

Г. Б. Гутнер

Идеальное конструирование и генезис математического естествознания

Рассматривается рождение новой познавательной стратегии и соответствующей картины мира в ходе научной революции XVII века. Основой этой стратегии является идеальное конструирование, осуществляемое посредством математики. Последнее рассматривается как альтернатива качественному идеальному конструированию, характерному для Аристотеля и позднего средневековья. Математизированные идеальные конструкции создают особый способ понимания мира, основанный на разворачивании исходной теоретической схемы, в рамках которой задана связь простейших идеальных объектов, доступных числовому описанию.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: математическое естествознание, идеальное конструирование, метод, мысленный эксперимент, ясность.

Одна из важнейших черт европейской культуры — существование теоретической науки, т. е. науки, ориентированной на бескорыстное познание, на истину ради самой истины. Такой тип познания появился в античной Греции и сохраняется (пока) и в современной культуре. Фундаментальная наука, ставшая ныне достоянием глобальной цивилизации, рождается именно из этого — европейского — отношения к знанию. Что же лежит в основании самого теоретического подхода? Возможно, важнейшей мотивацией здесь является достижение ясности, стремление к «ясному и отчетливому», как выразился в свое время Декарт, пониманию реальности. В разные эпохи, однако, формируются разные представления о ясности. Чтобы эксплицировать эти представления, необходимо рассмотреть стиль мышления эпохи, конкретные ходы мысли, осуществляемые в науках соответствующего времени. В этой статье мы сделаем попытку описать идеал ясности, свойственный европейской науке Нового времени, а для этого поговорим о ее возникновении.

Рождение естествознания на рубеже XVI и XVII веков, именуемое также научной революцией, многократно описано в ли-

тературе. Нет необходимости рассматривать все аспекты этого сложного события. Чтобы войти в собственно философскую проблематику, нам нужно прояснить несколько факторов, сформировавших мышление эпохи.

Обозначим прежде всего исходную позицию, тот взгляд на мир, от которого отталкивается зарождающаяся наука или, выражаясь языком Томаса Куна, ту парадигму, которая пересматривается затем в ходе научной революции.

Зрелое Средневековье, как известно, ориентировалось преимущественно на Аристотеля. Средневековое естествознание полностью базировалось на трактатах Стагирита, хотя и не во всем ему следовало. Для нас здесь важно, что в исследовании природы Аристотель и его средневековые последователи развивали исключительно качественный подход. Задачей исследования было описание сущностей вещей сообразно их родам и видам и выяснение причин движений. Следует обратить внимание на некоторые важные черты аристотелевского космоса, чтобы понять, сколь радикально изменился образ мира на протяжении полутора-двух столетий.

Прежде всего, аристотелевский космос конечен. Он представляет собой систему концентрических сфер. В центре этой системы расположена Земля. На внешней, самой отдаленной от Земли сфере расположены звезды. Остальные семь сфер принадлежат светилам. На ближайшей к Земле сфере находится Луна, далее — Солнце, Меркурий, Венера, Марс, Юпитер, Сатурн. Каждое светило совершает вместе со своей сферой круговое движение. Это самое совершенное движение. Совершенство его выражается, в частности, в том, что оно происходит вечно, поскольку круг не имеет ни начала, ни конца.

Внутри лунной сферы, т. е. вблизи Земли, движение определяется совсем другими законами. Здесь действует принцип естественного места. Чтобы понять его, нужно вспомнить, что существуют четыре исходных элемента (стихии): земля, вода, воздух и огонь. Все прочие тела образуются через смешение этих четырех. Каждая из стихий имеет свое естественное место в подлунном мире. Земля располагается внизу, т. е. в центре, огонь — наверху, т. е. на периферии. Вода и воздух располагаются между ними, причем вода ближе к земле, а воздух — к огню. Оказавшись вне своего естественного места, всякая стихия стремится вернуться в него. Именно поэтому тела, состоящие из земли, падают вниз, огонь же, напротив, поднимается вверх. Воздух, оказавшись под водой,

поднимается, вода, находящаяся под землей, при первой возможности также выходит на поверхность. Стремясь к своему естественному месту, стихия движется по прямой линии. Прямолинейное движение менее совершенно, чем круговое: оно имеет начало и конец.

Круговое движение небесных сфер и прямолинейное движение стихий представляют собой основные виды движений в мире. Все прочие движения так или иначе сводятся к ним. Заметим, что при описании любого движения важнейшую роль играет понятие цели. Для стихий целью является естественное место. Более сложные движения в подлунном мире также определяются целями: всякое изменение совершается ради чего-то. Рост растений, движения животных — все имеет свою цель. Этим определяется задача науки: познать нечто — значит понять цель, к которой оно стремится. При этом обнаруживается еще одно свидетельство совершенства кругового движения. Сфера, движущаяся по кругу, уже достигла своей цели. В каждый момент своего движения она стремится к некоторому иному положению, которого еще нет и которое можно назвать целью. Однако это будущее положение ничем не отличается от текущего. Действительность (то, что есть) тождественна возможности (то, чем может стать). Совершенно иначе обстоит дело с прямолинейным движением. Пока оно не завершено, цель не достигнута. Существует принципиальная разница между текущим моментом и конечным положением. Только последнее является достигнутой целью. Пока же движение продолжается, движущееся тело в известном смысле несовершенно, оно не достигло своего естественного места, т. е. не существует в соответствии со своей природой. Это же верно для любого изменения.

Цель определяет движение и, следовательно, существует прежде самого движения. Если движение все еще совершается, т. е. его цель еще не достигнута, то для движущегося тела она пока не существует, точнее, существует лишь в возможности. Но где-то эта цель уже должна существовать и в действительности. В противном случае бессмысленным был бы сам разговор о движении к цели. Это рассуждение приводит нас к утверждению о существовании божественного Ума, вечно мыслящего все цели, к которым когда-либо что-либо устремлено в космосе. В этом Уме все цели уже есть в действительности. Сам он, естественно, неподвижен, поскольку все цели в нем и ему попросту некуда стремиться. Покой, присущий божественному Уму, есть самое совершенное состояние.

Таков в общих чертах образ мира, воспринятый от Аристотеля средневековыми мыслителями. Заметим, что такое представление о космосе порождает серьезную трудность для христианской веры. Библия говорит нам, что мир сотворен и существует конечное время. Он имеет начало и будет иметь конец. Однако аристотелевский космос существовал и будет существовать всегда, поскольку движение по кругу не имеет, как мы уже заметили, ни начала, ни конца. Фома Аквинский, пытаясь совместить аристотелевский космос с христианским креационизмом, доказывал даже, что вечность мира никак не противоречит его сотворенности [Фома Аквинский].

Как же меняется образ мира в преддверии Нового времени?

На интеллектуальном горизонте европейцев появляется платонизм. Можно рассматривать это как историческую случайность, связанную, в частности, с тем, что в XIV–XV вв. на Запад перебираются византийские интеллектуалы, бегущие из разваливающейся империи от наступающих турок. Образованным византийцам Платон и его последователи были хорошо известны, в отличие от их западных коллег. Именно они принесли в Европу платонические и пифагорейские тексты. Конечно, мало было просто принести тексты. Нужно, чтобы они еще были прочитаны. Почему эта традиция оказалась столь востребована в ренессансной Европе, мы здесь выяснять не будем. Нам достаточно простой констатации: под воздействием платонической философской традиции появляется иной образ мира. Чем же он отличается от аристотелевского, воспринятого и развитого в средневековой схоластике? На первый взгляд, это почти то же самое. Тот же конечный сферический космос, те же круговые движения светил, те же четыре стихии, составляющие материал мироздания. Но есть одно важное различие. Платоновский космос устроен на основании геометрических фигур и числовых отношений. В этом смысле интересно сравнить «Тимей» Платона с естественнонаучными трактатами Аристотеля. В последних речь идет, как мы только что выяснили, о форме движения, об описании целей любого изменения. Платон же для объяснения вещей прибегает к математике. Стихии определяются геометрической структурой. Размеры и вращение сфер упорядочены числовыми отношениями. Это же справедливо для всего остального в космосе. Такой взгляд на мир требует иных, чем у Аристотеля, методов исследования. Понять что-либо в мире — значит найти числовую структуру, определяющую

предмет. Числовые отношения составляют сущность вещей, а потому научные задачи — это задачи математические.

Именно эту мысль находим мы у основателей европейской науки в начале XVII века. Создавая новую картину мира, совсем не похожую ни на платоновский, ни на аристотелевский космос, они удерживают ориентацию на математическое познание. Центральной фигурой здесь является, по-видимому, Галилео Галилей, провозгласивший, что природа говорит с нами на языке математики. Именно этот ученый создал новую теорию движения — математическую. Он описал перемещение тел в пространстве не качественно, как Аристотель, а количественно. В галилеевской физике понятие движение — значит найти числовую зависимость между основными его характеристиками. Само движение рассматривается как перемещение тел по математически правильным траекториям, имеющим строгое геометрическое представление. Это касается и движения планет, и движения тел вблизи земной поверхности [*Галилей. Математические доказательства, Галилей. Диалог*].

Поиск математических оснований природы имеет еще один интересный аспект. Чтобы увидеть эти основания, нужно перейти от реальных наблюдаемых предметов к их идеальным образам. Нас окружают разнообразные вещи, совершающие разнообразные движения. Формы этих вещей и их движения не обладают математической правильностью. Вокруг нас нет идеальных прямых, парабол и эллипсов. Однако если мы полагаем суть вещей в их математической структуре, нам следует все эти неправильности считать случайными отклонениями от сути. Нам надо научиться видеть вокруг себя не горы, поверхность земли или камни, а кривые, плоскости, точки. Мир математического естествознания — это мир математических идеальных предметов. Значительная часть познания заключается в конструировании таких предметов и поиске связей между ними.

Наука как публичная деятельность

Только ли платонизм повлиял на возникновение математического естествознания в начале XVII века? Существует довольно бурная дискуссия о его истоках, в ней можно условно выделить две основных позиции. Одна из них состоит в том, чтобы рассматривать рождение науки в контексте различных практик, реализуемых в обществе. Многие исследователи, например, связывают

математическое естествознание с развитием техники, совершенствованием ремесленного производства. В частности, весьма значимым условием признается совершенствование техники измерений. В самом деле, чтобы искать в природе числовые отношения, нужно эти числа находить физически, т. е. что-то измерять [*Фройденталь*]. Впрочем, в обществе существуют и иные практики, которые также могли повлиять на возникновение новой науки. Более поздние исследователи обращают внимание, например, на практики власти. Так, в оригинальном исследовании З. А. Сокулер научные идеи ставятся в прямую зависимость от отношений между научным сообществом и государственными институтами [*Сокулер*].

Вторая позиция состоит в том, что происхождение идей нужно искать в сфере идей. Математическое естествознание есть способ мышления людей определенной эпохи, а потому нужно установить, как развивалось это мышление, какие воззрения на него влияли, от чего оно отталкивалось. Классическим примером такого подхода можно считать исследования А. Койре¹, на которые мы и опирались, говоря о влиянии платонизма на зарождение новой науки. Такой подход можно упрекнуть в ограниченности, в отрыве мысли от различных практик. Но ведь и сами практики зависят от состояния мысли. Могли ли, например, появиться техники измерения без исходного убеждения, что космос устроен подобно числу?

Итак, первый фактор, повлиявший на рождение европейской науки, состоит в повороте от аристотелевского видения мира к платоническому и в инспирированном этим поворотом поиске математических оснований мира.

Опишем теперь другой фактор, не связанный прямо с первым, хотя, возможно, и имеющий с ним некоторую корреляцию. В данном случае речь пойдет не о связи идей, а как раз о влиянии определенного рода практик на появление идей. Практики, на которые мы обратим внимание, следует назвать коммуникативными. Интересующий нас фактор я бы определил как переход от эзотерики к публичности.

Средневековое общество имело жесткую корпоративную структуру. Человек получал определенный социальный статус только тогда, когда входил в некую корпорацию. Ремесленники

1. Смотри, в частности: [*Койре. Аристотелизм; Койре. Галилей; Койре. Ньютон*].

объединялись в цехи, купцы — в гильдии. В эпоху зрелого Средневековья богословы и философы объединялись в университетах, которые также представляли собой замкнутые корпорации. Общение между корпорациями было весьма ограниченным. Цехи хранили секреты ремесленного мастерства, не допуская разглашения цеховых тайн. Ремесленное искусство передавалось лишь в личном общении, от учителя к ученику. Знания, преподававшиеся в университетах, не были тайными, но слой образованных людей, способных к восприятию университетской науки, был настолько узким, что и эти знания можно в известном смысле назвать эзотерическими.

Позднее Средневековье и эпоха Возрождения также не чужды эзотерики. Это период широкого увлечения магией, алхимией и астрологией, в которых тоже предполагается наличие тайного знания, открытого узкому кругу посвященных и передаваемого лично по мере вхождения в этот круг.

Однако в эту же эпоху начинают размываться корпоративные границы. В XV–XVI вв. коммуникация в обществе становится более широкой и открытой. Здесь необходимо указать на два обстоятельства. Первое — это изобретение книгопечатания. Оно резко увеличивает доступность знания и возможность публичной полемики. Второе обстоятельство — Реформация. Один из ее существенных аспектов состоит в расширении богословских дискуссий. Они перестают быть уделом узкого круга профессиональных теологов и вовлекают многих образованных людей. Повидимому, число последних также возрастает в описываемую эпоху. Именно Реформация создает в Европе атмосферу напряженной публичной полемики.

Идея метода и конструктивизм в математическом естествознании

Здесь мы подходим к важнейшей идее, во многом определившей специфику европейской науки, — идее метода. Чтобы публично обосновать полученный результат, нужно указать путь, ведущий к этому результату. Первооткрыватель как бы приглашает любого желающего: сделай то же, что сделал я, и у тебя получится такой же результат.

Воспроизводимость результатов является одним из главных требований, предъявляемых научному знанию. Наиболее очевидно оно для экспериментальных методов, о которых мы еще

скажем несколько слов позже. Ясно, что один и тот же эксперимент, проведенный при одинаковых условиях, должен всегда приводить к одному исходу. Впрочем, это требование распространяется и на математические методы. Развитие этих методов представляет собой своеобразное пересечение двух описанных нами факторов: ориентации на поиск числовых и геометрических структур, с одной стороны, и требования обоснованности и воспроизводимости результатов, с другой.

Посмотрим, что представляет собой математический метод. Заметим прежде всего, что он был разработан вовсе не в описываемую нами эпоху, а еще в античности. Идеалом математического исследования являются «Начала» Евклида. Это произведение на протяжении многих столетий оставалось образцом подлинно научного текста. Подход, осуществленный Евклидом применительно к геометрии, пытались затем воспроизвести в других науках. Коротко суть этого подхода состоит в построении науки как дедуктивной системы. Наука основывается на ряде исходных положений, называемых аксиомами и постулатами. В них фиксируются некоторые очевидности, т. е. положения, не требующие доказательств. Они настолько ясны и просты, что не могут вызвать сомнений ни у одного разумного существа. Из этих очевидных положений строго дедуктивно выводятся другие, называемые теоремами. Не следует, однако, думать, что теоремы выводятся из аксиом как заключения из заданных посылок, наподобие силлогизма. Система Евклида вовсе не силлогистическая, а силлогизмы, если и используются, то явно не выступают в качестве основного правила вывода. Заметим, что силлогизм не дает никакого приращения знаний: заключение содержит то, что уже было в посылках. Между тем каждая доказанная Евклидом теорема есть нечто новое. Аксиомы, постулаты и определения вовсе не содержат в себе всей евклидовой геометрии.

Метод, используемый Евклидом, следует назвать конструктивным. Постулаты, лежащие в основании геометрии, представляют собой своего рода предписания. Они описывают исходные геометрические операции, которые, будучи произведены, приведут к созданию первоначальных геометрических объектов: прямой, окружности, пары параллельных (или пары пересекающихся) прямых. Последовательно применяя эти операции, можно конструировать все более сложные объекты. Доказательства теорем представляют собой именно такие сложные конструкции, созданные с помощью исходных простых операций.

Применение математического подхода к естествознанию означает, что и природные объекты должны быть сконструированы в уме с помощью последовательных математических действий. Некоторые из этих действий представляют собой геометрические построения и алгебраические операции. Однако для исследования природы их недостаточно. Чтобы создать естественнонаучную теорию, необходимо ввести дополнительные операции, представляющие собой физические постулаты. По форме они также должны быть математическими, с их помощью можно оперировать с идеальными математическими объектами. Однако эти постулаты нельзя заимствовать из математики. Они должны в математической форме выражать существенные свойства физических объектов.

Галилей, создавая математическую теорию движения тел, именно так и поступает. Например, он устанавливает два положения, касающихся движения. Согласно первому, тело на гладкой горизонтальной поверхности, не испытывающее никаких воздействий, движется по прямой линии с неизменной скоростью. Второе положение утверждает, что скорость тела, падающего вертикально вниз, прямо пропорциональна времени движения. Исходя из этих двух положений можно установить, что траекторией брошенного под углом к горизонту тела будет парабола. Причем сделать это можно уже чисто математическим путем, проведя ряд построений, использующих геометрические и алгебраические операции.

Вспомним теперь о публичности и обоснованности знания. Чтобы познать физический объект, нужно сконструировать его с помощью математических операций. Последовательность таких конструктивных действий и есть метод. Им может воспользоваться любой, желающий убедиться в истинности знания. Научный результат, таким образом, принципиально воспроизводим. Впрочем, возникает одна трудность. Безусловно воспроизводимым и, следовательно, безусловно достоверным является результат в евклидовой геометрии. В этой науке мы опираемся на исходные очевидности, зафиксированные в постулатах. На какие же исходные принципы должно опираться естествознание? Как найти физические постулаты — столь же достоверные, как геометрические? Ясно, что они должны выражать какие-то законы природы и при этом быть настолько простыми и очевидными, чтобы с их помощью можно было убедить любого. Например, приведенные выше положения, характеризующие движение тел,

не обладают этими достоинствами. Когда Галилей сформулировал эти утверждения, они вызвали множество недоумений и возражений. Можно было бы предположить, что поскольку речь здесь идет о реальных природных объектах, то искомые положения должны заимствоваться из опыта благодаря внимательному наблюдению за окружающими вещами. В таком случае лучшим обоснованием была бы ссылка на опыт. Однако так никогда не построишь математической конструкции. Мы уже говорили о том, что математические объекты ненаблюдаемы. В частности, один из постулатов, предложенных Галилеем, невозможно наблюдать в природе: физически не существует условий для бесконечного движения по прямолинейной траектории.

Тем не менее Галилей нашел прекрасный способ показать достоверность своих принципов. Этот способ — мысленный эксперимент. Заметим, что экспериментальные методы, столь важные в современной науке, начинаются с мысленных экспериментов Галилея. Поэтому им следует уделить некоторое внимание. Начнем с примера возможного эксперимента, обосновывающего только что упомянутый принцип. Представим шарик, скатывающийся по желобу с наклонной плоскости. Скатившись, шарик приобретет некоторую скорость и направление движения. Его дальнейшее движение по горизонтали будет постепенно замедляться из-за трения о поверхность. Оно также будет иметь некую случайную траекторию, определяемую неровностями этой поверхности. Мы, однако, можем представить, что чем более гладкой будет эта поверхность, тем меньше отклонений будет у катящегося шарика. Чем меньше будет трение, тем менее заметно замедление. Мысленно сводя неровность к нулевой, т. е. доводя гладкость до идеальной, мы будем приближать траекторию к прямолинейной. При этом замедление также будет постепенно исчезать. Иными словами, можно представить себе воображаемый предел, когда шарик, не испытывая никаких воздействий, катится равномерно и прямолинейно.

В этом примере демонстрируется предельный переход, возможный только в уме, от реального наблюдения к идеальному представлению. Полученное идеальное представление уже доступно математическому описанию. Мысленный эксперимент — это не воспроизведение естественного положения дел, а создание искусственной ситуации. Она получена в результате последовательного устранения ряда факторов, которые можно счесть случайными. Мысленный эксперимент позволяет обнаружить идеальную

сущность явления, которую невозможно увидеть непосредственно. При этом он представляет собой публичную демонстрацию: искомая идеальная сущность открывается всякому, кто готов повторить предлагаемое рассуждение. Обратим внимание на конструктивный характер мысленного эксперимента. Он подразумевает не созерцание, а действие, не наблюдение за существующим в природе, а создание конструкции, сообразной замыслу исследователя.

Галилей активно использовал мысленный эксперимент для обоснования физических положений. Благодаря его умственным построениям возникла целая система идеальных представлений. Гуссерль, изучавший в 30-х годах двадцатого столетия деятельность Галилея, увидел в этой практике основной замысел европейского естествознания. Начиная с Галилея, наука не просто создает идеализации, но замещает мир реальных вещей системой идеальных объектов. Все, что непосредственно окружает человека, с чем он постоянно имеет дело в своих жизненных практиках, новая наука объявляет лишь набором случайностей, затемняющих существо дела. Истина о мире существует только в идеальных представлениях, доступ к которым возможен лишь благодаря интеллектуальной активности. Тем самым наука с самого начала ориентируется на конструирование, создание нового. Это должно выразиться, в частности, в радикальной трансформации существующих практик сообразно выработанным наукой идеальным образцам. Такая трансформация неизбежно должна оказаться успешной и благотворной для человечества, поскольку именно в этих образцах заключена истина о мире.

Мысленный эксперимент, разработанный Галилеем, оказался, как мы уже упомянули, предшественником реального эксперимента, используемого современным естествознанием. Конечно, здесь мы имеем дело с наблюдением за существующим в природе физическим объектом, а не с воображаемой конструкцией. Однако реальный эксперимент, подобно мысленному, есть искусственно созданная ситуация. Он позволяет наблюдать то, чего не видно в естественных условиях. При этом реальный эксперимент — максимально точное техническое воспроизведение продуманной заранее идеальной конструкции. В известной мере он может быть понят как материальное воплощение эксперимента мысленного. Это тем более верно, если учесть, что результат реального эксперимента также является идеальным. Экспериментальные данные должны быть встроены

в теоретические конструкции, т. е. поняты как идеальные. Впрочем, здесь можно увидеть и развитие замысла математического естествознания: от мысленного конструирования в идеальной сфере происходит переход к реальному конструированию в сфере материальной.

Онтологические допущения новой науки

Рождение научной практики тесно связано с рядом допущений, принятых в описываемую эпоху и ставших основными предпосылками классической науки. Эти онтологические допущения, т. е. основные представления о структуре реальности, представляют собой условия возможности всего того, о чем мы только что говорили: математического конструирования природы и воспроизводимости научного результата.

Таких допущений следует указать три: 1) однородность пространства, 2) однородность времени, 3) независимость от субъекта.

Первое из названных условий означает, что законы природы одинаковы во всех точках пространства. Этот факт можно выразить и по-другому: одни и те же действия, совершенные при одинаковых условиях, будут приводить к одинаковым результатам независимо от места, где они совершены. Иными словами, однородность пространства тесно связана с воспроизводимостью. Где бы мы ни провели эксперимент, доказательство или расчет, результат будет всегда один и тот же. В этом смысле пространство однородно. В нем нет выделенных мест.

Постулат об однородности пространства влечет за собой вывод о его бесконечности. В самом деле, если мир конечен, то он пространственно неоднороден. В нем необходимо различать границу, периферийные и центральные области. Это прекрасно видно на примере аристотелевского космоса. Он неоднороден принципиально: внутри подлунной сферы действуют совершенно иные законы, чем вне ее. Все, что касается движения планет, невозможно распространить на движение тел около Земли.

Можно привести другой пример неоднородности пространства. По существу, любая религиозная практика предполагает различение сакрального и профанного. Совершение культа связано с выделенными местами, в которых присутствует божество. В таких местах человеческие действия приобретают ритуальный

характер и приводят к особым результатам, невозможным в обычном пространстве.

Второе из названных допущений можно выразить почти в тех же выражениях, что и первое. Во-первых, предполагается, что законы природы не меняются в течение времени. Во-вторых, что одни и те же действия, совершенные при одних и тех же условиях, в любое время будут приводить к одному и тому же результату. Во времени, как и в пространстве, нет выделенных точек, нет особых периодов: все моменты времени, как и все временные промежутки, равноправны.

В похожих терминах можно выразить и третье допущение. Оно прежде всего связано с публичным характером науки и универсальной обоснованностью научного знания. Одни и те же действия, совершенные при одних и тех же условиях, приводят к одинаковым результатам независимо от того, кто эти действия совершает. Законы природы одинаковы для всех людей, и научная истина не зависит от того, кто ее устанавливает. Это допущение имеет два аспекта. Первый можно охарактеризовать как объективность научного знания. Универсальность есть свидетельство истинности. Если разные исследователи получают при наблюдениях или рассуждениях разные результаты, то ясно, что хотя бы один из них заблуждается. Напротив, если разные люди стабильно получают один и тот же результат, то, скорее всего, этот результат правильный. Если какое-то суждение о природе подтверждается разными людьми, то можно думать, что оно говорит о самой реальности. Напротив, разноречивые суждения свидетельствуют об их субъективности. Те, кто их высказывает, по всей видимости внесли в свои наблюдения или рассуждения что-то свое, невоспроизводимое для других. Это «свое» выражает частные обстоятельства, связанные именно с данным исследователем. Подобные частные обстоятельства искажают результат, затрудняют ясное видение реальности. Поэтому необходимо освободить научный метод от всего частного, невоспроизводимого, субъективного.

Из сказанного вытекает другой важный аспект рассматриваемого допущения. Он состоит в том, что люди равны между собой. Правильный результат может быть получен каждым, если только избавиться от всех препятствий и пользоваться правильным методом. Препятствиями же являются как раз упомянутые частные

обстоятельства. Они неизбежно возникают в связи с особенностями жизни людей, их различными интересами, привычками, укоренившимися взглядами, непроверенными убеждениями и т. д. Если очистить человека от всего этого, то он предстанет в своей настоящей сути, как разумное и активное существо. Эта суть одинакова у всех людей. Все они равны перед истиной и разумом.

Так обнаруживается одна из самых насущных задач эпохи — борьба с предрассудками. Чтобы достичь истинного знания, нужно устранить все заблуждения, накопившиеся за предшествующие века. Именно эти заблуждения вызывают досадный разнобой в суждениях, искажают наши представления о реальности. В наиболее жесткой форме это требование сформулировал Френсис Бэкон. Выстраивая программу новой науки, он не ограничился рассмотрением методов познания, но искал по существу обновления всей человеческой жизни. Помимо прочего, он настаивал на обновлении человеческого ума, который должен освободиться от всех предрассудков. Эти предрассудки, которые он назвал «идолами», Бэкон разделил на четыре группы. Первую составляют «идолы рода». Это предрассудки, исходящие от самой человеческой природы, обусловлены общими свойствами человеческого ума. Человек по природе склонен к определенному рода заблуждениям. Например, людям свойственно считать истинным то, что для них приятно, отвергать то, что трудно и требует больших усилий. Человеку также свойственно злоупотреблять аналогиями, без достаточных оснований переносить свойства одной вещи на другую. Вторую группу заблуждений Бэкон назвал «идолами пещеры». Они связаны с индивидуальными предпочтениями и привычками. Каждый человек как бы имеет собственную пещеру, находясь в которой, не замечает реальности. Эта пещера создана особенностями его жизни, личными впечатлениями, кругом чтения и т. п. Третья группа — это «идолы площади» (или «идолы рынка»). Они возникают из-за особенностей общения людей, специфики использования языка. Иными словами, идола площади представляют собой предрассудки, разделяемые тем или иным сообществом, распространяемые в качестве общественных привычек, обычаев и т. п. Наконец, четвертая категория заблуждений названа Бэконом «идолами театра». Эти заблуждения навязаны людям авторитетами, заимствованы из многочисленных философских и научных учений. Бэкон называет их баснями, предназначенными для разыгрывания на сцене.

Избавление от «идолов», т. е. от устойчивых заблуждений или даже просто непроверенных знаний, должно сделать разум ясным, способным к самостоятельному постижению природы. Заметим, что описанные Бэконом заблуждения так или иначе связаны с частными обстоятельствами человеческой жизни, с биографическими, социальными, историческими и т. п. условиями. Даже «идолы рода», как будто одинаковые для всех людей, заставляют людей по-разному судить об одних и тех же предметах. Устойчивые заблуждения делают суждения людей произвольными, субъективными, порождают разноречивые представления. Избавление от них и должно привести к той независимости знания от субъекта (от отдельного человека или сообщества), которое мы упомянули несколько ранее.

Новый образ Вселенной

В заключение рассмотрим несколько важнейших научных достижений, составивших содержание зарождавшейся науки. Мы уже упоминали о теории движения Галилея. Теперь обратимся к более ранним событиям и поговорим о возникновении новой астрономии. Именно эта дисциплина стала в тот период ведущей. Исследуя движение планет и других небесных тел, ученые устанавливали основные законы природы и формулировали общие принципы новой науки.

Впрочем, здесь нам потребуется вновь вернуться к представлениям, разделявшимся в предшествующие эпохи. Мы уже кратко описали геоцентрическую модель космоса, принятую Аристотелем и его последователями. Эта модель, однако, существовала в двух версиях. Аристотелевская версия давала, как мы говорили ранее, чисто качественное описание. Другая версия, восходившая, возможно, к Платону и пифагорейцам, предлагала количественное представление. В ней давались числовые отношения, описывающие движения небесных тел, и детальное геометрическое описание этих движений. Теоретической полноты эта версия достигла во II в. н. э. благодаря усилиям Птолемея. Однако, действуя в рамках геоцентрической модели, античные ученые столкнулись с серьезной трудностью. Как и в аристотелевской версии, движение каждого светила (т. е. планеты) объяснялось движением сферы, с которой это светило неразрывно связано. Однако простую модель, согласно которой сферы совершают правильное круговое движение вокруг центра Земли, невозможно согласовать с наблюдениями. Видимое,

наблюдаемое с Земли движение светил далеко от правильного. Основную трудность для астрономов представляли так называемые возвратные движения. Наблюдения свидетельствовали, что в какой-то момент планеты как бы останавливаются, затем перемещаются на некоторое расстояние назад, после чего продолжают движение в прежнем направлении. Чтобы согласовать теоретическое описание с наблюдением, Птолемею пришлось создать довольно сложную геометрическую конструкцию. Для описания движения светил были введены эпициклы: предполагалось, что светило движется по одной окружности, а его центр — по другой. Таким образом, траектория светила складывалась из нескольких круговых движений. Беда в том, что и такая модель обеспечивала очень плохое приближение по сравнению с опытными данными. Более точные наблюдения заставляли постоянно менять геометрическое представление. Изменение это заключалось в постоянном усложнении, во введении новых эпициклов для разных светил. Получалось так, что центр окружности, по которой движется светило, движется по окружности, центр которой также движется по окружности, и т. д. Чтобы достичь точности математического описания, для некоторых планет приходилось вводить шесть или семь эпициклов. Вместо красивого геометрического представления, предполагавшегося вначале, получалась громоздкая система, постепенно терявшая всякую стройность. По-видимому, сами астрономы переставали верить, что космос может быть устроен так сложно. Во всяком случае, со временем в практику вошел прием под названием «спасение явлений». Если новые наблюдения не согласовывались с имеющимся описанием, в него вносилось некоторое дополнение, позволявшее адаптировать новые данные, включить их в существующую теоретическую конструкцию. Дополнения, как мы уже сказали, представляли собой главным образом введение новых эпициклов. Эти усложнения общей модели именовались «гипотезами», и они имели чисто прагматический характер. Гипотезой называлось допущение, с помощью которого можно было проводить расчеты, делать предсказания и объяснять имеющиеся наблюдения. При этом вовсе не настаивали, что гипотеза выражает истинное положение дел. Достаточно было того, чтобы добиться с ее помощью нужных результатов.

В описываемую эпоху сложность и запутанность астрономических моделей стали предметом постоянной критики. Смущало и то обстоятельство, что имеющиеся описания приходилось постоянно менять, в итоге одновременно могло существовать

несколько теорий, более или менее объясняющих существующие наблюдения. Такое положение дел стимулировало поиск новых радикальных решений, которые позволили бы существенно упростить описание.

Автором такого решения стал польский астроном Николай Коперник (1473–1543). Пытаясь избавиться от пугающей сложности существующих теорий, он, по собственному свидетельству, решил выяснить, «не могут ли сферы Вселенной двигаться иначе, нежели считают школьные преподаватели математики»². В итоге он пришел к мысли, что Земля не является неподвижным центром, а сама вращается. Она совершает годичное обращение вокруг Солнца и суточное вокруг собственной оси. Эта позволило Копернику снять проблему возвратных движений. Они оказывались просто видимостью, эффектом наблюдения, вызванным вращением Земли. Отказавшись от мысли, что Земля есть центр Вселенной, Коперник создает новую модель космоса, положив в качестве центра Солнце. Вокруг Земли вращается лишь Луна. Остальные светила покоятся на концентрических сферах, расположенных от Солнца на разных расстояниях и движущихся вокруг него. Как и космос Аристотеля, космос Коперника конечен, его замыкает сфера неподвижных звезд. Впрочем, Коперник не отказался совершенно от мысли о выделенном положении Земли в космосе. Во-первых, он считал ее центром тяготения Вселенной. Во-вторых, модель вращения Земли не имела эпициклов, тогда как, описывая движение других планет, Коперник все-таки вынужден был прибегнуть к этому приему (но каждая планета имела при этом только один эпицикл).

Копернику действительно удалось существенно упростить описание. Однако его решение вызвало весьма бурную реакцию. Оно казалось неудовлетворительным с богословской точки зрения — во всяком случае, входило в очевидное противоречие с буквальным пониманием Библии. Интересны, однако, попытки научного опровержения этой теории. Самая известная из них была сделана датским астрономом Тихо Браге (1546–1601). Этот ученый, не принимая коперниковского нововведения, пытался опровергнуть его ссылками на опыт. В частности, он приводил простые эмпирические соображения, которые, по его мнению, противоречат тезису о вращении Земли. Вот один из его аргументов. Если Земля вращается с запада на восток, то ядро,

2. Цит. по: [Реале, Антисери, 77].

выпущенное из пушки в западном направлении (навстречу вращению Земли) должно пролететь расстояние большее, чем такое же ядро, выпущенное из такой же пушки в восточном направлении. Однако это не так — расстояние оказывается одинаковым.

При этом основное значение Тихо Браге придавал астрономическим наблюдениям. Этой деятельности он посвятил много лет. Важным его достижением было то, что он существенно усовершенствовал технику наблюдений и измерений. Составленные им таблицы, фиксирующие движения небесных тел, заметно превосходят точностью и подробностью все предыдущие. Более двадцати лет (с 1576 по 1597 г.) он собирал материалы о движении небесных тел. На основании этих наблюдений он разработал собственную модель Вселенной, отличную как от коперниковской, так и от птолемеевской.

Задача, которую решал Тихо Браге, состояла в том, чтобы, сохранив неподвижность и центральное положение Земли во Вселенной, избежать тех сложных построений, к которым привела птолемеевская теория. Он находит своего рода компромисс между двумя системами. Вокруг Земли — неподвижного мирового центра — движутся по круговым орбитам Луна и Солнце. Пять планет (Меркурий, Венера, Марс, Юпитер, Сатурн), в свою очередь, вращаются вокруг Солнца. Таким образом, не прибегая к эпициклам, Тихо Браге добился хорошего соответствия теории и наблюдений. Однако интересна его модель даже не этим. Дело в том, что Браге совершил в астрономии очень серьезный прорыв, без которого не была бы возможна его система. Если изобразить движения светил в этой системе на чертеже (т. е. в проекции на плоскость), то станет видно, что их пути неизбежно пересекаются. Ничего подобного не могло быть ни у Птолемея, ни у Коперника. Ведь если движение светил сопряжено с вращением сфер, такие пересечения немыслимы. Прорыв, совершенный Тихо Браге, состоит в том, что он отказался от мысли о материальных сферах, не подвергавшейся сомнениям на протяжении многих столетий. Движение светил совершается по круговым орбитам, т. е. замкнутым траекториям в пространстве, и не связано ни с какими сферами. По свидетельству самого Тихо Браге, эта мысль возникла у него при наблюдении за движением одной кометы, которая, как выяснилось, имеет «овальную» орбиту. Такое движение не может быть объяснено вращением сферы.

Еще один важный сдвиг в космологии был сделан усилиями ученика Тихо Браге Иоганна Кеплера (1571–1630). В своих исследо-

ваниях он опирался преимущественно на материалы, собранные его учителем, которые, однако, дополнил собственными наблюдениями. Кеплер при этом расходился с Тихо Браге в оценке системы Коперника, приверженцем которой он долгое время оставался. Коперниковская теория казалась ему наиболее соответствующей идее о математической гармонии Вселенной, которую Кеплер почерпнул из пифагорейских и неоплатонических текстов. В одном из своих первых трудов он попытался описать соотношения между небесными сферами в коперниковской модели, последовательно встраивая в них правильные многогранники. Мысль прибегнуть к правильным многогранникам для построения системы мира, очевидно, инспирирована пифагорейцами или Платоном. Последний, как известно, использовал их в диалоге «Тимей», хотя и совершенно иначе, чем Кеплер. Однако через несколько лет Кеплер пришел к иной системе мира. По-видимому, решающим для него оказалось требование объяснить те многочисленными опытными данными, которыми он располагал. Несколько лет Кеплер посвятил изучению движения Марса, отличавшегося от движения других планет. Эти расхождения не объяснялись ни одной из существовавших теорий. Ни у Птолемея, ни у Коперника, ни у Тихо Браге не было удовлетворительного теоретического описания вращения Марса. В результате Кеплер, вслед за своим учителем, не только отказался от мысли о сферах, но и пришел еще к одной гипотезе, отличавшейся от всех традиционных представлений. После многочисленных бесплодных попыток описать траекторию Марса с помощью системы круговых движений, он обнаружил, что имеющиеся наблюдения соответствуют движению по эллиптической траектории. В конечном счете Кеплер пришел к мысли, что орбитой Марса является эллипс, один из фокусов которого совпадает с Солнцем. Таким образом, он отказался от взгляда, что движение по кругу составляет основу для движения светил. В дальнейшем Кеплер распространил это описание и на другие планеты, получив единое представление о структуре мира. Согласно этой модели все планеты движутся по эллиптической орбите, в одном из фокусов которой расположено Солнце. Кеплер сформулировал законы, дающие точное математическое описание движения планет. Немаловажно, что Луна также совершает эллиптическое движение вокруг Земли.

Таким образом, в течение нескольких десятилетий радикально поменялось представление о космосе. Отметим здесь несколько концептуальных моментов.

Возникает новое представление о том, какое движение следует считать самым простым и совершенным. На протяжении многих столетий таковым считалось движение по кругу. Убеждение, что все движения во Вселенной так или иначе сводятся к нему, очень долго владело умами. Даже Галилей и Декарт отдали дань этому воззрению. Хотя в их теориях круговое движение и не имеет уже прежнего высокого статуса, они все же приписывали его светилам, не соглашаясь с доводами Кеплера. С другой стороны, именно Галилей, сформулировав впервые закон инерции, стал рассматривать прямолинейное движение как самое простое и естественное.

Утверждается представление об однородности пространства. Мы видели, что, согласно Аристотелю, в разных местах Космоса действуют различные законы: движение тел вблизи Земли и движение светил определяется разными принципами. В системе Коперника Земля и прочие планеты как бы уравниваются в правах. Однако это равенство еще неполное: как было сказано выше, Земля рассматривается в этой теории как центр тяготения. Поэтому движение тел вблизи Земли происходит все же иначе, чем движение светил. В системе Кеплера это неравноправие исчезает. Немалую роль здесь играет именно эллиптическая форма орбит. Движение планет, как оказывается, не обладает особым совершенством. Более того, эллиптическое движение надо чем-то объяснить. Кеплер прибегает для этого объяснения к гипотезе тяготения. Тяготение к Солнцу заставляет планеты совершать эллиптическое движение вокруг него. Точно так же тяготение к Земле обуславливает эллиптическое движение Луны. Получается, что движение планет вокруг Солнца и движение Луны вокруг Земли регулируется одними и теми же законами.

Обратим внимание на использованное Кеплером понятие *тяготения*. Эта гипотеза также оказалась очень перспективной для последующего развития механики и астрономии. В начале XVII столетия вокруг нее было достаточно много споров. Галилей, как и Кеплер, принимал эту гипотезу. Декарт категорически отрицал ее. Кеплер описывал тяготение как внутренне присущее всем телам стремление к соединению, подобное магнетизму. Из этого следовало, что тяготение взаимно. Например, Земля притягивает Луну, чем объясняется ее эллиптическая орбита. Но и Луна притягивает Землю. Лунным притяжением Кеплер объяснил приливы и отливы. Он специально исследовал это явление и обнаружил связь чередования приливов и отливов с положением Луны. При этом Кеплер

высказывал предположение, что величина тяготения обратно пропорциональна расстоянию между телами. Это суждение, между прочим, вызвало большое недоверие Галилея, который счел его ничем не обоснованным. Однако и сам Галилей, как мы сказали, обращался к идее тяготения. С ее помощью он объяснял различие между горизонтальным и вертикальным движением тел. Напомним, согласно Галилею горизонтальное движение в идеальном случае происходит прямолинейно с неизменной скоростью, тогда как при вертикальном движении скорость возрастает пропорционально времени. Это возрастание скорости Галилей связывал с тяготением, влекущим тела по направлению к центру Земли.

Обратим еще раз внимание на тесную связь гипотезы о тяготении с идеей однородности пространства. Получается, что тяготение представляет собой универсальную характеристику тел, одинаково присутствующую в любом месте во Вселенной. Движение планет определяется этой характеристикой точно так же, как и падение тел на Землю или полет пушечного ядра.

Однако в гипотезе тяготения обнаруживается еще одно важное изменение, происшедшее в науке по сравнению с аристотелевской картиной мира. Вспомним, как объясняется падение тел у Аристотеля: оно обусловлено стремлением к естественному месту, т. е. целью. Заметим, кстати, что это объяснение не позволяет ничего сказать о количественных характеристиках движения. Но дело не только в этом. Гипотеза о тяготении как объяснительный принцип ничего не говорит о цели. Она выявляет причину движения. Вместо вопроса «ради чего», главного для аристотелевской физики, новая наука ставит вопрос «почему». Вместо телеологического объяснения она ищет объяснения каузального.

Теперь мы можем ответить на вопрос, поставленный с самого начала: в чем состоит то представление о ясности, которое свойственно науке Нового времени, или, говоря точнее, математическому естествознанию? Как мы видели, чтобы достичь ясности в понимании феномена, необходимо сконструировать его с помощью заданных концептуальных схем. Наибольшая ясность возникает тогда, когда схемы конструирования заданы математически. В любом случае, такие схемы лежат в основании теоретического знания и задают связь исходных идеальных объектов. Впервые этот идеал ясности был реализован в теории движения Галилея, где исходные постулаты (схемы) задают связь между численными характеристиками движения. Однако определенные его черты

просматриваются в построениях Коперника, Тихо Браге, Кеплера. В дальнейшем он раскрывался в еще большей полноте у Декарта и Ньютона. Можно проследить развитие этого идеала и в более поздних научных теориях, а также его экспансию в гуманитарную сферу [См.: Гутнер]. По-видимому, общей чертой всех теорий, ориентированных на такой стандарт ясности, является приверженность каузальному объяснению. Это значит, что схема причинности явно или неявно входит в состав исходных концептуальных схем.

Литература

1. *Галилей. Математические доказательства* = Галилей Г. Математические доказательства, касающиеся двух новых отраслей науки, относящихся к механике и местному движению / Предисл., пер. А. Н. Долгова. М.; Л. : Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1934. 695 с.
2. *Галилей. Диалог* = Галилей Г. Диалог о двух главнейших системах мира — птоломеевой и коперниковой / Пер. А. Н. Долгова. М.; Л. : Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1948. 377 с.
3. *Гутнер* = Гутнер Г. Гуманитарное знание и идеальные конструкции // Электронный журнал VOX. 2012. Вып. 13. URL: <http://vox-journal.org/html/issues/202/204> (дата обращения: 01.02.2013).
4. *Койре. Аристотелизм* = Койре А. Аристотелизм и платонизм в средневековой философии // Он же. Очерки истории философской мысли : О влиянии философских концепций на развитие научных теорий. М. : Прогресс, 1985. С. 51–72.
5. *Койре. Галилей* = Койре А. Галилей и Платон // Он же. Очерки истории философской мысли : О влиянии философских концепций на развитие научных теорий. М. : Прогресс, 1985. С. 128–153.
6. *Койре. Ньютон* = Койре А. Ньютон, Галилей и Платон // Он же. Очерки истории философской мысли : О влиянии философских концепций на развитие научных теорий. М. : Прогресс, 1985. С. 154–174.
7. *Реале, Антисери* = Реале Дж., Антисери Д. Западная философия от истоков до наших дней. Т. 3 : Новое время : От Леонардо до Канта. СПб. : Петрополис, 1996. 736 с.
8. *Сокулер* = Сокулер З. А. Знание и власть : Наука в обществе модерна. СПб. : Изд-во Русского христианского гуманитарного института, 2001. 238 с.

9. *Фома Аквинский* = Фома Аквинский. О вечности мира / Перевод с латинского и примечания Т. Ю. Бородай // Интеллектуальные традиции Античности и Средних веков : Исследования и переводы = Intellectual traditions of Antiquity and the Middle ages : Studies and translations) / сост. и общ. ред. М. С. Петровой. М. : Кругъ, 2010. С. 122–130.
10. *Фройденталь* = Фройденталь Г. Возникновение механики : Марксистский взгляд // Эпистемология & философия науки, 2009. Т. XXI. № 3. С. 14–40.

Grigory Goutner

Ideal Construction and Genesis of the Mathematical Science

The birth of a new cognitive strategy and a corresponding world view during the Scientific Revolution of the XVII century is reviewed in the article. The basis of this strategy is the ideal (theoretic) construction implemented by means of mathematics. The latter is viewed as an alternative to qualitative ideal construction peculiar to Aristotle and late Middle Ages. Mathematized ideal constructions create a special means of world apprehension, grounded in developing the initial theoretic scheme. Within its framework the connection of elementary ideal objects accessible for quantitative description is defined.

KEYWORDS: Mathematical Science, Ideal Construction, Method, Conceptual Experiment.