

УДК 164.07

DOI:

10.15372/PS20150302

**А.Ю. Сторожук**

*Институт философии и права СО РАН, г. Новосибирск  
stor71@mail.ru*

## **РОЛЬ ПОНЯТИЯ СИММЕТРИИ В ПОИСКЕ ТЕОРИИ ВЕЛИКОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ**

Симметрия является важным инструментом в создании единой теории, поскольку разработка такой теории тесно связана прежде всего с выявлением соответствующей такой теории группы симметрии. В современной физической науке существуют различные представления симметрии в квантовой теории поля и в теории гравитации, что затрудняет создание единой теории. Цель настоящей статьи состоит в попытке выявления концептуальных трудностей, связанных с проблемой симметрии, которые препятствуют созданию единой теории.

*Ключевые слова:* Симметрия, законы природы, универсальная теория

**A.Yu. Storozhuk**

*Institute of philosophy and law SB RAS, Novosibirsk  
stor71@mail.ru*

## **THE ROLE OF SYMMETRY IN A SEARCH OF UNIFIED THEORY**

A symmetry is so an important tool in the search of unified theory that the developing of new scientific theory is closely linked with the one of the correspond group of symmetry. During the modern scientific theory search scientists face with a different understanding of the space symmetry in quantum field theory and in the theory of gravity, it prevents to find of a unified theory. The aim of the paper consists of the point to conceptual difficulties preventing to accord conceptions of different theories.

*Keywords:* Symmetry, natural laws, unified theory

Поиск единой теории является актуальной задачей современной физики. С точки зрения философа стремление найти единообразное описа-

ние природы базируется на онтологическом постулате материального единства мира. Поскольку исследуемая природа – едина, то не должно быть нескольких концептуально несовместимых теорий для ее описания. Стремление найти единую теорию отчасти выражает нормативное требование, состоящее в приведении оснований различных теорий к согласованию, исключающем появление противоречий. На современном этапе в физике поиск теории великого объединения проявляется как стремление построить непротиворечивую теорию квантовой гравитации. Это стремление наталкивается на концептуальную несогласованность релятивистского понимания пространства, связывающего геометрические параметры с физическими, и принципа неопределенности, допускающего возможность локальных флуктуаций энергии. Существующее противоречие требует концептуального анализа, поскольку концептуальная несогласованность в рамках единой теории неприемлемо. Так как квантовая теория поля и общая теория относительности предъявляют несовместимые ограничения, нужно сформулировать условия совместного применения этих теорий. «Можно ли сформулировать последовательную теорию без тщательного концептуального анализа, если задача состоит в том, чтобы примирить две теории, которые накладывают по видимости или по существу несовместимые ограничения? Отсутствие решительного прорыва в поисках квантовой теории гравитации, несмотря на значительные усилия, предпринятые несколькими группами очень талантливых физиков и математиков в течение последних трех или четырех десятилетий, дает основание предполагать, что ответ должен быть отрицательным. Мне представляется, что в данном случае весьма полезной могла бы оказаться работа философа, направленная на прояснение тех условий, которые необходимы для создания согласованной рабочей рамы, на основе которой можно было бы делать дальнейшие разработки» [1].

Рассмотрим философские ограничения, представляющиеся необходимыми для построения единой теории. Основные противоречия между квантовой теорией поля и теорией относительности возникают в области понимания онтологии этих двух теорий. Кроме того, противоречия проявляются также в несогласованности математического формализма. Онтологические противоречия касаются различного понимания пространства-времени, причинности и материи в релятивистских и квантовых теориях. Математические затруднения возникают из-за предположений о различных видах симметрии. Так, формализм квантовых теорий основан на предположении о существовании глубоких видов симметрии,

позволяющих объединять частицы в мультиплеты. В общей теории относительности симметрии отводится гораздо более скромная роль, распределение масс нарушает однородность и изотропность, присущие пустому пространству и делает невозможным введение универсальной метрики.

Философская рефлексия проблемы объединения физических теорий чаще всего касается понимания пространства. В частности, отмечается, что в квантовой теории поля пространство рассматривается как онтологически первичное, предшествующее взаимодействию квантовых объектов. «Одно из следствий ОТО состоит в том, что онтологический статус пространства-времени, по крайней мере в терминах его связи с гравитационным полем, должен пониматься совершенно иначе. Это изменение было привнесено проведенным Эйнштейном тщательным исследованием отношений между динамикой гравитационного поля и кинематическими структурами пространства-времени. Это исследование направлялось практическими взглядами Эйнштейна на геометрию, которые, в отличие от аксиоматических и конвенционалистских взглядов, стремились установить прямую связь между геометрией и поведением реальных объектов.

Традиционно любая динамическая теория должна предполагать некоторую геометрию пространства для формулировки ее законов и интерпретации. Фактически выбор геометрии предопределяет основания (причинные и метрические структуры) ее динамики. Например, в ньютоновской динамике евклидова геометрия с ее аффинной структурой, которая определяется кинематической симметрией галилеевой группы как математическим описанием кинематической структуры пространства, определяет динамический закон инерции. В такой теории кинематические структуры не имеют отношения к динамике. В результате динамические законы являются инвариантными при трансформациях, относящихся к кинематической группе симметрии. Это означает, что кинематические симметрии накладывают некоторые ограничения на форму динамических законов» [2]. Пространство в объединяющей теории не может рассматриваться в традиционном полевом смысле как арена, на которой разворачивается действия. Его геометрические, метрические и топологические свойства должны изменяться под влиянием происходящих процессов.

С другой стороны и само пространство должно пониматься шире, чем пространство-время 4-мерного мира Минковского. Помимо законов сохранения энергии-массы и импульса, выполнение которых обеспечивается инвариантностью релятивистского пространства-времени относительно

преобразований Лоренца, в теории квантовой гравитации должны выполняться и дополнительные законы сохранения, сформулированные в области квантовой теории поля. Пространство-время ОТО имеет динамический характер и причинно взаимодействует с различными видами материи.

Различно понимаемые свойства пространства влекут несогласованность математического аппарата двух теорий и делают невозможным их объединение. «Во-первых, хотя пространство-время как теоретическая сущность представляет собой только отношения, эти отношения образуются индивидуальной физической сущностью (метрическим тензором). Во-вторых, если мы будем считать динамический характер определяющей чертой всего дискурса, т.е. будем рассматривать гравитационные взаимодействия в качестве основного фактора в нашем понимании гравитации и пространства-времени, тогда мы сможем понять метрический тензор в качестве замаскированного варианта аффинной связи или даже в качестве некоторой сущности, которая существует благодаря этой связи. По крайней мере ее формы и характерные черты обуславливаются этой связью через условие совместимости. Все это поддерживает точку зрения, согласно которой метрический тензор может рассматриваться в качестве моста, соединяющего базисную онтологию (связь) с явлениями (пространственно-временные отношения), и таким образом наше рассмотрение должно быть сосредоточено скорее на этой связи, чем на метрическом тензоре» [3].

Таким образом, несогласованность онтологических предпосылок, касающихся понимания пространства, времени и причинности проявляется в невозможности согласования математического аппарата. Важность математического описания состоит в том, что математика представляет своего рода универсальный язык для описания явлений природы. Универсальность языка, на котором сформулированы основные законы природы, обеспечивается предположениями о существовании глобальных видов симметрии. То обстоятельство, что некий локально эмпирически установленный закон может быть признан всеобщим и применимым в других условиях, обеспечивается предположениями о существовании глобальной пространственной симметрии – однородностью и изотропностью пространства. Именно предположении о наличии симметрии делает возможным формулировку научной теории и научного закона, поскольку, по определению закон является универсальным суждением и, следовательно, должен применяться в любых точках пространства-времени.

Эпистемологически симметрия означает наличие свойств, сохраняющихся при определенных преобразованиях. Наличие симметрии позволяет построить теорию этих преобразований как совокупность инвариантных предположений (аксиом, теорем и их следствий) не изменяющихся при соответствующих преобразованиях. Сохранение величин определяет условия их тождественности, при которых можно сформулировать закон, имеющий вид логического правила тождества. «Симметрия уравнения определяется группой преобразований, которые оставляют это уравнение инвариантным, т. е. не меняют его формы» [4].

Каждая научная теория принимает предположение о существовании определенного вида симметрий. Более универсальная теория постулирует более общие виды симметрии, позволяющие получить более универсальные преобразования системы. В квантовых теориях наиболее общим предположением о симметрии является СРТ-теорема, связывающая пространственно-временные характеристики со свойствами материи. Кроме того, в квантовых теориях принимаются предположения о существовании целого ряда симметрий, касающихся не пространственно-временных характеристик, а параметров материи. Приведем несколько примеров. Принцип тождественности элементарных частиц, утверждающий неразличимость частиц относительно операции их замены на идентичную (например, электрон на электрон) в определенной пространственной области предполагает соответствующий вид симметрии. Эти свойства вытекают из неопределенности понятия траектории на микроуровне и могут трактоваться как запрет на то, чтобы мыслить категориями механически понимаемого пространства в области микромира.

Большую роль идея симметрии играет в построении классификации элементарных частиц. В этом случае вводится специфическое пространство (пространство изотопического спина) и различные элементарные частицы рассматриваются как принадлежащие определенному октету. Предполагается, что в рамках октета переход от одного сорта частиц к другому осуществляется как поворот в данном пространстве.

С философской точки зрения, в приведенных выше примерах, при разработке теорий происходит неявный перенос предположений о симметрии, вводимых в теорию для удобства и расширения ее области применения в онтологическую область. Природе приписывается такая же универсальная симметричность пространства, времени и наличие симметрии у материальных объектов, как и у объектов математических.

Но правомерно ли рассматривать реальные системы, приписывая им ту же высокую степень симметричности, какой обладают системы математических уравнений?

«Взаимодействие в квантовой механике обычно происходит в виде, опосредованном большим числом элементов. Это динамический эффект. Симметрия допускает некоторую свободу действий каждого из них, но взаимодействие между ними заставляет их, образно говоря, выстраиваться в линию, глядя в том же направлении. Не так легко изменить направление всего ансамбля, даже если это разрешено симметрией, следовательно, он не принимает энергии, потому что действие не локальный оператор. Так симметрия, по-видимому, теряется. Все еще можно восстановить утраченную симметрию глобальной операции, но это представляет своего рода фазовый переход [5].

То есть симметрии следует рассматривать не как онтологически первичное свойство природы, но как некоторую аппроксимацию, которая делает возможным применение наших теорий к реальному миру. Это справедливо и для квантовых и для релятивистских теорий. В последнем случае имеет место космологический постулат, гласящий, что Вселенная на больших масштабах однородна и изотропна. Очевидно, что данный постулат представляет собой приближение, так как вблизи тел с большой массой пространство уже нельзя рассматривать как однородное и изотропное. Кроме того, при рассмотрении Вселенной в целом появляется методологическая проблема соотношения целого и части, так как симметрия предполагает движение части (подсистемы) относительно окружения. Если Вселенную рассматривать в целом как все существующее, понятие симметрии не может быть определено: «В природе не существует фундаментальных симметрий. Симметрии – это трансформация физической системы, перестановка ее частей, при которой все ее физические наблюдаемые величины остаются неизменными. Примером симметрии ньютоновой физики является перенос подсистемы из одного места в другое. Поскольку законы физики не зависят от того, где находится система, предсказания останутся неизменными, если лаборатория (и все, что может повлиять на результаты эксперимента) перемещается на 6 фунтов влево. Мы утверждаем независимость экспериментальных результатов от положения в пространстве: физика инвариантна относительно переноса системы.

Симметрии присущи всем известным физическим теориям. Несколько из наиболее полезных инструментов в физике опираются на факт существования симметрий. Но если принципы Лейбница справедливы, симметрии не должны быть фундаментальными.

Симметрии возникают из-за того, что мы рассматриваем подсистемы Вселенной как будто они – все, что существует. Это происходит потому, что мы игнорируем взаимодействие атомов в лаборатории с остальной Вселенной, так что не имеет значения, насколько мы переместим лабораторию в пространстве. Это также объясняет, почему неважно, будем ли вращать изучаемую подсистему: мы пренебрегаем взаимодействием между подсистемой и остальной Вселенной. Если бы мы приняли эти взаимодействия во внимание, то, безусловно, вращение подсистемы имело бы значение.

Но что если сама Вселенная перемещается или вращается? Разве это не симметрия? Нет, потому что никакое относительное положение внутри Вселенной при этом не меняется. С реляционной точки зрения нет смысла говорить о перемещающейся или вращающейся Вселенной. Следовательно, симметрии, такие как перемещение и поворот, не фундаментальны. Они происходят от разделения мира на две части... Эти и другие симметрии отражают лишь свойства приближительных законов, применяемых к подсистемам во Вселенной.

Но если эти симметрии приближительны, то таковы и законы сохранения энергии, импульса и углового момента. Законы сохранения основаны на предположении, что пространство и время симметричны по отношению к переносу во времени, перемещению в пространстве и вращению...

Поэтому будущая космологическая теория не содержит ни симметрий, ни законов сохранения. Некоторые физики, работающие в области физики элементарных частиц и находящиеся под сильным впечатлением от успеха стандартной модели (СМ), убеждены, что фундаментальная теория должна содержать больше симметрий. Это однозначно не так» [6].

### Заключение

Симметрия, понимаемая как сохранение некоторых величин при определенных преобразованиях, является важным эвристическим принципом. Построение более общей теории связано с поиском более общей группы симметрии. Нахождение такой группы делает возможным математическое описание той или иной системы и ее преобразований и движений. Эвристическая роль симметрии состоит в том, что она обеспечивает применимость эмпирических законов и обеспечивает их универсальность.

Для объединяющей теории важным является свойство непротиворечивости оснований и симметрия является необходимой для поиска надежной объединяющей теории. Однако высокая эвристичность симметрии на эпистемологическом уровне является слишком сильным предположением, встречающим ограничения на уровне онтологическом. Ограничения возникают из-за невыполнения условий, предполагаемых теориями. Например, однородность и изотропность пространства имеет место лишь при относительно слабом значении гравитационного поля и рассматривать эти фундаментальные свойства, обеспечивающие действие законов сохранения, как универсальные нельзя. Ограничение применимости идей симметрии в общей теории относительности и в кантовых теориях реализуется различными путями и приводит к несогласованности оснований теорий.

Эти свойства вытекают из неопределенности понятия траектории на микроуровне и могут трактоваться как запрет на то, чтобы мыслить категориями механически понимаемого пространства в области микромира.

### Примечания

1. *Тьян Ю Цао* Предпосылки создания непротиворечивой теории квантовой гравитации // *Философия науки*. Вып. 7: Формирование современной естественнонаучной парадигмы. М.: ИФ РАН, 2001. – с. 240.

2. *Там же*.

3. *Там же*. – С. 251.

4. *Сисакян А.Н.* Избранные лекции по физике частиц <http://www1.jinr.ru/Books/sisakian/> – С. 43.

5. *Yoichiro Nambu* Elementary Particle Physics: Spontaneous Broken Symmetry (Nobel Lecture) // *ChemPhysChem*. – 2009. – V. 10. – pp. 1718 – 1721 – p. 1718.

6. *Смолин Л.* Возвращение времени. От античной космологии к космологии будущего. М.: Изд-во АСТ, 2014. – С. 150-151.

Дата поступления 11.09.2015