

Я. В. ТАРАРОЕВ, А. Ю. ДИРЕГЛАЗОВ

СИММЕТРИЯ КАК МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПРИНЦИП СОВРЕМЕННОГО ФИЗИЧЕСКОГО ПОЗНАНИЯ

В работе рассматривается история использования принципа симметрии при познании физического мира в разные исторические эпохи. В первую очередь внимание уделено симметрии состояний движения и покоя, но также рассмотрены и иные варианты пространственной симметрии в физике. Показано, что этот принцип является одним из механизмов конструирования объектов физического исследования, что, в свою очередь, связано с абстрактным, идеальным характером этих объектов. Нарушение принципа симметрии, наоборот, вызвано использованием эмпирической составляющей физического знания и оно происходит тогда, когда абстрактные объекты обретают свою эмпирическую проекцию. Все эти эвристические варианты использования принципа симметрии опираются на исторически значимые примеры развития науки от Античности и до наших дней и демонстрируют эффективность исторического метода в исследовании философских оснований науки. Кроме того, они представляют самостоятельный интерес с точки зрения истории развития научного знания.

Ключевые слова: симметрия, асимметрия, методология, платонизм, аристотелизм, классическая механика, релятивистская механика, субстанциональная онтологическая парадигма оснований физического знания, реляционная онтологическая парадигма оснований физического знания, логические конструкторы.

Насколько я могу судить, все априорные утверждения физики имеют своим источником симметрию.

*Г. Вейль, 1952 г.*¹

Использование принципа симметрии для познания физического мира уже не раз привлекало внимание исследователей. Этой теме посвящен значительный массив литературы, и кроме работы Г. Вейля, цитата из которой вынесена в эпиграф, можно указать ряд других трудов². Задачей данной статьи является

¹ Вейль Г. Симметрия. М., 1968, С. 144.

² См., например: Элиот Дж. Симметрия в физике. М., 1983. Т. 1, 2; Гибсон У. Принцип симметрии в физике элементарных частиц. М., 1979; Райдер Л. Элементарные частицы и симметрии. М., 1983.

ся не анализ, а тем более пересказ уже написанного по этой тематике, и не конкретные предложения по новым приложениям принципа симметрии в современных физических исследованиях. Здесь хотелось бы рассмотреть методологическое значение и функции, которые данный принцип выполнял и выполняет при познании физического мира, причем сделать это в контексте определенного онтолого-методологического подхода, разработанного одним из авторов. Однако прежде чем приступить к выполнению этой задачи, необходимо хотя бы в общих чертах дать представление о принципе симметрии и о том, какова конкретно его роль в генезисе физического знания и в прошлом, и в современности. Для начала рассмотрим, что с методологической точки зрения подразумевается под симметрией в физике.

Симметрия: сущность и определения

Термин «симметрия» происходит от древнегреческого *συμμετρία* – «соразмерность» – которое, в свою очередь, происходит от *μετρέω* – «меряю». Таким образом, уже этимология этого термина фиксирует его операциональную природу, связанную с проведением определенных измерений, в которых присутствует некий эталон, относительно которого путем сопоставления и сравнения и происходит процесс измерения. В широком смысле мы можем назвать «симметрией» полученное в результате измерений тождество измеренного и эталонного и обобщить это понятие на любое тождество (даже в отсутствие эталона), получаемое в процессе измерений, в том числе и выполненных в рамках одной системы между ее частями. Как замечают Дж. Элиот и П. Добер, в «Кратком оксфордском словаре» симметрия определяется как «красота, обусловленная пропорциональностью частей тела или любого целого, равновесием, подобием, гармонией, согласованностью»³. Вейль говорит о двух значениях симметрии. В общем случае

...с и м м е т р и ч н о е означает нечто, обладающее хорошим соотношением пропорций, уравновешенное, а с и м м е т р и я обозначает тот вид согласованности отдельных частей, который объединяет их в единое целое. Красота тесно связана с симметрией [...] В этом смысле идея симметрии никоим образом не ограничивается пространственными объектами; ее синоним «гармония» в гораздо большей степени указывает на акустические и музыкальные приложения идеи симметрии, чем на геометрические. В немецком языке хорошим эквивалентом греческого слова с и м м е т р и я является *Einmäss*, ибо оно, так же как и слово с и м м е т р и я имеет смысл [...] «средней меры» [...]

Образ весов является естественным связующим звеном, которое приводит нас ко второму смыслу, в котором слово симметрия употребляется в наше время: *зеркальная симметрия*, симметрия левого и правого, столь заметная в строении высших животных и в особенности человеческого тела. Здесь *зеркальная симметрия* – строго геометрическое и – в отличие от рассматривавшегося до сих пор расплывчатого представления о симметрии – вполне точное понятие (курсив и разрядка Вейля. – Я. Т., А. Д.)⁴.

³ Элиот. Симметрия в физике... Т. 1. С. 11.

⁴ Вейль. Симметрия... С. 35–36.

Именно эта строгость зеркальной симметрии, которую он взял за основу, расширив и обобщив ее через операции отражения и вращения, позволила Вейлю заложить строгое математическое описание симметрии в виде теории групп. Последняя является базовой математической теорией при описании и использовании симметрии в современных физических исследованиях.

Симметрия и асимметрия в античной науке

На самых первых этапах научного познания, когда симметрия понималась не строго и в первую очередь как синоним красоты и гармонии, она уже выступала как определенный методологический принцип познания окружающей действительности. Классической иллюстрацией этого тезиса может служить пифагорейско-платоновская космологическая традиция, опирающаяся на более широкую античную традицию и закладывающая как методологический принцип описание Вселенной при помощи наиболее совершенных (абсолютно поворотной-симметричных) геометрических фигур – сфер. Как отмечает сам Платон,

Очертания же он (устроитель. – Я. Т., А. Д.) сообщил Вселенной такие, какие были бы для нее пристойны и ей сродны [...] он путем вращения округлил космос до состояния сферы, поверхность которой повсюду равно отстоит от центра, т. е. сообщил Вселенной очертания, из всех очертаний наиболее совершенные и подобные самим себе, а подобное он нашел в мириады раз более прекрасным, чем неподобное ⁵.

Этот методологический принцип совершенства использовался Платоном не только для описания формы Вселенной, но и для описания движения планет:

...чтобы время родилось из разума и мысли бога, возникли Солнце, Луна и пять других светил, именуемых планетами, дабы определять и блюсти числа времени. Сотворив одно за другим их тела, бог поместил их, числом семь, на семь кругов, по которым совершалось круговращение иного... ⁶

Конечно же, и Пифагор, и Платон знали о том, что наблюдаемое движение планет не круговое, а петлеобразное, однако и эта петлеобразность также объяснялась при помощи совершенного кругового движения:

...они начали вращаться вдоль движения иного (движение вокруг Земли, т. е. движение эклиптики. – Я. Т., А. Д.), которое наискось пересекает движения тождественного (движение вокруг оси планет, т. е. движение экваториальной плоскости. – Я. Т., А. Д.) и ему подчиняется; одни из них описывали большой круг, другие меньший, притом по меньшим кругам они шли быстрее, по большим – медленнее ⁷.

⁵ Платон. Собрание сочинений в 4 т. М., 1994. Т. 3. С. 436.

⁶ Там же. С. 440.

⁷ Там же. С. 441.

Данный методологический принцип последовательно использовался Аристотелем, Птолемеем и даже Коперником, и только открытие Кеплером его первого закона нарушило абсолютную круговую гармонию движения планет. По сути дела можно утверждать, что кеплеровский переход от кругового к эллиптическому движению планет был первым в истории науки нарушением симметрии, которое было связано с переходом от абсолютной поворотной симметрии к осевой симметрии.

Второй пример использования симметрии относится уже к более позднему времени и имеет не геометрический, а сугубо физический характер. В нем речь идет о симметрии покоя и движения. Как известно, проблему покоя и движения как физическую проблему в научном понимании впервые поставил Аристотель⁸. В работе «Физика», отталкиваясь от своей онтологической концепции, из которой следует значимость изменения вообще, он, анализируя проблему изменения, приходит к выводу о том, что в основе всякого перемещения лежит механическое движение: «...из видов движения самым обыкновенным и в собственном смысле движением будет движение в отношении места, которое мы называем перемещением»⁹.

Теоретически, на качественном уровне решая проблему движения и покоя, он формулирует положение о том, что отличия между ними носят абсолютный характер. Естественным состоянием тела является состояние покоя, тогда как всякое движение совершается только под действием силы:

Если же все движущиеся [предметы] движутся или по природе, или вопреки природе и насильственно и в последнем случае всегда [приводятся в движение] чем-то иным, а из [предметов], движущихся по природе, те, которые движутся сами собой, опять-таки приводятся в движение чем-нибудь, так же как и те, которые сами собой не движутся, например [тела] легкие и тяжелые (ведь они приводятся в движение или тем, что их породило и сделало легкими и тяжелыми, или тем, что устранило помехи и препятствия), то в результате все движущиеся [тела] приводятся в движения чем-нибудь¹⁰.

В данной работе нет необходимости останавливаться на причинах, исходя из которых Аристотель формулирует эти положения, достаточно сказать, что его взгляды разделялись тогдашним научным сообществом на протяжении многих столетий. В контексте рассматриваемой темы можно говорить о том, что в физике Аристотеля наблюдалась ярко выраженная асимметрия между состоянием покоя и любыми состояниями движения. В то же время все состояния движения были симметричны, для каждого из них требовалось приложение силы.

⁸ См., например: *Тараров Я. В.* Онтологические основания современной физики и космологии. М., 2011.

⁹ Аристотель. Собрание сочинений в 4 т. М., 1981. Т. 3. Физика. С. 123.

¹⁰ Там же. С. 234.

Симметрия и асимметрия в науке Нового времени

Нарушил симметрию движения и утвердил симметрию между состояниями покоя и равномерного прямолинейного движения Галилей. Асимметрия между различными видами движений разделяет их на два типа: движение по инерции (равномерное и прямолинейное), не требующее приложения внешних сил, и ускоренное движение (неравномерное и криволинейное), совершающееся под действием сил. В то же время положение, называемое первым законом Ньютона, устанавливает симметрию (равенство, тождество) между состоянием покоя и состоянием равномерного прямолинейного движения:

Всякое тело продолжает удерживаться в своем состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока и поскольку оно не понуждается приложенными силами изменить это состояние ¹¹.

Этот закон обосновывает симметрию всех инерциальных систем отсчета, положение о которой высказал еще Галилей в своей работе «Диалоги о двух главнейших системах мира – птоломеевой и коперниковой», что хорошо видно из следующего отрывка:

Пока корабль стоит неподвижно, наблюдайте прилежно, как мелкие летающие животные с одной и той же скоростью движутся во все стороны помещения; все падающие капли попадут в подставленный сосуд, и вам, бросая какой-нибудь предмет, не придется бросать его с большей силой в одну сторону, чем в другую, если расстояния будут одни и те же. Заставьте теперь корабль двигаться с любой скоростью, и тогда (если только движение будет равномерным и без качки в ту и другую сторону) во всех названных явлениях вы не обнаружите ни малейшего изменения и ни по одному из них не сможете установить, движется ли корабль или стоит неподвижно ¹².

Это явление в дальнейшем получило название принципа относительности, хотя у самого Ньютона такой *полной* симметрии нет. Это связано с использованием им «субстанциональной» концепции пространства и времени, согласно которой существует мыслимая выделенная (не симметричная остальным) система отсчета, «привязанная» к абсолютному пространству и абсолютному времени. Термин «абсолютные» используются в данном контексте как синоним термина «эталонные» и измерения, выполненные в этой системе отсчета, являются эталонно истинными. Другие, относительные системы отсчета могут быть симметричные эталонной системе (если результаты измерения в них совпадают) или нет (если результаты измерения в относительной системе отсчета и абсолютной системе отсчета разнятся).

¹¹ Ньютон И. Математические начала натуральной философии. М., 1989. С. 39.

¹² Галилео Галилей. Диалог о двух главнейших системах мира – птоломеевой и коперниковой. М., 1948. С. 146–147.

I. *Абсолютное, истинное математическое время* само по себе и по самой своей сущности, без всякого отношения к чему-либо внешнему, протекает равномерно, и иначе называется длительностью.

Относительное, кажущееся или обыденное время есть или точная, или изменчивая, постигаемая чувствами, внешняя, совершаемая при посредстве какого-либо движения мера продолжительности, употребляемая в обыденной жизни вместо истинного математического времени, как то: час, день, месяц, год.

II. *Абсолютное пространство* по самой своей сущности, безотносительно к чему бы то ни было внешнему, остается всегда одинаковым и неподвижным.

Относительное есть его мера или какая-либо ограниченная подвижная часть, которая определяется нашими чувствами по положению его относительно некоторых тел и которое в обыденной жизни принимается за пространство неподвижное [...] По виду и величине абсолютное и относительное пространства одинаковые, но численно не всегда остаются одинаковыми (курсив Ньютона. – Я. Т., А. Д.)¹³.

И далее следующее из этого разделение на абсолютное и относительное движение:

IV. Абсолютное движение есть перемещение тела из одного абсолютного места в другое, относительное – из относительного места в относительное же¹⁴.

И, наконец, Ньютон четко оговаривает их различия:

Абсолютное и относительное движение и абсолютный и относительный покой отличаются друг от друга: свойствами, причинами происхождения и проявлениями¹⁵.

Таким образом, рождение классической механики, как и рождение классической небесной механики в виде законов Кеплера, характеризуется нарушением одной симметрии и установлением другой.

Симметрия и асимметрия в эпоху научных революций

Так же можно охарактеризовать и более позднее появление других значимых физических теорий – электродинамики Максвелла и специальной (СТО) и общей (ОТО) теорий относительности. Как известно, следствием электродинамики Максвелла, так же как и в механике Ньютона, являлась асимметрия между относительными системами отсчета и выделенной, абсолютной системой отсчета, «привязанной» к мировому эфиру, которая могла отождествляться с абсолютным пространством Ньютона. Именно вера в то, что в этой системе отсчета время t является истинным, а местное время t' , связанное с

¹³ Ньютон. Математические начала натуральной философии... С. 30.

¹⁴ Там же. С. 31.

¹⁵ Там же. С. 32.

другими, локальными системами отсчета, имеет вспомогательный характер и не обладает онтологическим статусом, не позволило Лоренцу стать автором специальной теории относительности. Гений Эйнштейна как раз и заключался в том, что он утвердил симметрию для всех инерциальных систем отсчета, отказав в онтологическом статусе выделенной системе отсчета мирового эфира (абсолютного пространства). Таким образом, появление СТО связано с утверждением еще одного вида симметрии – симметрии инерциальных систем – и как следствие – их относительностью.

Специальная теория относительности основана на идее, что определенные системы координат (инерциальные системы) являются равноправными для формулировки законов природы...¹⁶

Но и ОТО так же опирается на постулируемый Эйнштейном еще один тип симметрии, который можно назвать динамическим. Положение о нем Эйнштейн выразил в принципе эквивалентности инертной и гравитационной масс, из которого следует, что

...не существует никакого реального разделения на инерцию и гравитацию, поскольку ответ на вопрос о том, находится ли тело в определенный момент времени исключительно под действием инерции или под комбинированным воздействием инерции и гравитации, зависит от системы координат, т. е. от способа рассмотрения¹⁷.

Первая фигурирует во втором законе Ньютона и является мерой инерции тела, тогда как вторая – в законе всемирного тяготения и определяет гравитационный потенциал (может рассматриваться как фактор, определяющий меру гравитационного взаимодействия) тяготеющего тела. Из принципа эквивалентности следует симметрия всех неинерциальных систем, как тех, что движутся ускоренно, так и тех, что движутся в поле тяготения. Правда, это симметрия условна, поскольку на все точки тела, двигающегося с ускорением, действует одинаковая сила, тогда как на различные точки тела, двигающегося в поле тяготения, действуют различные по величине силы. Однако эта условность не помешала Эйнштейну создать ОТО, которая получила эмпирическое подтверждение и до сегодняшнего дня не существует фактов, опровергавших ее. Таким образом, релятивистская механика в лице СТО и ОТО установила два типа симметрии – симметрия между всеми инерциальными системами отсчета и симметрия между всеми неинерциальными системами отсчета.

Р. Фейнман в своем знаменитом курсе¹⁸ дал сводную таблицу всех физических видов симметрии: 1) перенос в пространстве; 2) перемещение во времени; 3) поворот на фиксированный угол; 4) движение по прямой с постоянной скоростью (преобразование Лоренца); 5) обращение времени; 6) отражение пространства; 7) перестановка одинаковых атомов или одинаковых частиц;

¹⁶ Эйнштейн А. Собрание научных трудов. М., 1965. Т. 1. С. 421.

¹⁷ Там же. С. 422.

¹⁸ Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. М., 1965. Т. 1.

8) изменение квантово-механической фазы; 9) замена вещества антивеществом (зарядовое сопряжение).

Возвращаясь к геометрической симметрии пространства и времени, необходимо отметить, что эта симметрия также продемонстрировала свою эффективность и эвристический потенциал не только в механике, но и в других разделах физики – кристаллографии и кристаллофизике, физике твердого тела (сверхпроводимость, сверхтекучесть, экситоны, плазмоны), элементарных частиц, биофизике и в биофизических и биохимических системах. Однако если говорить о механике, то в первую очередь следует сказать о теореме Э. Нётер, согласно которой каждой непрерывной симметрии физической системы соответствует некоторый закон сохранения. Формально закон сохранения представляет собой неизменность первых интегралов (которые выражаются через функцию Лагранжа) механической системы при ее различных преобразованиях¹⁹. Так, симметрии однородности пространства, т. е. возможности любого *параллельного переноса* системы как целого при неизменности ее механических свойств, соответствует неизменность первого интеграла, отождествляемого с импульсом. Симметрии изотропии пространства, т. е. возможности любого *поворота* в пространстве механической системы как целого при неизменности ее механических свойств, соответствует первый интеграл, отождествляемый с моментом импульса. И наконец, симметрии однородности времени, позволяющей *произвольным образом сдвигать начало отсчета времени* для любой механической системы без изменения ее механических свойств, соответствует первый интеграл, отождествляемый с энергией. Все это – аддитивные интегралы движения, т. е. в этих интегралах их значение для системы, состоящей из частей, взаимодействием которых можно пренебречь, равно сумме значений для каждой из частей в отдельности. Кроме вышеуказанных существуют другие, не аддитивные первые интегралы, соответствующие другим симметриям и тождественные другим законам сохранения.

Одной из наиболее ярких иллюстраций вышеприведенного тезиса является спонтанное нарушение симметрии. Таковым называется ситуация, когда основное состояние системы, взаимодействия в которой имеют некоторую симметрию, само этой симметрией не обладает. Примером может служить спонтанное намагничивание ферромагнетиков, которое порождает выделенное направление (асимметрию) при исходной сферической симметрии взаимодействий в системе. Механизм спонтанного нарушения симметрии лежит также в основе явлений сверхтекучести и сверхпроводимости и модели электрослабого взаимодействия в теории элементарных частиц. Различные явления спонтанного нарушения симметрии характеризуются рядом общих черт, которые связаны с тем, что они происходят тогда, когда симметричные состояния оказываются неустойчивыми и под действием малых возмущений переходят в энергетически более выгодные несимметричные состояния²⁰.

¹⁹ Подробнее см.: Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Механика. М., 2004.

²⁰ См.: Изюмов Ю. А., Сыромятников В. Н. Фазовые переходы и симметрия кристаллов. М., 1984; Паташинский А. З., Покровский В. Л. Флуктуационная теория фазовых переходов. М., 1982.

Одной из характеристик спонтанного нарушения симметрии является параметр порядка. Это термодинамическая величина, характеризующая дальний порядок в среде, возникающий в результате спонтанного нарушения симметрии при фазовом переходе. Равновесный параметр порядка равен нулю в неупорядоченной фазе и отличен от нуля в упорядоченной. При фазовом переходе 2-го рода параметр порядка непрерывно возрастает от нулевого значения в точке перехода, тогда как при переходе 1-го рода он сразу принимает конечное значение.

Свойство симметрии свойственно не только физическим, но и химическим и биологическим системам. У различных биологических объектов встречаются следующие типы симметрии: сферическая симметрия – симметричность относительно вращений в трехмерном пространстве на произвольные углы, аксиальная симметрия (радиальная симметрия, симметрия вращения неопределенного порядка) – симметричность относительно поворотов на произвольный угол вокруг какой-либо оси, симметрия вращения n -го порядка – симметричность относительно поворотов на угол $360^\circ/n$ вокруг какой-либо оси, двусторонняя (билатеральная) симметрия – симметричность относительно плоскости симметрии (симметрия зеркального отражения) ²¹.

Симметрия и асимметрия как методология

Итак, обобщая все вышесказанное, можно заключить, что симметрия как методологический принцип и в настоящее время, и в прошлом была источником тех или иных теоретических положений, принципов и подходов, в значительной мере определяющих мировоззренческую или онтологическую составляющую физического знания (в терминологии В. С. Степина – дисциплинарную онтологию наиболее общих физических теорий ²²). Действительно, и движение планет по совершенным круговым орбитам в Античности и Средние века, и симметрия всех видов (кроме падения) движения у Аристотеля, и симметрия состояния покоя и состояния равномерного прямолинейного движения Ньютона, и симметрия всех инерциальных систем отсчета (принцип относительности) Эйнштейна, как и его же симметрия неинерциальных систем отсчета (принцип эквивалентности), и соответствующие симметрии, связанные с законами сохранения, и «прикладные» виды и типы симметрий, к примеру, кристаллографические сингонии или симметрия параметра порядка в теории фазовых переходов ²³ – все они в той или иной степени являются элементами общенаучной и физической картин мира, задавая те или иные объекты физического исследования. В то же время нарушения симметрии, такие как первый закон Кеплера, абсолютное пространство время Ньютона, эфир Максвелла, спонтанное нарушение симметрии при фазовых переходах, кристаллические дефекты, несохранение четности в слабых взаимодействиях

²¹ Беклемишев В. Н. Основы сравнительной анатомии беспозвоночных. М., 1964.

²² Степин В. С. Теоретическое знание. М., 1999.

²³ Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика. М., 2002. Т. 5. Статистическая физика. Ч. 1.

ях, позволяют говорить нам, что и нарушение симметрии также имеет эвристический характер и является продуктивным для уточнения существующих научных теорий. Такое положение дел требует теоретического объяснения, которое может быть дано в рамках философско-методологической теории, предложенное одним из авторов данной работы ²⁴.

Суть этой теории кратко можно изложить следующим образом. Сопоставляя и анализируя классическое физическое знание вплоть до конца XIX в. и физику XX–XXI столетий, можно сделать вывод о том, что в их основе лежат различные онтологические парадигмы. Основой классической физики является субстанциональная онтологическая парадигма, берущее свое начало еще в онтологии Аристотеля и рассматривающая объекты физических исследований как объективную, независимую от человеческого сознания и опыта данность. Задачей исследователя в этом случае является «извлечение» из объекта исследования всего того физического содержания, что уже имеется в нем. Для этого широко используются эмпирические методы, строятся логические и математические модели в области теории, в которых *уже существующие* физические объекты идеализируются, т. е. упрощаются, и далее объектами исследования и описания становятся не они сами, а только их отдельные свойства. Всю эту процедуру можно представить как разложение объекта исследования (он же логический субъект) в предикативный ряд: $S = \Sigma P_i$, где S – сам объект исследования, а P_i – свойства исследуемого объекта.

В противоположность этому в физике XX–XXI вв. в силу целого ряда причин (в том числе и потому, что объекты физического исследования утратили свою наглядность) все большую популярность приобретает другая онтологическая парадигма, которую можно назвать реляционной. Ее суть заключается в том, что в этом случае первичной данностью являются не объекты физической реальности, а их свойства, из которых в рамках логических и математических моделей, с использованием эмпирической базы, конструируются, прежде всего как объекты теории, объекты физического исследования. И уже на более поздних стадиях становления и развития теории теоретические объекты онтологизируются, т. е. им приписывается статус физической реальности. Процесс конструирования объектов физического исследования в результате самого исследования формально можно выразить как функциональную зависимость объекта исследования (логического субъекта) от его свойств $S = f(P_i)$. В качестве функции f выступают прежде всего логические законы, а также общие методологические положения, нормы и принципы, которые используются при конструировании объектов исследования. Разумеется, деление онтологических оснований физического знания на две парадигмы, последовательно сменяющие друг друга, несколько условно. Элементы реляционной парадигмы можно обнаружить и в античной науке (особенно там, где предмет исследования не дан наглядно, как это было в космологии), и, соответственно, там, где предмет исследования сохраняет свою наглядность в современной науке, мы можем говорить, что свою функциональность сохраняет и субстанциональная парадигма.

²⁴ Тарароев. Онтологические основания...

Исходя из всего вышесказанного, можно утверждать, что одним из методологических принципов, которые используются при конструировании объектов исследования в реляционной парадигме, является принцип симметрии. Действительно, обращаясь к уже изложенному материалу, можно зафиксировать, что и в случае с небесными сферами, эпициклами и деферентами, и в случае симметрии Аристотеля всех форм и видов движения, симметрии инерциальных систем отсчета Эйнштейна, и его же симметрии инерции и гравитации, и во многих других случаях принцип симметрии выполняет роль механизма конструирования, выступая в качестве методологического принципа, опираясь на который конструируется тот или иной объект физического исследования. Такими и являются сферы, эпициклы, деференты, тела у Аристотеля, взаимодействующие посредством сил, четырехмерное пространство-время у Эйнштейна, параметр порядка в теории фазовых переходов и многое другое. Наглядным примером этого тезиса в современной физике элементарных частиц может служить суперсимметрия. Это гипотетическая симметрия, связывающая бозоны (частицы с целым спином) и фермионы (частицы с полуцелым спином) в природе. Преобразование суперсимметрии связывает бозонное и фермионное квантовые поля так, что они могут взаимно превращаться друг в друга. Математический аппарат теории был предложен в конце 1960-х гг. советскими физиками Ю. А. Гольфандом и Е. П. Лихтманом; австрийский физик Ю. Весс и итальянский физик Б. Зумино предложили использовать этот аппарат для описания ядерных частиц.

Поиск суперпартнеров обычных частиц – одна из основных задач современной физики. Большие надежды в этом отношении возлагаются на Большой адронный коллайдер – проводимые на нем эксперименты способны либо привести к открытию суперсимметричных частиц, либо поставить под сомнение теорию суперсимметрии.

Актуальность этой теории в последние годы возросла в связи с наблюдением астрофизиками явлений, указывающих на существование так называемого темного вещества. В теории суперсимметрии имеется кандидат на объяснение этого феномена – нейтралино, нейтральная стабильная частица.

В то же время и принцип нарушения симметрии в развитии физических представлений играл определенную эвристическую роль. В таком качестве можно рассматривать введение Галилеем принципа инерции, который, как уже говорилось выше, вводит асимметрию между ускоренным и равномерным движением и делает симметричным состояние покоя и состояние равномерного прямолинейного движения. Особое внимание при этом следует обратить на то, что этот принцип является обобщением значительного эмпирического материала, как и во многих других случаях, когда существующая симметрия нарушалась и на ее место вводилась новая, например, в случае фазовых переходов. А на основании этого можно утверждать, что нарушение симметрии всегда связано с тем, что «в игру вступают» эмпирические свойства реальности. И именно их «интеграция» в уже сложившийся теоретический конструкт, который зачастую уже обрел и онтологический статус, т. е. статус физической реальности, приводит к усложнению в понимании объекта физического исследования, появлению у него «неидеализированных» (если

считать симметрию идеализированным свойством) свойств²⁵. Проще говоря, именно наличие асимметрии в той или иной форме как раз и говорит о том, что мы имеем дело не только с логической, но и чувственной реальностью, и с этой точки зрения асимметрия является необходимым атрибутом физического знания как знания, где эмпирическая составляющая является обязательной. Используя терминологию К. Поппера можно сказать, что асимметрия играет роль эмпирической фальсификации симметрии, что и обеспечивает развитие научного знания. Эта фальсификация случается тогда, когда ее способны реализовать эмпирические возможности познающего субъекта, будь то отдельный человек, научное сообщество или общество в целом. И исходя из этого мы можем предсказать как появление в будущем новых видов и типов симметрий, так и их позднейшее нарушение.

²⁵ Вигнер Е. Нарушение симметрии в физике // Успехи физических наук. 1966. Т. 3. № 6. С. 453–467.