

Метафизические постулаты современной физики, от которых следует отказаться¹.

Терехович В.Э.²

Санкт-Петербургский государственный университет

Аннотация. В статье рассмотрены семь метафизических постулатов, лежащих в основаниях современной физики. Это постулаты: о природе пространства-времени, о существовании, о направленности времени, о причинности, об элементарном событии, о природе информации и о неизменности законов. Кратко излагаются направления критического анализа и возможного радикального пересмотра указанных постулатов. Предполагается, что это может косвенно способствовать работе над теорией, обобщающей квантовые явления, гравитацию и эволюцию Вселенной.

Одна из фундаментальных задач современной физики – построение теории, описывающей и квантовые явления, и гравитацию, и эволюции Вселенной. Многие физики до сих пор уверены, что это должна быть обобщенная теория поля, для которой уравнения классической релятивистской и квантовой теорий поля стали бы лишь предельными случаями.

Однако, как показывает история физики³, созданию почти каждой новой фундаментальной теории предшествовал радикальный пересмотр тех или иных метафизических принципов, касающихся природы пространства, времени, сил, дальнего действия, субстанций, причинности, роли наблюдателя и т.д. Можно предположить, что и на этот раз следует ожидать чего-то подобного. Возможно, что для стимулирования работы над обобщающей теорией следует подвергнуть более решительной критике метафизические постулаты, лежащие в основании современной теоретико-полевой парадигмы. Каждый из таких постулатов, в свое время сыграл позитивную роль в отказе от метафизических оснований предыдущих теорий. Но очень скоро новые постулаты сами стали своего рода парадигмальным тормозом. Причина кроется во вполне понятном стремлении обобщать онтологию каждой успешной физической теории на метафизические основания всей природы. Часто делается это без должной критики в рамках общепринятой эпистемологической концепции научного реализма.

Метафизический постулат, которым следует пожертвовать в первую очередь, это концепция *гладкого 4-мерного пространства-времени как внешнего заданного фона*, имеющего субстанциональную природу. Г. Минковский применил эту метафизическую идею к объяснению СТО, А. Эйнштейн перенес на ОТО, тем самым включив ее в основание геометрической парадигмы физики. В квантовой теории поля рассматривается поле принципиально другой природы – поле амплитуд

¹ Опубликовано в журнале *Метафизика*. 2018. №1(27). СС. 78-84. <http://lib.rudn.ru/35>.

² E-mail: v.terekhovich@gmail.com

³ Эйнштейн А. Инфельд Л. Эволюция физики. М., 2001.

вероятностей. Но и оно описывается в категориях заранее заданного субстанционального фона пространства и времени. Таким образом, постулат о субстанциональности пространства-времени лежит в основе всей современной теоретико-полевой парадигмы.

В последние десятилетия возникли два обстоятельства, которые позволяют надеяться на то, что понятие «поля» со временем потеряет онтологическое содержание и останется лишь операциональным инструментом построения частных моделей, каким в свое время стало понятие «силы». Первое обстоятельство связано с большим числом новых квантовых экспериментов, результаты которых: (а) не согласуются с требованием локальности, не только в пространстве, но и во времени⁴; (б) не согласуются с постулатом о жесткой направленности причинно-следственных связей⁵. Второе обстоятельство связано с современными космологическими наблюдениями и теориями, подробно изучающими сингулярности пространства-времени и механизмы деформации его ткани.

Можно ожидать, что в хорошей обобщающей теории само пространство-время (возможно, разные пространства и времена) и его свойства должно возникать как следствие каких-то более фундаментальных процессов, например, эволюции сетей связей (графов) или отношений неких первичных элементов. В этом направлении развиваются теории петлевой квантовой гравитации и реляционная теория пространства-времени Ю.С. Владимирова.

Второй метафизический постулат, от которого следует отказаться, предполагает однозначный ответ на *вопрос о существовании*. Считается, что объект (событие) может или существовать (происходить) или нет. При этом часто уточняют «существовать реально» («происходить реально»), не поясняя, какой добавочный смысл несет слово «реально». Такая двоичная логика, заранее заложенная в вопросах, не позволяет дать адекватного описания физических явлений.

Более перспективным представляется переход на использование двухуровневой модели физического существования в потенциальном и актуальном модусах. Тогда в актуальном модусе существуют отдельные актуальные объекты и происходят отдельные актуальные события; в потенциальном модусе сосуществуют множество возможных состояний и происходит сразу множество возможных событий, несовместимых в актуальном модусе. Вопрос о том, какой из двух модусов фундаментальный, а какой вторичный, требует отдельного изучения. С одной стороны, актуальные состояния и события всегда основаны на множестве потенциальных состояниях и событиях, с другой стороны, каждое новое актуальное состояние и событие может порождать множество новых состояний и событий, но уже в потенциальном модусе. Можно сказать, что каждому модусу соответствует своя сфера реальности, они существуют как бы «параллельно», непрерывно переходя друг в друга.

⁴ Ma X., Kofler J., Zeilinger A. Delayed-choice gedanken experiments and their realizations // *Reviews of Modern Physics*. 2016. Vol. 88 (1). P. 015005.

⁵ Brukner Č. Quantum causality // *Nature Physics*. 2014. Vol. 10 (4). P. 259-263.

Язык модели двухмодусного существования имеет давнюю философскую традицию и хорошо разработан в рамках модальной онтологии и модальной логики. С другой стороны, пара понятий «потенциальное-актуальное» широко используется в физике. Достаточно упомянуть вариационные принципы в различных разделах физики и ряд интерпретаций квантовой механики. Придание легитимности физическому существованию в потенциальном модусе позволило бы достигнуть нескольких целей.

Во-первых, признание особого модуса существования квантовых состояний снимет онтологическую неопределенность вокруг квантовых парадоксов, возникших из-за попыток примирить свойства квантовых систем со свойствами классических явлений. Если на макроскопическом уровне с определенной степенью приближения можно обойтись описанием в терминах актуального существования, то на квантовом уровне уже трудно игнорировать процесс перехода из потенциального модуса в актуальный. Смысл комплексной фазы амплитуды вероятности можно было бы объяснить через ее отношение к потенциальному модусу существования, а смысл математической операции возведения в квадрат модуля амплитуды вероятности – к переходу от потенциального модуса к актуальному.

Во-вторых, можно полнее раскрыть физический смысл математической связи между формализмом Р. Фейнмана для квантовой механики, корпускулярно-волновым дуализмом и вариационными принципами.

В-третьих, концептуально облегчается путь для различных теорий макроскопического пространства-времени. Можно представить, как пространство-время, оставаясь метрическим фоном для объектов и событий исключительно в актуальном модусе существования, само возникает в результате суммирования множества событий (отношений, взаимодействий), происходящих в модусе потенциальном. При этом возникающее актуальное пространство-время вовсе не становится какой-либо субстанцией. Скорее оно становится способом существования и взаимодействия актуальных объектов, основное отличие которых от потенциальных состоит в их уникальности и несовместимости друг с другом. Пространство-время как раз и отражает эту уникальность и несовместимость. Аналогично, и для потенциальных событий можно вводить различные пространства и времена, скорее всего комплексные, с различной размерностью и топологией. Но и они вовсе не должны быть субстанциями.

Отдельного исследования потребует механизм перехода от множества совместимых потенциальных состояний или событий к уникальным состояниям и событиям в актуальном модусе. В модальной онтологии рассматривались разные варианты. Аристотель считал, что одна из многих возможностей переходит в актуальность. Лейбниц утверждал, что только вся совокупность конкурирующих возможностей суммируется и тем самым образует актуальные вещи. Причем актуализироваться могут только возможности, объединяющие наибольшее число совместимых возможностей, а значит имеющие максимальное количество сущности. Интересно, что, похожая разница наблюдается и в различных интерпретациях

квантовой механики. В.Гейзенберг и В.А. Фок придерживались скорее модели Аристотеля, в то время, как Э.Шредингер, Р.Фейнман, М.Гелл-Манн, Дж.Хартл и другие были ближе к идеям Лейбница.

Дж. Уилер считал, что никакое объяснение не может считаться удовлетворительным, если оно не способно объяснить, как Вселенная возникла из ничего; не из физического вакуума с его флуктуациями и виртуальными частицами, но именно из ничего. Когда не было ни законов, ни частиц, ничего (Курс квантовых измерений 1977-79 гг.)⁶. Возможно потенциальный модус существования – это и есть та область, где «из ничего рождается нечто».

Третий метафизический постулат, от которого также придется отказаться, это *сведение времени исключительно к его метрическому аспекту* и игнорирование аспекта, связанного с возникновением и изменением систем. Метрическое время используется при описании 4-мерного пространства-времени в СТО и ОТО, а также в дифференциальных уравнениях классической и квантовой физики. В пространстве Минковского СТО с точки зрения метрического координатного времени расчетная одновременность событий относительна к скорости объектов. А из инвариантности уравнений классической и квантовой физики к знаку метрического времени часто делается вывод о всеобщей обратимости процессов. Эти два обстоятельства в совокупности с постулатом субстанциональности пространства-времени являются основанием для популярной метафизической концепции «блок-вселенной», в которой прошлое, настоящее и будущее онтологически равноценны или равно реальны.

Сторонники этой концепции с легкостью придают метафизический статус чисто операциональным понятиям СТО, таким как «событие», «интервал» и «одновременность». Основным объявляется внешнее координатное время, отражающее взаимное относительное расположение и движение объектов. При этом собственное время объектов, инвариантное к скорости и имеющее совсем другой смысл, рассматривается лишь как предельный случай координатного времени. Формальное отсутствие течения времени для фотонов постулируется без объяснения.

Чтобы как-то объяснить направленность наблюдаемых процессов, сторонники концепции «блок-вселенной» объявляют любое изменение в природе лишь кажущимся феноменом, вызванным принципом причинности и дополнительными условиями (вторым началом термодинамики, расширением Вселенной, редукцией волновой функции). При этом не принимаются в расчет очевидные противоречия «блок-вселенной» ни с космологическими следствиями ОТО, ни с экспериментально подтвержденными следствиями квантовой механики.

Такая сосредоточенность физики на метрическом аспекте времени явно затянулась. Достаточно проанализировать историю философских концепций времени, чтобы обнаружить неизменное разделение времени на два аспекта. Вот

⁶ Misner C. W., Thorne K. S., Zurek W. H. John Wheeler, relativity, and quantum information // Physics Today. 2009. Vol. 62. (4). P. 40-46.

лишь некоторые примеры. Время как мера изменения и время как число движения (Аристотель). Время как мера движения и время как мера изменений сотворенных вещей (Бл. Августин). Длительность как атрибут субстанции и время как субъективный способ мыслить (Р.Декарт). Истинное математическое время как длительность и относительное, кажущееся время (час, год) как мера продолжительности (И.Ньютон). Длительность как атрибут монад и время как способ измерения длительности (Г.Лейбниц). Физиологическое время и физическое время (Э.Мах).

Если обобщить смысл двух аспектов времени, то метрическое время используется для синхронизации событий, определения их порядка и измерения интервалов между ними. Метрическое время как внешний и относительный аспект времени обычно привязывается к доступным эталонам периодических процессов. Время развития существования используется как мера изменчивости сложных систем, соответственно, это внутренний и абсолютный аспект времени. Оно может привязываться к изменению сложности, неопределенности, вероятности, устойчивости, информации, знанию и т.д.

Раздельный анализ двух аспектов времени может оказаться полезным в нескольких случаях. Например, язык времени развития может быть использован там, где метрическое время или отсутствует или используется вынужденно и без всякого физического содержания: для безмассовых частиц, для уравнений Вселенной как целого, для запутанных квантовых частиц, для перехода квантовой суперпозиции в смешанное состояние, а затем к наблюдаемым, для фазовых переходов, для бифуркаций в сложных системах и т.д.

С учетом введения двух модусов существования, возможно, придется ввести третий аспект времени. (1) Метрическое время как мера актуального взаимного положения и взаимного движения в 3-пространстве. (2) Время возникновения и изменения актуальных состояний как мера перехода из потенциального модуса существования в актуальный. (3) Время изменения самих потенциальных состояний. Последний аспект времени не имеет отношения к времени в уравнениях КМ и КТП (там используются первые два аспекта времени). Пока мы можем только предполагать, что этот третий аспект времени существует, но как его измерить не ясно, ведь все наши инструменты и эталоны – актуальные.

Можно также надеяться, что временной аспект развития поможет объяснить совпадение направлений различных «стрел времени»: термодинамической, космологической, электромагнитной и психологической. Здесь возможно всего несколько вариантов. Источником времени развития может являться или 2-е начало термодинамики вместе с эволюцией Вселенной, или принцип причинности, или особенности нашего восприятия, или что другое, пока нам не известно.

Четвертый метафизический постулат, от которого давно пора отказаться, заключается в абсолютизации *физического принципа причинности*. В соответствии с философским принципом причинности все события связаны друг с другом так, что каждое событие имеет основание для существования, и одновременно является

основанием других событий. Проще говоря, без причины ничего не происходит. Но в этом принципе не указывается ни количество причин, ни их свойства. В нем нет пространственно-временных ограничений. Нет требования локальности – непосредственного контакта причин и следствий в каком-то пространстве. Нет универсального направления причинных связей и требования последовательности в каком-то времени: основания могут быть как в прошлом, так и в будущем. Связь причин и следствий не обязана быть однозначной и повторяемой. Более того, этот принцип не выводится прямо из опыта, это чисто метафизический принцип.

Поскольку таким общим принципом неудобно пользоваться в познании физических явлений, на него обычно налагают ряд ограничений и в результате получают физический принцип причинности. Его простейшая классическая форма звучит так: состояние объекта и законы физики в момент t_1 однозначно определяют состояние объекта в момент t_2 . А.Эйнштейн полагал, что принцип причинности именно в такой форме лежит в основании СТО и ОТО.

Важно подчеркнуть, что ни в философском, ни в физическом принципах причинности наличие необходимых отношений между событиями не содержит прямого указания на то, какое из событий считать причиной, а какое – следствием. Вероятностный и процессный критерии разделения причин и следствий не являются достаточно надежными. А связь направления причинности со стрелой времени не решает проблемы, поскольку, как было сказано выше, направление потока времени само чаще всего объясняется через направление причинно-следственных связей. Для согласования формул с наблюдением, утверждения о том, что считать причиной, а что следствием обычно включаются непосредственно в формулировки физических законов. Направление времени предполагается совпадающим с общим для людей порядком психологических восприятий. Таким образом, формула «причина всегда предшествует следствию во времени» основана на конвенции.

По-настоящему метафизическое (а не феноменологическое) разделение причины и следствия требует введения понятия активного агента, обладающего внутренней активностью или потенциальной способностью действовать. Только так можно объяснить направленность отдельных событий, складывающихся в процессы. Только так можно объяснить возникновение нового, в частности возникновение и непрерывное усложнение материи. Спонтанных флуктуаций какого-то поля или спонтанного усложнения систем здесь явно недостаточно. Все это позволит приблизиться к главному вопросу метафизики, сформулированному Г.Лейбницем «почему существует нечто, а ни ничто?».

Используя двухмодусную модель существования можно предположить, что активность объектов выражается в их стремлении реализовать имеющиеся у них возможности в актуальное существование в 4-мерном пространстве-времени. Похожая гипотеза была сформулирована Г. Лейбницем в формуле: «все возможное стремится к существованию»⁷.

⁷ Лейбниц Г.В. Сочинения в 4 т. М., 1982. Т. 1. С. 235-284.

Пятый метафизический постулат, который следует пересмотреть, относится к пониманию элементарного события. Имеется в виду не событие в СТО – точка в пространстве Минковского, которая описывается четырьмя координатами. Подобное представление опирается на метафизическую идею бесконечной сходимости к точке и бесконечной делимости пространства и времени, унаследованной от аналитической геометрии Декарта и интегрального и дифференциального исчисления Ньютона, Даламбера и Лагранжа (Лейбниц опирался на другую метафизическую идею).

Под физическим событием обычно подразумевается динамический переход из одного состояния в другое за небольшой (достаточно, чтобы им можно пренебречь), но конечный промежуток времени. Такое событие – лишь небольшая часть физического процесса, где временем уже нельзя пренебрегать. Со времен Зенона Элейского существует проблема непрерывности пространства и времени или проблема минимального движения как перехода из одного состояния в другое. Каков минимальный интервал времени между ними? И какой метафизический статус имеет переход?

Использование двух модусов существования может помочь и в этой проблеме. С одной стороны, можно опираться на достижения философии (и снова Аристотеля и Лейбница), с другой стороны, можно использовать метод Р.Фейнмана для квантовой механики, когда для вычисления вероятности актуального события суммируются амплитуды вероятностей всех возможных переходов из одного состояния в другое. При этом не обязательно вычислять эволюцию волновой функции, достаточно знать правило сложения (интерференции) потенциальных историй (переходов), а результат сложения возвести в квадрат. Тогда этот метод не просто математический трюк, а отражение того, что действительно происходит.

Есть еще, как минимум, два метафизических постулата, требующих пересмотра. Постулат о том, что информация связана исключительно с человеческим знанием. Отсюда берут истоки различные интерпретации квантовой механики об особой роли наблюдателя в возникновении наблюдаемых состояний. И, наконец, пожалуй, самый устойчивый метафизический постулат, лежащий в основаниях физики, говорит о неизменности фундаментальных физических законов. Если не только материя, но и пространство-время, и Вселенная в целом возникают и развиваются, то почему законы также не могут возникать и изменяться вместе с эволюцией Вселенной?

Литература:

1. Лейбниц Г.В. Сочинения в 4 т. М., 1982. Т. 1. С. 235-284.
2. Эйнштейн А. Инфельд Л. Эволюция физики. М., 2001.
3. Brukner Č. Quantum causality // Nature Physics. 2014. Vol. 10 (4). P. 259-263.
4. Ma X., Kofler J., Zeilinger A. Delayed-choice gedanken experiments and their realizations // Reviews of Modern Physics. 2016. Vol. 88 (1). P. 015005.
5. Misner C. W., Thorne K. S., Zurek W. H. John Wheeler, relativity, and quantum information // Physics Today. 2009. Vol. 62. (4). P. 40-46.