и достигают квантовых масштабов.) В таком мире активная роль наблюдателя выдвигается на передний план. Из хаоса сенсорных сигналов выбирается произвольная картина, а затем она делается наблюдаемой для другого наблюдателя путем выбора экспериментов и использования непротиворечивого языка. При этом отсутствие парадоксов в структуре такого мира есть результат взаимодействия сознаний с помощью логически непротиворечивого (с их точки зрения) языка. Здесь то, что у Платона было первичным, становится вторичным, «идея» *строится* на основе индивидуальных «мнений», являющихся проявлением свободной во-

ли субъекта, и предлагается алгоритм для построения формальной процедуры, объединяющей эти мнения в непротиворечивое целое. Основным законом такой мерцающей Вселенной является та самая изменчивость, о которой Дж. Уилер писал в [7].

**Тезис 5.** К другой группе метафизических посылок принадлежат целенаправленные попытки начать построение теории с конструкций, предшествующих появлению таких основополагающих интуитивных понятий, как пространство и время. Эта группа проявляется, например, в так называемом реляционном подходе [8], где такая цель заявляется непосредственно. Другой попыткой подобного рода является подход Л. Кауфмана [9]. В этой работе строится абстрактная алгебра Ли, в которой сначала вводится некоторая новая операция – дискретное дифференцирование, что немедленно приводит к расширению класса используемых функций. Затем выполняется переход к коммутаторам и введение операторов сдвига – элементов алгебры, сопряженных к исходным элементам, что связано со стремлением обеспечить выполнение правила Лейбница. Работая в «математическом мире», мы можем наложить определенные ограничения на коммутационные свойства переменных (и соответствующих им операторов сдвига) и получить алгебраические структуры, в которых легко угадываются уравнения теоретической физики, например, канонические уравнения Гамильтона. Далее в тех же терминах может быть формально введен оператор кривизны, определяющий для двух данных элементов и степень «некоммутативности» соответствующих им операторов сдвига по отношению к «некоммутативности» самих элементов. Далее можно построить коммутатор, который может быть довольно естественно соотнесен с метрическим тензором, и с его помощью построена связность Леви-Чивиты. Она возникает в [9] исключительно из исчисления коммутаторов и тождества Якоби и не имеет никакой изначальной связи с геометрией. Схожим формальным образом получают соотношения, совпадающие по виду с уравнениями диффузии, Шредингера, Максвелла и др. [10]. Таким образом, структура некоторых основополагающих уравнений теоретической физики, в частности уравнений Гамильтона, не связана ни с предварительным выбором геометрии, используемой при моделировании пространства-времени, ни даже с ним самим.

**Тезис 6.** Пожалуй, метафизический оттенок имеют и следующие – более технические соображения, одно из которых относится к возможности использования одной из самых привычных и распространенных математических структур (дифференциальных уравнений), а другое – касается обстоятельств, связанных с измерениями в физике.

Так, в работе [11] Р. Пименов указывает, что использование дифференциальных уравнений в физике было с самого начала сопряжено с идеей существования устойчивых законов природы, пользуясь знанием которых можно было бы однозначно (детерминировано) предсказывать будущее. Но впоследствии оказалось, что не дифференцируемые и даже нигде не диффе-

ренцируемые кривые, о которых математики знали со второй половины XIX в., могут описывать и функции, которые встречаются в природе [12]. А все примеры, которые приводятся в философских статьях, учебниках или словарях для иллюстрации *непрерывности*, на самом деле суть примеры *гладкости*. И фактически для оправдания как возможности использования дифференциальных уравнений, так и парадигмы детерминированности использовался неявный постулат о выделенном характере гладких движений. Вывод, сделанный в [11], таков: поскольку недифференцируемые структуры важны в феноменологическом описании физической реальности, а общая теория относительности (и базирующаяся на ней космология) совместима только с хорошо дифференцируемыми структурами, надлежит построить такой аналог общей теории относительности, который был бы свободен от гипотезы дифференцируемости, то есть от использования дифференциальных уравнений. Довольно естественно при этом требовать соблюдения принципа перманентности: классическая ОТО должна не отбрасываться, но входить в новую теорию как частный случай. Получается, что при использовании в рассмотрении непрерывных, но не гладких структур парадигма дифференциальных уравнений теряет силу, тем не менее, парадигма интегральных уравнений остается неизменной.

В [13] был исследован вопрос о проведении «невозмущающих» измерений. Оказалось, что, измеряя произведение координаты частицы с массой, скажем, в одну Планковскую единицу массы на ее импульс, мы всегда будем получать специфическую погрешность (неопределенность), обусловленную волей наблюдателя, выбирающего очередность выполняемых измерений. При этом если приборы, которыми он располагает, не воздействуют на эту частицу и имеют погрешность в определении координаты в одну Планковскую единицу длины и погрешность в определении времени в одну Планковскую единицу времени, то величина этой специфической погрешности будет пропорциональна постоянной Планка. Конечно, частицу с массой, равной одной Планковской единице массы, нельзя считать микрочастицей, да и точность измерений длины и времени превосходит все известные достижения. Тем не менее результат представляется любопытным, поскольку иллюстрирует вероятностный характер измерений (не только в квантовой механике) с неожиданной стороны. Роль наблюдателя, о которой велось столько споров основателями квантовой механики и их последователями, представлена явным образом.

Подводя некоторые предварительные итоги, можно отметить следующее. Совокупность приведенных выше соображений может обескураживать. Действительно: изоморфизма между явлениями в реальном и математическом мирах нет; судить о степени близости модели и реального явления в абсолютном смысле невозможно; явления в реальном мире и в его математической модели не существуют порознь; возможны и уже имеются теории, базирующиеся на доинтуитивных формальных понятиях, выбор которых в

известной мере произволен; основной математический аппарат, применяемый в физике, может оказаться принципиально недостаточным; в измерениях присутствует не исключаемая погрешность, обусловленная свободной волей наблюдателя... Таким образом, стремление к поиску истины в науке, столетиями бывшее опорой и оправданием деятельности ученых, лишается привычного смысла, а принципиальные споры о выборе парадигмы имеют все шансы превратиться в борьбу интересов и предпочтений.

Все это надо признать и осознать. Теоретическая физика, возникшая в начале XX в. (конечно, нельзя не упомянуть Ньютона и Максвелла, но не будем касаться здесь классического периода) как симбиоз физики и математики, должна осознать самое себя. Блестящие и так далеко идущие идеи Эйнштейна, Бора, Шредингера, Гейзенберга возникали не из капризов их остроумных авторов, не из желания что-то улучшить и углубить, не из стремления немедленно постичь суть вещей по собственному произволу, имеющему в основе гордыню или даже веру, они были ответами на вызовы, предъявленные научным познанием, в первую очередь – экспериментальным, а также логическими шагами, вытекающими из этих ответов. И именно поэтому они допускали развитие, не задерживались на мелочах и частностях, их «безумие» было мощным, цельным, захватывающим и – оправданным, а на вопросы «почему так?» они имели ответы в виде объяснений и проверяемых предсказаний. Все это делало их теории своеобразными живыми объектами, эволюционирующими и участвующими в борьбе за существование, обладающими красотой, внятной тем, кто знакомился с ними ближе. Это все и приводило к возникновению любви к мудрости природы.

Рассматривая возможные взаимоотношения трех миров – реального физического мира, его отражения в сознании наблюдателя, формируемого ощущениями (и измерениями), и математического мира, – можно выстраивать их по-разному (см., например, [2]), и эта *онтологическая* проблема всегда интересовала и интересует философов (а в физике иногда проявляет себя как очередная вспышка интереса к антропному принципу). Однако задача естественной науки – в первую очередь *гносеологическая*, познавательная. Мы не имеем априорного знания об истинном устройстве мира, поэтому продвижение в его познании напоминает естественный отбор: та «мутация» сохраняется, которая доставляет «организму» преимущества при выживании, лишает его недостатков или предоставляет новые возможности. Да, объект познания устроен сложно, «нелинейно» и с «самодействием» – именно поэтому в основе любого продвижения лежат идеи метафизические. Следует ли продвигаться исключительно методом проб и ошибок, полагаться только на интуицию в надежде на случайный успех или следует уделять внимание целенаправленной модификации теории, удаляя имеющиеся недостатки и точно так же открывая по дороге непредвиденные новые возможности столь же непредвиденным образом? Представляется, что для науки в целом ответ очевиден, хотя отдельные ее представители могут действо-

вать сообразно со своими склонностями [14]. В случае, когда к естественному процессу подключается сознание, можно вспомнить слова известного психолога С.Л. Рубинштейна о том, что «невозможно усовершенствоваться, занимаясь самоусовершенствованием, но можно усовершенствоваться, усовершенствуя в себе что-либо».

Поэтому, рассматривая метафизические *предпосылки*, которые могли бы служить опорой при дальнейшем развитии теории (той самой натуральной философии), следовало бы озаботиться не стремлением предьявить суть, последнюю фундаментальную истину, никак не связанную с человеческим опытом, чуждую интуиции или здравому смыслу, а идею, которая могла бы вдохнуть жизнь в дальнейшие построения. Безусловно, доинтуитивные представления или абстрактные математические конструкции вполне могут присутствовать в теории, но *начинать* с них неверно. Как известно из истории науки, такой «утопический» способ действий не раз создавал иллюзию понимания мироустройства на основе восхищения красотой абстрактных объектов, но все радикальные продвижения происходили именно на фоне отказа от очередной иллюзии. «Мутация», которая должна вот-вот произойти в теоретической физике (и в мировоззрении) – ее время подошло, – должна быть не вычурной, а жизнеутверждающей, сметающей сомнения и фальшивые идеи.

Последующие тезисы содержат материал, более подробно изложенный в книге [15], где он используется для построения основ некоторой новой теории (так называемой анизотропной геометродинамики, АГД). Причина ее построения – противоречия, возникшие между предсказаниями классической ОТО и наблюдениями на космологических масштабах, выполненными в последние десятилетия. Существующие попытки их устранения сводятся к введению в теорию поправок на предполагаемое существование понятий и объектов, общий вклад которых в массу (энергию) Вселенной составляет 96%. В то же время на долю известных и наблюдаемых различными способами понятий и объектов, для описания которых, собственно, и была построена ОТО, остается лишь 4%. Эта ситуация указывает на возможные недостатки в фундаменте существующей теории, проявляющиеся на космологических масштабах, то есть на необходимость модификации ее метафизических основ. В рамках АГД такая модификация позволяет устранить некоторые противоречия на основе новой интерпретации известных наблюдений, а также скорректировать известную космологическую картину.

**Тезис 7.** Рассмотрим некоторые метафизические принципы, фундаментальные для современной физики. Первый из них – это, конечно, принцип относительности. Галилей сформулировал его в 1632 г., то есть задолго до появления уравнений динамики Ньютона. В нем не шла речь об уравнениях, но утверждалось, что «для предметов, захваченных равномерным движением, это последнее как бы не существует и проявляет свое действие только на вещах, не принимающих в нем участия», иными словами, все законы меха-

ники должны оставаться неизменными вне зависимости от того, движется тело равномерно и прямолинейно или покоится. Для Галилея это требование носило философский, рациональный характер (сейчас мы иногда называем это физическим смыслом, а в этой статье – метафизическим принципом) и основывалось на интуитивных представлениях о пространстве и времени. Любопытно отметить, что оно содержало в себе идею абсолютного наблюдателя (Бога), поскольку подразумевалось, что наблюдатель *в состоянии судить* не только о той системе, которую он наблюдает в движении или покое, но также и о собственном состоянии движения, при этом никакой дополнительной системы отсчета не привлекается. И это обстоятельство проникло и в современные теории, которые, хотя как бы и предполагают, что абсолютного наблюдателя, абсолютной системы отсчета не существует, но при этом свободно рассуждают о кривизне и других свойствах *пустого* пространства-времени и других объектах математического мира в непосредственном применении к миру физическому.

При переходе от механики к электродинамике Эйнштейн обобщил принцип относительности на все наблюдаемые феномены с учетом конечности и постоянства скорости света. Это привело к построению сначала СТО, а затем и ОТО. Их основой стали преобразования Лоренца и так называемая Лоренц-инвариантность, нарушениям которой придаются специфические смысл и значение. Но в свете предыдущего абзаца кажется более естественным попытаться обобщить преобразования Лоренца таким образом, чтобы исключить абсолютные понятия, в первую очередь именно знание о состоянии движения наблюдателя, и основываться только на его возможностях наблюдений, которые можно выполнить непосредственно (см., напр., [16]). Можно убедиться [15], что в этом случае наряду с фундаментальным параметром, имеющим размерность скорости, потребуется ввести также и фундаментальный параметр, имеющий размерность длины. В этом случае уже именно обычная Лоренц-инвариантность приобретет исключительный характер и будет соответствовать некоторому частному случаю.

Можно сказать, что следовало бы начинать построение теории не с рассмотрения равномерного прямолинейного движения, не обобщать затем СТО на случай ускоренных движений (и гравитации), приходя таким образом к ОТО, но действовать наоборот. А именно, сначала построить общую теорию, а затем рассмотреть ее частный случай и условия его реализации. Конечно, во времена Эйнштейна такой подход был бы преждевременным и неоправданным, но теперь для этой идеи есть основания. Таким образом, принцип относительности, возможно, нуждается в переосмыслении.

**Тезис 8.** В свете сказанного выше, можно прийти к выводу, что более общим утверждением, чем принцип относительности, является принцип эквивалентности. Действительно, смысл принципа эквивалентности состоит в том, что не существует возможности экспериментально различить локальные явления в неинерциальной системе отсчета и в гравитационном поле.

Но как различить инерциальные и неинерциальные системы отсчета, выполняя измерения на галактическом масштабе? Что будет означать сама локальность в этом случае? Каким будет критерий инерциальности системы отсчета? Очевидно, что в последнем случае это не равномерное прямолинейное движение, поскольку в соответствии со смыслом ОТО, его невозможно обнаружить непосредственным измерением (и можно лишь предполагать при математических рассуждениях). Движение, в том числе движение света, происходит по геодезическим, и для наблюдателя, движущегося по геодезической, его собственное движение будет инерциальным. Но форма геодезической определяется присутствием и интенсивностью источников гравитации, искривляющих пространство-время.

Таким образом, принцип эквивалентности доминирует, и если он принимается, то принцип относительности в классическом виде будет соответствовать частному случаю отсутствия источников или, точнее говоря, приближенной ситуации вдали от них, где инерциальное движение мало отличается от равномерного прямолинейного. Но насколько вдали? Есть ли характерное значение удаления, за пределами которого следует требовать от теории обычной Лоренц-инвариантности? И что же тогда требовать от теории внутри области с соответствующим радиусом? И мы возвращаемся к предыдущему тезису о необходимости обобщения преобразований Лоренца (и соответственно, преобразований Пуанкаре). Математический инструментарий уже имеется, и группой преобразований, которую можно использовать в обсуждаемой ситуации, является группа Де Ситтера, дающая группу Пуанкаре при сжатии (контракции). Она же является и наиболее общей кинематикой [17]. Теперь *эту* математическую конструкцию следует прилагать к описанию физического мира, если продолжать интерпретацию наблюдений в духе теории относительности, хотя следовать ее классической «букве» не обязательно.

Но это не все. Силы инерции могут непосредственно зависеть от вектора скорости частицы (например, сила Кориолиса). Но неинерциальные системы отсчета заставляют вспомнить о не исключаемой гравитации. И никакие разговоры про получающуюся впоследствии зависимость гравитационного потенциала от скорости хоть в уравнениях классической ОТО, хоть в таких подходах, как гравитoeлектромагнетизм, не объясняют, почему гравитационная сила, неотличимая от силы инерции в силу принципа эквивалентности, не считается зависящей от скорости изначально. Эта дополнительная часть *метафизического* принципа (эквивалентности) практически не подвергается проверке, хотя сам он, начиная с опытов Этвеша и до наших дней, проверяется со все большей точностью. Между тем такая зависимость, учтенная с самого начала, существенно изменила бы многие представления о базовых моделях используемой теории. Гравитационный потенциал должен стать анизотропным, что означает не глобальную анизотропию Вселенной, а учет движения источников. Тогда метрический тензор – тоже будет анизо-

тропным, и тогда геометрии Римана (и пространства Римана) оказывается недостаточно для моделирования физической реальности, уравнение геодезической становится другим и т. д. При этом классическая ОТО сохранит все свои достижения и результаты, когда зависимостью от скоростей источников гравитации можно пренебречь. И как раз на галактических масштабах этого, вероятно, сделать нельзя – так же как в сплошной среде, наблюдаемую динамику которой определяют не только межмолекулярные взаимодействия, но и конвекция, и вихри.

Возвращаясь к вопросу о локальности, мы видим, что в случае сил инерции, например, во вращающейся системе отсчета, было бы необходимо отдельно оговаривать переход к бесконечному расстоянию от оси вращения (указывать на неприменимость рассуждений *там*), что лишает теорию самосогласованности. Однако при использовании расширенного принципа эквивалентности при построении формализма АГД никаких отдельных оговорок не потребовалось. При этом играет роль существование новой фундаментальной константы с размерностью длины. На первый взгляд использование анизотропного пространства для моделирования физической реальности приводит к существенному усложнению теории. Однако такая ситуация уже встречалась в 1908 г., когда Минковский предложил использовать 4-мерное пространство с неевклидовой метрикой для моделирования *пространства-времени*. Это предложение было также встречено с недоверием, а Пуанкаре, рассматривавший такую возможность четырем годами ранее, отменил ее как неоправданное усложнение. Однако за предложением Минковского стояли результаты Эйнштейна по интерпретации опыта Майкельсона–Морли, позволившие обойтись без ненаблюдаемого эфира. В настоящее время предложение использовать анизотропное пространство позволяет обойтись без использования понятия темной материи при интерпретации наблюдений на галактическом масштабе.

Таким образом, метафизические послышки модифицированной теории представляют собой:

- использование принципа эквивалентности во всей полноте;
- использование 8-мерного анизотропного пространства, наделенного обобщенной геометрией Лагранжа для моделирования фазового пространства-времени (оно аналогично привычному 6-мерному фазовому пространству общей физики);
- утверждение, что единственным источником кривизны является распределение движущихся масс;
- понимание принципа относительности как следствия принципа эквивалентности, то есть инерциальным является движение вдоль геодезических (если влиянием источников гравитации можно пренебречь, то принцип относительности принимает известный смысл Галилея–Эйнштейна);
- необходимость существования и учета фундаментальной длины как одного из основных параметров теории;
- использование соответствующей группы преобразований координат.

**Тезис 9.** Наконец, еще одним замечательным метафизическим принципом является принцип наименьшего действия или вариационный принцип. Не останавливаясь на обсуждении причин его определяющей роли при построении фундаментальной научной теории, что, вообще говоря, также представляет интерес, обратим внимание лишь на обстоятельства, обсуждаемые в этой статье. А именно – на соотношение математического аспекта этого принципа с его физическим аспектом при его использовании для описания явлений различных масштабов, в частности, космологических. В последнем случае обычный вариационный принцип также необходимо модифицировать.

Вариационная задача, используемая для приложений в физике, то есть для получения уравнений движения (уравнений Эйлера–Лагранжа), представляет собой задачу с фиксированными концами, для которой ищется функция, доставляющая экстремум функционалу (действия). «Фиксированные концы» в физических приложениях означают, что сначала готовится система в состоянии с заданными параметрами, затем она эволюционирует, и наконец, измеряются те же параметры в конечном состоянии. И вопрос ставится о характере эволюции, позволяющей перейти из начального состояния в конечное. Применимость решения математической задачи к решению физических проблем может быть проверена в лабораторной практике, и можно убедиться в эффективности этого подхода.

Однако в космологии ситуация принципиально иная. У нас нет возможности приготовить систему в исходном состоянии, мы можем только измерить некоторые параметры в конечном состоянии. Более того, вопрос о начальном состоянии является одной из составляющих проблемы, то есть фактически должна решаться обратная задача в условиях, когда решение прямой – неизвестно. Какое решение прямой задачи выбрать для решения обратной? И решение *какой* задачи – физической или математической – для этого следует использовать? Вплоть до момента, когда после появления основополагающей работы Эйнштейна [18] прошло более десяти лет, наблюдения заставляли думать, что Вселенная стационарна (то есть начальное и конечное состояния одинаковы), решение Фридмана было (неохотно) сочтено Эйнштейном верным лишь формально, математически. Красное смещение излучения галактик (существование которых было только что признано), обнаруженное Хабблом, было проинтерпретировано им самим в первую очередь в духе стационарной модели (де Ситтера) и лишь во вторую очередь допускало влияние эффекта Доплера. Однако внимание было привлечено именно к красивому (и психологически более приемлемому) результату, связанному с расширением Вселенной, и как следствие – к теологически поддержанной идее Большого Взрыва. Это событие, которое является в полной мере метафизическим, явилось новым решением обратной задачи о начальных условиях в космологической проблеме. На основе этой гипотезы Гамов предсказал существование реликтового излучения, и оно было обна-

ружено.

Однако не стоит забывать о происхождении этого результата. Если в вариационной задаче фиксирована только конечная точка, то для решения прямой задачи, то есть для отыскания функции, доставляющей экстремум функционалу действия, требуется *сначала* наложить некоторые дополнительные условия. Поэтому, строго говоря, то обстоятельство, что уравнения гравитационного поля были все-таки получены (Гильбертом) с помощью вариационного принципа (для задачи с фиксированными концами!), не делает их обоснование для космологии или даже для задач галактических масштабов столь же веским, как для планетной системы, которая может быть изучена наравне с другими физическими системами. Возможно, именно это имел в виду В.А. Фок [19], когда предупреждал о проблемах, стоящих на пути приложения ОТО к космологии. Трудно предположить, что от них надо отказаться, но то, что они могут быть модифицированы, вполне вероятно.

Указанный произвол, не осознанный при постановке задачи, мог привести к результатам столь же произвольным, а целенаправленный поиск последних в наблюдениях – получить подкрепление при соответствующей интерпретации. Собственно, таковой является и самая обычная практика в фундаментальных задачах, например, упоминавшиеся выше предсказания новых частиц на основании законов сохранения. Исследуя *метафизические* основы «натуральной философии» в космологических задачах, необходимо иметь в виду также и обстоятельства, связанные с вариационным принципом.

**Заключение.** Любовь к мудрости природы состоит в том, что «человек познающий» должен признать, что последняя истина, абсолютное знание – недостижимы. Противоположная точка зрения явилась бы утопией, своеобразным естественнонаучным аналогом некоторых общественных утопий, и предположение о ее достижимости в случае реализации поставило бы крест на самом существовании науки, превратило бы ее в чисто инженерную деятельность. Именно надежда на отсутствие «последней истины» придает смысл научным исследованиям. Мы расширяем свои знания о мире, строим свои догадки насчет его устройства, проверяем их, но никогда не можем быть уверены в том, что идем единственно верной дорогой. Способность исследовать (или создавать) – математический – мир, основанный на тех или иных избранных нами постулатах, должна стать не единственной опорой (гордыни), но возможностью исследовать также и объект, имеющий собственные внутренние законы, в том числе и для того, чтобы сопоставить его с другим объектом, также имеющим собственные внутренние законы. Изучая природу, мы можем только продвигаться, находить те или иные возможные пути, двигаться по ним, возвращаться, начинать сначала и не переставать удивляться и восхищаться тем, как все устроено в этой нашей Вселенной. Думать, что в математических конструкциях мы найдем *ее* суть и опору – самонадеянно. Последние три тезиса представляют собой пример очередных возможных шагов на пути познания окружающего мира. Они позволяют

расширить наши представления о нем, обойтись без некоторых искусственных понятий и конструкций, но не претендуют на установление конечной истины. Новые наблюдения приведут к новым метафизическим посылкам и к новой модификации теории. Если считать, как уже предлагалось выше, что естественнонаучная теория до некоторой степени подобна природе, например, обладает свойствами живого – рождается и умирает, продолжает себя в «потомстве», участвует в «обмене с окружающей средой» и в «борьбе за существование», то замечание о красоте как о признаке «истинности» теории может быть прокомментировано следующими строчками:

Красота живого брэнна,  
Только мертвое нетленно...

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Wigner E.P.* The unreasonable effectiveness of mathematics // *Commun. Pure Appl. Math.* 3. – 1960.
2. *Пенроуз Р.* Тени разума. – М.: Институт компьютерных исследований, 2005.
3. *Пименов Р.И.* Анизотропное финслерово обобщение теории относительности как структуры порядка. – Сыктывкар, 1987.
4. *Wheeler J.A.* World as a system self-synthesized by quantum networking // *IBM J. Res. Develop.* 32, – 1988. – № 1.
5. *Siparov S.* Conventional Character of Physical Theories // *Proc. Conf. PIRT-94, Suppl. Papers.* – Lnd, 1994. – P. 80
6. *Siparov S.* The Physical World as a Function of the Observer's Consciousness // *SSTh* 5. – 1997. – P. 193.
7. *Уилер Дж. А.* Квант и Вселенная // *Астрофизика, кванты и теория относительности.* – М.: Мир, 1982.
8. *Владимиров Ю.С.* Метафизика. – М.: БИНОМ, Лаборатория базовых знаний, 2009.
9. *Kauffman L.* The Non-Commutative Worlds // *arXiv: quant-ph/0403012.* – V. 3.
10. *Сипаров С.В.* Канонические уравнения Гамильтона и метрика Бервальда-Моора. *ГЧГФ* 4. – 2005. – С. 51.
11. *Пименов Р.И.* Дифференциальные уравнения – насколько они оправданы. URL: [http://www.chronos.msu.ru/RREPORTS/pimenov\\_diffury/pimenov\\_diffury.htm](http://www.chronos.msu.ru/RREPORTS/pimenov_diffury/pimenov_diffury.htm)
12. *Mandelbrot B.B.* The Fractal Geometry of Nature. W.H. Freeman. – 1983.
13. *Сипаров С.В.* О формализме физических теорий // *Proc. Conf. PIRT-05.* – М., 2005. – С. 63
14. *Сипаров С.В.* Этика естественнонаучного познания // *РНОЦ «Логос»* 6. – Ярославль, 2011. – С. 201.
15. *Siparov S.* Introduction to the Anisotropic Geometroynamics. – World Scientific, New Jersey – London – Singapore, 2011.
16. *Kerner E.H.* *Proc. Natl. // Acad. Sci. USA* 73, 1418. – 1976.
17. *Vacry H., Levy-Leblond J.-M.* Possible Kinematics // *J. Math. Phys.* – 1968. – № 9. – P. 1605.
18. *Einstein A.* // *Ann. d. Phys.* – 1916. – № 49. – P. 769.
19. *Фок В.А.* // *ЖЭТФ.* – 1939. – № 9 (4). – С. 375.