

Понятие замкнутой теории в современной естественной науке⁶¹

Физическое истолкование современной квантовой теории поставило некоторые фундаментальные теоретико-познавательные проблемы, затрагивающие понятие истинности естественнонаучных теорий вообще. Чтобы понять критерии, которыми мы руководствуемся, рассматривая сегодня притязания таких теорий на истинность, имеет смысл обратиться к истории и проследить, как с течением времени в ходе развития естественных наук менялись их цели и устремления. Поэтому, прежде чем переходить к обсуждению принципиальных вопросов, начнем с краткого исторического обзора.

1. Вспомним о первых шагах современного естествознания в XVI и XVII столетиях. Изучая движения звезд как феноменов, обладающих особой важностью и возвышенностью, Кеплер стремился познать гармонию сфер. Он полагал, что тем самым непосредственно приближается к познанию планов божественного творения. Мысль о том, что каждый процесс на Земле пронизан математическими связями, была ему совершенно чужда.

Ньюton не довольствовался формулировкой отдельных законов исключительной математической красоты. Он хотел дать простое объяснение механическим процессам— задача, как он понимал, практически необъятная. Но он надеялся установить основные понятия и законы, с помощью которых такое объяснение окажется возможным хотя бы в будущем. Ньюton связал основные понятия посредством ряда аксиом, поддававшихся непосредственному переводу на язык математики, и таким образом впервые создал возможность отобразить в математическом формализме бесконечное множество явлений. Отдельные сложные процессы могли быть таким путем поняты и «объяснены» как следствие основных законов. Даже если сам процесс еще не наблюдался, его исход можно было «предсказать», зная начальные условия и физические законы.

Разработка механики последующими поколениями учёных привела к таким успехам, что возникло мнение о

принципиальной сводимости всех процессов в мире к механическим, например к тем, которые происходят на уровне мельчайших частей материи. Правильность ньютоновской механики представлялась несомненной. Поскольку же эта механика позволяла, исходя из знания начальных условий, рассчитать будущее поведение системы, делался вывод, что знание всех механических характеристик мира в принципе обеспечивает полную вычисляемость будущего. Идея эта, наиболее ясно выраженная Лапласом, показывает, что к началу XIX века созданный Ньютоном тип математически формулируемого закона природы уже глубоко преобразовал естественнонаучное мышление.

Поэтому в XIX веке механика прямо отождествлялась с точным естествознанием. Ее задачи и сфера ее применимости казались безграничными. Еще Больцман утверждал, что мы можем понять физический процесс лишь в том случае, если объясним его механически.

Первую брешь в мире подобных представлений пробила максвелловская теория электромагнитных явлений, дававшая математическое описание процессов, не сводя их к механике. Вполне естественно, что сразу же разгорелся горячий спор о том, понятна ли теория Максвелла без механики. Делались попытки механически интерпретировать эту теорию, вводя гипотетическую субстанцию, эфир. Борьба эта достигла критической точки после открытия Эйнштейном в 1905 году так называемой специальной теории относительности, когда было установлено, что уже в силу тех допущений относительно пространства и времени, которые имплицитно содержались в максвелловской теории, ее нельзя свести к процессам, подчиняющимся ньютоновским законам. Вывод о том, что либо ньютоновская механика, либо максвелловская теория должна быть ложной, казался неизбежным.

Впоследствии некоторые естествоиспытатели и философы еще несколько десятилетий ожесточенно защищали позиции ньютоновской механики, опираясь на механическую модель эфира. В конце концов этот спор, как и многие другие мировоззренческие дискуссии, был перенесен даже на политическую арену. Но большинство физиков, опираясь на экспериментальные данные, признали правильными и специальную теорию относительности, и максвелловскую теорию. Ньютоновской теории отводилась роль хорошего приближения к правильной релятивистской механике, справедливого для таких процессов, в которых все скорости малы по сравнению со скоростью света.

Релятивистская механика и в самом деле переходит в ньютоновскую в предельном случае малых скоростей.

Но именно допущение, что ньютоновская теория «ложна» в строгом смысле слова, соблазнило некоторых естествоиспытателей на бессознательное перенесение в новую физику одной из фундаментальных гипотез физики XIX века. И хотя зарождавшаяся в то время квантовая механика уже исподволь угрожала внутренней замкнутости классической физики, однако формирование теории поля — прежде всего в рамках общей теории относительности — предвещало такие успехи, что некоторые физики признали задачей будущей науки описание мировых явлений в понятиях теории поля, то есть в одной-единственной системе понятий. Даже атомистические характеристики природы они стремились истолковать математически как сингулярности в решениях уравнений поля. И в первую очередь волновая механика де Броиля—Шрёдингера, казалось, соответствовала искомой картине всеобщей полевой физики. Хотя основные понятия релятивистской теории поля были абстрактнее понятий ньютоновской механики, хотя их было труднее представить в наглядной форме, они тем не менее вполне отвечали нашей потребности в объективном и каузальном описании процессов и воспринимались поэтому как универсальные.

2. Квантовая механика разрушила и эту иллюзию. Ее формальный математический аппарат никоим образом не мог быть непосредственно соотнесен с объективными событиями в пространстве и времени. То, что мы устанавливаем математически, лишь в малой части представляет собой «объективный факт», большей же частью это перечень возможностей. Например, фраза «Перед нами атом водорода в основном состоянии» заключает в себе не точное указание траектории электрона, а следующее высказывание: если наблюдать траекторию электрона с помощью соответствующего прибора, то электрон с определенной вероятностью $w(x)$ окажется в точке x . Классические понятия могут осмысленно применяться, лишь если заранее учитывать, что соотношения неопределенностей ставят их применению нерушимые пределы.

Ситуация, сложившаяся, таким образом, в квантовой механике, в двух весьма характерных отношениях отличается от ситуации в теории относительности, во-первых, невозможностью прямо объективировать математически описанные обстоятельства, с чем непосредственно связана и невозможность представить их в наглядной форме; во-

вторых — и это отличие, пожалуй, даже более важно, — вытекающей отсюда необходимостью продолжать использование понятий классической физики. При описании атома мы можем и должны использовать такие понятия, как траектория электрона, плотность волн материи в определенной точке пространства, теплота диссоциации, цвет и т. д. — все это понятия, относящиеся к классической физике, поскольку они отображают объективные процессы в пространстве и времени. Мы описываем в них результаты наблюдения. Разные понятия часто находятся друг к другу в отношении «дополнительности», но мы не можем заменить их, скажем, другими наглядными понятиями, применение которых не было бы ограничено соотношениями неопределенностей или дополнительностью.

Поэтому мы уже не говорим, что ньютоновская механика ложна и должна быть заменена правильной квантовой механикой. Скорее уж мы воспользуемся такой формулировкой: «Классическая механика является замкнутой научной теорией. Везде, где могут быть применены ее понятия, она дает в строгом смысле слова «правильное» описание природы». Мы, стало быть, и сегодня признаем истинность ньютоновской механики, даже ее строгость и общезначимость, но, добавляя «везде, где могут быть применены ее понятия», мы указываем, что считаем область применимости ньютоновской теории ограниченной. Понятие «замкнутая научная теория» возникло впервые в такой форме в квантовой механике. В современной физике мы знаем, по сути дела, четыре крупные дисциплины, которые можем в таком смысле назвать замкнутыми теориями: помимо ньютоновской механики, это теория Максвелла вместе со специальной теорией относительности, затем учение о теплоте — со статистической механикой, наконец, (нерелятивистская) квантовая механика вместе с атомной физикой и химией. Теперь следует несколько уточнить, какие особенности характеризуют «замкнутую теорию» и в чем может заключаться истинность такой теории.

3. Первым критерием замкнутой теории является ее внутренняя непротиворечивость. С помощью дефиниций и аксиом она должна допускать столь точное определение понятий, первоначально почерпнутых из опыта, и устанавливать между ними столь строгие отношения, чтобы им можно было сопоставить соответствующие математические символы, связанные системой непротиворечивых уравнений. Знаменитый пример подобной аксиоматизации

понятий представляет собой первая глава ньютоновских «Principia». Множество возможных явлений соответствующей сферы опыта отражается здесь во множестве возможных решений указанной системы уравнений.

Вместе с тем замкнутая теория должна быть в известном смысле «изобразительной», то есть, как говорилось выше, понятия теории должны быть укоренены непосредственно в опыте, они должны что-то «означать» в мире явлений. Пожалуй, проблемы, связанные именно с этим требованием, до сих пор не получили достаточного освещения. Пока понятия исходят непосредственно из опыта, как, например, понятия повседневной жизни, они остаются прочно связанными с явлениями и изменяются вместе с ними; они как бы прилегают к природе. Как только их аксиоматизируют, они становятся жесткими и отрываются от опыта. Хотя аксиоматическая система точных понятий все еще хорошо согласуется с обширной сферой опыта, тем не менее относительно понятия, установленного с помощью дефиниций и включенного в систему понятийных отношений, никогда нельзя заранее знать, как далеко можно с его помощью проникать в нашем общении с природой. Поэтому аксиоматизация понятий одновременно решительно ограничивает область их применимости.

Никогда нельзя точно знать границы этой области. Только убедившись на опыте, что некое новое множество явлений уже нельзя упорядочить с помощью старых понятий, мы понимаем, что достигли здесь границ. Например, первые признаки границ ньютоновской механики можно, по-видимому, заметить в работе Фарадея, который почувствовал, что понятие силового поля более подходит к описанию электромагнитных явлений, чем понятия механики. Но-настоящему же границы эти были впервые достигнуты в результате открытия специальной теории относительности, стало быть, почти на 100 лет позже.

Но и после того как границы замкнутой теории преодолены, то есть после того как новая сфера опыта упорядочена с помощью новых понятий, система понятий замкнутой теории остается неотъемлемой частью того языка, на котором мы говорим о природе. Замкнутая теория составляет одну из предпосылок дальнейшего исследования. Результат эксперимента мы можем выразить только в понятиях прежних замкнутых теорий. Иногда поэтому делались попытки причислить понятия старых замкнутых теорий к априорным предпосылкам точного естествознания и тем самым придать им еще более абсол-

лютный характер. Тем не менее здесь необходимо допустить по меньшей мере различие в степени. Такие фундаментальные формы человеческой способности представления или мышления, как пространство и время или закон причинности, которые использовались на протяжении тысячелетий, следует считать априорными в более высокой степени, чем относительно сложные формы мышления, свойственные замкнутым теориям последних столетий. Если считать априорные формы созерцания «врожденными схемами», как пытался делать биолог Лоренц, то понятия, установленные замкнутыми теориями последних столетий, явно не могут или еще не могут быть априорными.

Все до сих пор сказанное можно кратко суммировать в следующих тезисах:

а) замкнутая теория справедлива на все времена; везде и всегда, в сколь угодно далеком будущем, если только опытные данные могут быть описаны в понятиях этой теории, ее законы окажутся правильными;

б) замкнутая теория не содержит вполне достоверных утверждений о мире опыта. Как далеко позволяют понятия этой теории продвинуться в познании явлений, в строгом смысле остается неопределенным и попросту делом случая;

в) несмотря на эту ненадежность, замкнутая теория остается частью нашего естественнонаучного языка и поэтому составляет интегральную часть действующего понимания мира.

Завершая анализ, вернемся еще раз к тем историческим процессам, которые — в результате изменившегося на исходе средневековья представления о реальности — привели в конечном счете к возникновению всей физики нового времени. Эти процессы выступают как последовательность мыслительных структур, замкнутых теорий, которые сформировались как бы из кристаллического зародыша некоторых опытных проблем и впоследствии, когда кристалл полностью вырос, вновь отделились от опыта на правах чисто интеллектуальных образований; но мир отныне был освещен ими для нас на все века. Историческое развитие физики кажется поэтому при всех различиях не лишенным сходства с историей становления других духовных сфер, например искусства; ибо цели, которыми в конечном счете вдохновляются другие сферы духовной жизни, состоят именно в том, чтобы раскрыть мир — в том числе и наш внутренний мир — посредством творений человеческого духа.