

ОНТОЛОГИЯ, ЭПИСТЕМОЛОГИЯ, ЛОГИКА

УДК 168

Е.А. Безлепкин, А.Ю. Сторожук

ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕТАФИЗИЧЕСКИХ ОСНОВАНИЙ ТЕОРИИ ВЕЛИКОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ¹

Рассматриваются философские основания и концептуальные затруднения теории великого объединения в физике. Показано, что, несмотря на актуальность данной проблемы, она не может быть решена без концептуальной проработки оснований физических теорий.

Ключевые слова: методология, основания научной теории, теория великого объединения.

Под великим объединением в физике понимают создание теории, которая единообразно опишет все четыре известных сегодня типа взаимодействий: гравитационное, электромагнитное, сильное и слабое. В настоящее время построена единая теория трех взаимодействий: электромагнитного, слабого и сильного, но четвертое – гравитационное взаимодействие, описываемое общей теорией относительности, стоит особняком. Гравитация отлична от других полей, «потому что гравитация формирует арену, на которой сама действует, в противоположность другим полям, которые действуют в заданном пространстве-времени» [1. С. 12]. Первые три теории – квантовые, в них предполагается наличие минимальной порции принимаемой и излучаемой энергии – кванта, теория относительности является в своей основе геометрической теорией и связывает силу гравитационного взаимодействия с характеристиками самого пространства. Проблема объединения на более специальном языке формулируется как невозможность проквантовать гравитацию.

Это обусловлено пониманием действия гравитации как искривления пространства-времени, с одной стороны, и квантово-механическим принципа неопределенности, с другой. Принцип неопределенности говорит о невозможности получить одновременно сколь угодно точное знание о двух сопряженных величинах, например координате и импульсе. Принцип неопределенности объединяет несколько физических величин – понятие одновременности, пространственные координаты и динамические характеристики, действие причинности и законы сохранения. Согласно этому принципу область детерминистической причинности не распространяется на явления микромира, а относится только к макроскопическим явлениям. Общая теория относительности (ОТО) – теория макроскопическая, но для объединения с существующими теориями микромира ее надо перевести на «квантовый язык», т.е. дать формализованное описание этой теории на микроуровне.

¹ Публикация подготовлена в рамках поддержанного РГНФ научного проекта № 13-03-00065.

При квантовании гравитации возникают проблемы в понимании причинности. На макроуровне ОТО является теорией детерминистической. Это значит, что локально в каждой области пространства можно найти решение уравнений Эйнштейна и определить метрику. Поскольку агентом, переносящим гравитационное взаимодействие, является само пространство, то квантованию должно подлежать именно пространство. Но при переходе в область бесконечно малых масштабов мы сталкиваемся с действием принципа неопределенности, который указывает на невозможность определить метрику в силу квантовых флуктуаций поля.

На наш взгляд, проблема объединения теорий коренится в несогласованном понимании онтологических оснований различных физических теорий. В пользу этой точки зрения говорят ряд онтологических принципов, а также содержание концептуальных основ физических теорий. Под последними понимаются основополагающие категории, используемые в физике, но выходящие за пределы чисто физического понимания в силу своей универсальности: пространство, время, причинность, материя. Под онтологическими основаниями понимается также ряд методологических принципов физики с онтологическими предпосылками, которые будут рассмотрены далее.

Под методологическим принципом понимается когнитивная система, эксплицируемая через накопленное знание и функционирующая в научном познании. Методологические принципы возникают в результате стремления человека к познанию мира и накладывают функциональные ограничения на познание (гносеология) и видение (онтология) мира. Мир, таким образом, структурируется благодаря практической деятельности человека, и его видение оказывается теоретизированным [2. С. 217]. Метод же – более общее образование [3. С. 44].

Актуальность проблемы объединения обусловлена как философско-онтологическими предпосылками, так и концептуальными трудностями самой теоретической физики, а также приложениями физики в области космологии.

В основе философско-онтологических предпосылок лежит принцип материального единства мира, постулирующий целостность и единство природы. В ходе научного исследования ученые концентрируются на отдельных особенностях изучаемых явлений, которые в дальнейшем требуется уложить в целостную картину. «Когда-то все явления природы грубо делили на классы... [редукционизм] Цель-то, однако, в том, чтобы понять всю природу как разные стороны одной совокупности явлений. В этом задача фундаментальной теоретической физики нынешнего дня: открыть законы, стоящие за опытом, объединить эти классы [синтез]. Исторически всегда рано или поздно удавалось их слить, но проходило время, возникали новые открытия, и опять вставала задача их включения в общую схему» [4. Т. 1. С. 39]. Принцип материального единства функционирует в виде стремления к синтезированию фундаментальных категорий (сущностей) физики (например, пространство и время, частица и поле) и находит выражение в объединении ряда физических понятий. Так, понятие материи на современном уровне развития теории объединяет не только вещественные и полевые представления, но и пространственно-временные.

К философским основаниям относятся и принципы, связанные с принципом единства и из него вытекающие. Например, постулат всеобщей связи явлений, или принцип простоты, согласно которому наше знание о мире должно обладать сущностным единством. На единство мира указывает и принцип симметрии, конкретизируемый в виде различных законов сохранения. «Общий закон сохранения, конкретизируемый в виде различных частных физических законов сохранения, лежит в основе единой физической картины мира» [5. С. 15]).

Функционирование методологического принципа единства проявляется в виде существования физических картин мира. «Главная тенденция каждой физической картины мира – дать единое стройное отражение объективной действительности» [6. С. 213]. Кроме того, его действие проявляется либо в виде формально-логического соединения физических теорий, либо в виде их синтезирования. Например, теория струн является объединением двух теорий поля: общей теории относительности и квантовой теории поля. Кроме того, объединение представляет собой направление математического развития теории, связанное с поиском решений уравнения Эйнштейна и преодолением ряда теоретических проблем, одной из которых является проблема существования сингулярностей.

К концептуальным трудностям физики относится, например, проблема вакуумной энергии. Суть проблемы состоит в том, что теоретические предсказания величины вакуумной энергии на 120 порядков превосходят наблюдаемую величину. Расширение Стандартной модели влечет новый тип симметрии, при котором сохраняется разность барионных и лептонных зарядов и предсказывается существование новых типов частиц-суперпартнеров. Учет вклада в вакуумную энергию частиц-суперпартнеров позволяет уменьшить расхождение более чем на 40 порядков.

Особую практическую актуальность проблема объединения получает благодаря космологии, так как если в самой физике эта проблема представляет собой скорее теоретический интерес, то в космологических исследованиях установлено существование объектов, для описания которых требуется совместное применение и теории относительности и квантовой механики. Это объекты, подобные черным дырам, образующимся в ходе гравитационного коллапса, когда вещество сжимается до состояний высокой плотности, приходя в сингулярное состояние с бесконечным значением кривизны.

Кроме того, установлено, что все вещество нынешней Вселенной порядка 10^{10} лет назад было сосредоточено в крайне малой пространственной области. Это следует из факта расширения Вселенной и из уравнений теории относительности, поэтому попытка задать начальные условия приведет к сингулярности, вблизи которой радиус кривизны пространства может быть сколь угодно малым. Следующие из предположения о начальной сингулярности вопросы касаются причинности, объяснения локальных неоднородностей типа звездных скоплений при предположении однородности и изотропности пространства.

Несмотря на остроту и высокую актуальность проблемы, она до сих пор не решена. Два наиболее авторитетных подхода к этой проблеме – теория петлевой квантовой гравитации и теория струн – имеют трудности в вопро-

сах экспериментального подтверждения и потому не считаются общепринятыми.

Соответственно, целью статьи является указание на онтологические трудности на пути построения единой теории. Эти трудности имеют онтологический характер, поскольку естественнонаучные теории принимают онтологию, служащую для описания мира. Исторически онтология различных теорий формировалась в различные эпохи исходя из разных предпосылок, поэтому ряд основных физических понятий имеет несовместимые описания.

К примеру, категория пространства первоначально понималась в первой физической теории – механике Ньютона – как 3-мерное пустоеместилище объектов и процессов. Это понимание унаследовала квантовая механика, которая рассматривает пространство не зависящим от материи. В теории относительности пространство и время равноправны и объединены в 4-мерное гладкое многообразие, кривизна которого зависит от распределения масс и энергий. То есть пространство и материя оказываются тесно связанными на концептуальном уровне, распределение материи определяет свойства пространства. Противоречие возникает при попытках объединить два подхода, в одном из которых пространство и материя тесно взаимосвязаны, а в другом рассматриваются изолированно. При переходе к квантовым масштабам, согласно принципу неопределенности возникает неопределенность значений энергии-импульса, что согласно теории относительности сопровождается искривлением пространства. Таким образом, на микроуровне структура пространства-времени оказывается подвержена флуктуациям, что не согласуется с гладкостью геометрии пространства на макромасштабах. «Стандартное разрешение парадоксов Зенона основывается больше на математическом понятии континуума, чем на природе самого пространства-времени. Утверждение о том, что пространство-время образует континуум, подразумевает сохранение его непрерывной природы независимо от того, с каким «увеличением» мы его рассматриваем. Но ведь отнюдь не очевидно, что непрерывное описание соответствует действительности в достаточно малых масштабах, где существенную роль играют квантовые эффекты. Возьмем, например, масштабы порядка 10^{-13} см (примерный радиус элементарной частицы). При любой попытке определить положение частицы с такой степенью точности становится вероятным (ввиду принципа неопределенности) возникновение чрезвычайно большого импульса. Тогда должны рождаться новые частицы, и некоторые из них могут оказаться неотличимыми от первоначальной, так что понятие «положения» первоначальной частицы становится неопределенным. Но еще более угрожающая картина вырисовывается, когда мы осмеливаемся перейти к явлениям, протекающим в масштабах порядка 10^{-33} см. Здесь квантовые флуктуации кривизны пространства-времени становятся достаточно сильными, чтобы изменить топологию, и пространство-время должно оказаться каким-то беспорядочным наложением разнообразных топологий, а это уж никак не похоже на гладкое многообразие» [7. С. 11–12]. Применение новых методов ведет к тому, что пространство перестает рассматриваться как отдельная сущность и становится частью более общего понятия.

В понимании материи в квантовой механике доминирует дискретный подход: параметры частиц и полей рассматриваются как кванты. Характери-

стики массивных частиц рассматриваются независимо от пространственно-временных параметров, в описании параметров частиц доминируют идеи симметрии. В рамках квантовой теории поля частицы превращаются друг в друга благодаря нарушению симметрии. Масса элементарных частиц определяется поглощением кванта скалярного поля – бозона Хиггса. В релятивистских теориях тяжелая масса сведена к инертной путем установления эквивалентности поля тяжести ускоренной системе отсчета. Масса определяет геометрию пространства-времени, кинематика тел определяется кривизной пространства. В теории квантовой гравитации, наследующей концептуальный аппарат релятивистских теорий, понятие материи остается недостаточно проработанным. В теории струн, напротив, понятие материи проработано очень детально и предложен иной аппарат генерации масс, связанный с энергией колебания фундаментального объекта – струны. Тем не менее теория струн имеет ряд проблем, главной из которых остается отсутствие экспериментальных подтверждений. В частности, предсказанные теорией струн суперсимметричные частицы не были обнаружены в экспериментах на Большом адронном коллайдере.

Различия в концептуальном аппарате затрагивают и такую фундаментальную категорию, как причинность. Теория относительности, как и классическая механика, являются детерминистическими теориями. Действие причинности в теории относительности ограничивается поверхностью светового конуса, который служит границей области распространения сигналов, исходящих из данной точки. В силу ограниченности скорости света причинно связанными являются не любые события, а только те, информация от которых может быть передана со скоростью меньше или равной световой. В релятивистских теориях причинность рассматривается не изолированно, а определяется через пространственно-временные характеристики (световой конус) и постоянную – скорость света.

В квантовой механике причинность носит скорее статистический характер, хотя принято считать, что квантовая система, предоставленная сама себе, эволюционирует детерминистично. Но процесс измерения вносит возмущения, из-за которых ход эволюции системы нарушается и результаты измерений оказываются вероятностными. Принцип неопределенности Гейзенберга говорит о принципиальной невозможности получения сколь угодно точной информации о всех характеристиках системы одновременно. Влияние наблюдателя на систему приводит к неконтролируемому изменению параметров системы.

В целом анализ показывает несовместимость философских оснований научных теорий и позволяет рассматривать проблему объединения с позиции противоречивости теоретических взглядов на основные онтологические категории. Противоречащие сегодня взгляды формировались исторически, теории, в рамках которых складывалось то или иное концептуальное описание, развивались на различных основаниях. На наш взгляд, построение единой теории без унификации философских оснований теорий невозможно. Решение проблемы совместимости концептуальных оснований мог бы решить некий общий язык, в котором интерпретации понятий могли бы быть даны так,

чтобы быть совместимыми с языком любой физической теории. Однако такой язык пока отсутствует.

Идея создания универсального языка была высказана еще в конце XIX в., и в рамках логики и математики многое сделали для создания универсального математического языка. Существенной чертой данного языка является его формальность, т.е. отказ от рассмотрения содержательных, в том числе метафизических оснований. Математический язык стал применяться во многих науках, в том числе и в физике, где был унаследован и сам формальный математический подход. Отказ от метафизики, объяснения и содержательных интерпретаций был особенно характерен для создателей квантовой механики, находившихся под влиянием ценностных установок позитивизма. Метафизика отрицалась, задача науки состояла в том, чтобы изгнать метафизику. Позже, в 1960-х, было осознано, что метафизика в теории всегда присутствует в виде самых общих предположений о законах природы и структуре мира. Но поскольку ученые в большинстве своем провозгласили отказ от рассмотрения метафизики в науке, базовые научные понятия, находящиеся на границе науки и философии, оказались непроработанными. Метафизика играла роль ковра, под который, как мусор, заматались неудобные проблемы. Однако проблема, от рассмотрения которой отказались, не перестает быть проблемой. В настоящее время позитивистская установка на исключительное внимание к формализму становится препятствием для развития науки в области объединения теорий. Сами понятия пространства, времени, материи и причинности нуждаются в глубокой концептуальной переработке, что требует усилий как со стороны ученых, так и со стороны философов.

Литература

1. Хокинг С., Пенроуз Р. Природа пространства и времени. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2000.
2. Чудинов Э. М. Природа научной истины. М.: Политиздат, 1977.
3. Симанов А. Л. Методологическая функция философии и научная теория. Новосибирск: Наука, 1986.
4. Фейнман Р. Характер физических законов. М.: Мир, 1968.
5. Симанов А. Л., Стригачев А. Методологические принципы физики: общее и особенное. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ие, 1992.
6. Мостепаненко М. В. Философия и физическая теория. Л.: Наука, 1969.
7. Пенроуз Р. Структура пространства-времени. М.: Мир, 1972.