

**С. С. Попова**

Институт лазерной физики СО РАН  
пр. Акад. Лаврентьева, 13/3, Новосибирск, 630090, Россия  
E-mail: sstr@laser.nsc.ru

## ГАЛИЛЕЙ: ЭМПИРИЗМ ЛИ?

Фигура Галилео Галилея является ключевой в истории и методологии науки. Именно с его трудами связывают тот перелом, который произошел как в представлениях об окружающем мире, так и в способах получения и обоснования знаний о природе. Как образно описал А. В. Ахутин, «историк, переходя к эпохе XVII в., впервые чувствует себя “на родине” и освобождается от неловкого чувства чужака, который вынужден объяснять, почему люди так долго занимались “не тем”, “не так”, “не с той целью”, вводя в дело “идолов”, “наваждения” и “неудачи”» [Ахутин, 1976].

Вместе с тем, находясь на грани столкновения двух мировоззренческих установок, отживающей аристотелевской и зарождающейся механистической, работы Галилея, написанные в форме диалогов, дают уникальную возможность выявить то, в чем противопоставляет себя новый метод старому. Несмотря на многочисленные исследования, до сих пор продолжают споры о том, в чем именно состоит то новое, что внес Галилей в практику изучения природы. И это не случайно. Каждый следующий этап осмысления специфики научного метода, в частности метода научного эксперимента, заставляет по-новому взглянуть на деятельность этого ученого. В то же время анализ его работ влияет на формирование концепций в философии науки [Mosley, 2007].

По традиции, восходящей к периоду, когда господствующей философией науки был позитивизм, Галилею приписывалось три основных достижения.

*Во-первых.* Поворот от рассуждений к свидетельству самой природы. От схоласти-

ки к чувственным данным. Среди самых замечательных экспериментов в истории науки упоминается эксперимент со сбрасываемыми с Пизанской башни шарами, проведенный для того, чтобы на практике опровергнуть утверждение о зависимости скорости падения от тяжести тела.

*Во-вторых.* Математизация науки. Переход от общих рассуждений к количественным закономерностям. Традиционно к этому добавляют цитату о том, что книга природы написана особыми буквами: треугольниками, квадратами и другими математическими символами.

*В-третьих.* Провозглашение гелиоцентрической системы в противовес геоцентрической. Широко распространена романтическая легенда о том, что на смертном одре Галилео Галилей произнес: «*А все-таки она вертится!*»

Двадцатый век внес существенные коррективы как в представление о научном методе, так и в оценки деятельности итальянского ученого. Огромное количество работ по философии и методологии науки посвящено развенчанию мифа об эмпиризме Галилео Галилея. Что же было противопоставлено изложенным выше утверждениям?

*Во-первых.* Для постпозитивистов стало большим открытием то, что занимало еще Пушкина: «*Ведь каждый день пред нами солнце ходит, Однако ж прав упрямый Галилей*». Галилей оказывается прав не благодаря опыту, а вопреки данным органов чувств. Несмотря на то, что многие аристотелевские представления не имеют эмпирического обоснования, учение о движении прекрасно соответствовало наблюдениям: тяжелые тела

стремились к центру Земли, легкие – вверх, совершенные объекты надлунного мира двигались по круговым траекториям. В глазах большинства современников Галилея именно аристотелевская физика обладала статусом непосредственной эмпирической очевидности [Ахутин, 1976], хотя осознание неправомочности этого статуса уже начало вызревать. Именно Симпличио (сторонник Аристотеля) постоянно призывает обратиться к тому, что говорят нам органы чувств. Например, он говорит что, в согласии с мнением философов всех направлений, основным критерием натуральной философии является то, что «чувства и опыт являются нашими проводниками при философствовании; если же стать на позицию Коперника, то чувства начинают сильно заблуждаться». Да и Сальвиати (на которого возложена миссия защищать Коперника) говорит о своем изумлении тем, «как мог разум Аристарха и Коперника произвести такое насилие над их чувствами, чтобы вопреки последним восторжествовать над кажущейся очевидностью» [Галилей, 1948].

Широко известный эксперимент, связанный со сбрасыванием с Пизанской башни шаров разного веса – не более чем красивая легенда. Как показал Купер в своей работе «Аристотель, Галилео и Пизанская башня», появляется она через несколько дюжин лет после смерти Галилея в воспоминаниях его первого биографа Вивiani, не имеет достаточного обоснования и противоречит сведениям, полученным из анализа текстов (включая работы и письма самого Галилея) [Соорег, 1935].

Из всех особенностей эмпирического метода Галилея выделяется разве что только «мысленный эксперимент». Но и это скорее «ментальный конструкт», чем обращение к «свидетельству самой природы».

*Во-вторых.* Использование математики для объяснения механических явлений имеет очень давнюю традицию, восходящую к Архимеду. Геометрия в объяснении устройства мироздания используется Платоном, а еще раньше особое значение числа подчеркивал Пифагор (пифагорейцы). Но что еще показательнее, традиция геометрического доказательства зарождается одновременно с философией, восходя к Фалесу Милетскому. Задолго до Галилея Гроссетест писал: «Полезность рассмотрения линий, углов и фи-

гур очень велика, потому что невозможно понять натуральную философию без них... Во всех случаях природные явления должны быть выражены посредством линий, углов и фигур, в другом случае будет невозможно понять причины этих явлений» (цит. по: [Crombie, 1952]).

Во времена Галилея измерительная практика была очень развита: в торговле (вес, размер, соотношение весов и объемов), в архитектуре (дворцы позднего Ренессанса), да и в механике тоже (Риччи – учитель Галилея – инженер, математик). Это все не ново. Даже шаг назад в отношении точности – Галилей оперирует весьма приближенными оценками пространственных интервалов, а временные интервалы измеряет при помощи пульса или водяной клепсидры – весьма грубый инструмент для оценки времен, характерных для обсуждаемых явлений.

*В-третьих.* До Галилея были Бруно и Коперник. Галилей полагал орбиты планет круговыми, поэтому его система не давала соответствия наблюдениям (как минимум большего соответствия, чем Птолемеяевская система). Кеплер в те времена уже сделал свои расчеты эллиптических орбит. Не мало ученых в это время также работали над обоснованием гелиоцентрической системы. Галилей был не первым и не единственным в попытке поменять местами Солнце и Землю. Те наблюдения, которые Галилей сделал, используя телескоп (движение пятен на Солнце, спутники Юпитера, горы на Луне), не дают прямого подтверждения движения Земли по орбите. Даже наблюдение фаз Венеры, по мнению критиков эмпирицистской трактовки вклада Галилея в науку, говорит только о движении этой планеты относительно Солнца и может быть согласовано с идеей неподвижности Земли в модели подобной той, которую развивал Тихо Браге [Wilson, 2001].

Итак, из вышеизложенной критики некоторыми философами делается вывод, что Галилео Галилей не сделал ничего принципиально нового для формирования метода научного эксперимента. Новый метод Галилея – это не метод экспериментирования, а новый метод теоретизирования [Ахутин, 1976]. Философская установка Галилея – это не концепция позитивистского или прагматистского эмпиризма, а, наоборот, концепция математического реализма [Койре, 1985] или даже просто «пропагандистские улов-

ки» и «психологические хитрости» [Фейерабенд, 1986].

Должны ли мы согласиться с этим выводом, или есть вероятность, что в своем стремлении преодолеть установки радикальной формы эмпиризма методологи науки «с водой выплеснули и ребенка»?

При всей критичности по отношению к наследию Конта, Маха и других позитивистов, научный эксперимент продолжает мыслиться в виде дихотомии теории и данных органов чувств. Это приводит к серьезным проблемам в анализе научного метода, особенно в оценке роли приборов и измерительных инструментов. Кроме того, в сочетании со стремлением преодолеть недостатки позитивизма и выявить, что в эксперименте не связано с непосредственным восприятием, неявно принимаемая дихотомия приводит к тому, что понятие теории размывается недопустимо широко. Сюда вкладывается представление не только о четко эксплицированной, логически связанной и обладающей предсказательной силой системе понятий и утверждений, но и неявно принимаемые мировоззренческие установки, смутно осознаваемые предпочтения, накопленный жизненный опыт. Когда говорится о теоретической нагруженности простого видения, надо отличать теорию, обеспечивающую зрительное восприятие человека, от, например, общей теории относительности Эйнштейна.

То новое, что ввел в способ аргументации Галилей – это вовсе не обращение к чувственным данным и не применение математики и уж, конечно, не утверждение гелиоцентричности системы мира. Но в то же время, по нашему мнению, этим итальянским ученым были сделаны принципиальные изменения в научном методе.

*Во-первых.* Действительно нельзя говорить, что Галилей первым стал апеллировать к свидетельству самой природы, однако, этот ученый вводит принципиально новый способ эмпирического обоснования. Исследователь не просто наблюдает явление само по себе и интерпретирует увиденное при помощи имеющегося теоретического аппарата, а рассматривает множество явлений, в которых основные свойства изучаемого явления проявляют себя наиболее наглядным и доступным способом.

Например, в первый же день «Бесед» заходит речь о характере поверхности Луны.

У собеседников нет возможности направиться на нее и непосредственно убедиться, что Луна имеет горы, кратеры и другие неровности поверхности, причем Сальвиати даже не предлагает сразу посмотреть на Луну через телескоп, чтобы подтвердить свою точку зрения. Вместо этого рассматривают, как отражают свет плоские и сферические зеркала, гладкие и шероховатые поверхности. Надо понимать, что это обращение не к неким воображаемым идеальным ситуациям (в данном случае), а к уже имеющемуся опыту: для изображения зеркала необходимо взять более темную краску, чем для стены, кроме одного места – блика; полированные доски на картинах всегда рисуются темными. И если увлечение живописью, так распространенное среди итальянских вельмож времен позднего Ренессанса, не входит в сферу вашего собственного опыта, то есть явление, которое довелось наблюдать практически всем: мокрое пятно на полу всегда выглядит более темным, если только глаз наблюдателя не находится в одной определенной точке, куда попадает отраженное изображение источника света. Значит, Луна, которая ярко сияет отраженным светом в разных городах, не может быть идеальной сферой.

Примечательно, что второй день «Бесед» Сальвиати начинает с фразы: «Во время вчерашней беседы у нас было так много разнообразных отклонений от прямого пути наших основных рассуждений, что без вашей помощи я, пожалуй, не сумею вернуться на их след для того, чтобы идти далее». «Разнообразные» просто необходимо, если об одном из явлений судить опосредованно через другие явления, ведь есть опасность, что схожие свойства окажутся случайной аналогией. В самом начале первого дня Сальвиати высмеивает аргументацию Симплицио о трехмерности мира, который говорит, что поскольку наш мир совершенен, а число три тоже совершенно, то и измерений должно быть три: «я не могу понять и признать, чтобы, например, применительно к ногам, число 3 было совершеннее, чем 4 или 2». Сам же Сальвиати в качестве аргумента приводит то, что из одной точки можно провести только три перпендикулярных прямых, причем по форме это не столько геометрическое доказательство, сколько отсылка к практическому опыту, вероятно у собеседников имеющемуся (чтобы провести вертикаль,

Сагрето прикрепил бы к потолку нить с грузом на ней).

Возможность изучения одних явлений при помощи других дает ученому в руки мощное орудие для исследования. Ведь можно множество раз выстрелить из пушки и так и не выяснить траекторию ядра, а можно изучать особенности движения на примере маятника, катящихся в наклонном желобе шаров, свободно падающих тел и уже эти знания применить для понимания того, что невозможно охватить взглядом. Также можно использовать приборы и специально сконструированные экспериментальные установки, которые после Галилея повсеместно входят в научную практику, чтобы наиболее ярко проявлялись именно те стороны явления, которые интересны наблюдателю. Но для того, чтобы этот метод исследования оказался правомерным, необходимо было преодолеть представления о принципиальном различии естественных и насильственных движений.

В аристотелевской физике насильственные движения, совершаемые из-за действующей причины, имели совершенно иную природу, чем естественные движения тел, стремящихся занять свое естественное место, для которых основную роль играла целевая причина. Несмотря на то, что многие особенности движений, проявляющиеся в технике, были известны инженерам и математикам второй половины XVI в. (в частности, связь силы с изменением скорости), им не придавался статус общей закономерности природы [Кузнецов, 1964]. В то же время Галилей, рассуждая о падении ядра с башни на движущейся Земле, выстраивает следующую цепочку аргументов: ядро падает с башни на Земле; ядро падает с мачты движущегося корабля, движение ядра по наклонной плоскости (здесь мы уже дошли до эксперимента, который легко провести, но это не кульминация рассуждений); если всадник, скачущий на коне, отпустит шар, он будет продолжать поступательное движение вслед за конем. И далее, можно просто покачать шар рукой. «Когда вы катите шар рукой, то что иное остается у него, вышедшего уже из вашей руки, кроме движения, порожденного рукой, которое сохраняется в нем и продолжает вести его вперед? А какая разница, будет ли этот импульс сообщен шару вашей рукой или конем?» [Галилей, 1948]. Последнее – это уже не просто доступный экспери-

мент, а часть повседневного опыта, имеющегося очень у многих.

*Во-вторых*, что касается математизации знаний. Заслуга Галилея, по нашему мнению, не столько в том, что он вводит количественные характеристики, сколько в том, что он находит возможность *вычислять значение характеристик, не доступных для непосредственного восприятия*. Мы все так привыкли к численному выражению скорости, что не задумываемся о том, что о ней мы можем судить, только сопоставляя расстояние и время. Понятия мгновенной скорости и мгновенного ускорения – весьма непростые понятия, уж никак не воспринимаемые органами чувств. Сальвиати не случайно сравнивает философа-геометра с рачительным хозяином, который для выполнения подсчетов сахара, шелка и полотна должен скинуть вес ящиков, обертки и иной тары. Сюда же относится призыв Галилея: подсчитывайте все, что можно сосчитать, измеряйте все, что можно измерить, а что неизмеримо, сделайте измеримым (цит. по: [Ferris, 2004]). Рассуждения о степенях медленности, ускорении – это первый шаг к «цветам» и «ароматам» кварков. Это та практика, которая стимулировала появление дифференциального исчисления и всего того, что с ним связано. Мы можем высчитывать пропорциональные отношения не только того, к чему можем приложить линейку.

*В-третьих*. Принципиальным для утверждения гелиоцентрических представлений стало не просто высказывание «*a все-таки она вертится*» и не какое-либо другое высказывание само по себе. Самым важным было *стирание «лунной грани»*, утверждение единства законов для «небесных движений» и для непосредственно наблюдаемых движений подлунного мира. Вместе со снятием различия между естественными и насильственными движениями это позволило применить все богатство накопленного «земного опыта» к объяснению астрономических явлений. Кульминацией Галилеевского «Диалога о двух системах мира» является утверждение, что приливы и отливы и есть то самое Земное явление, которое свидетельствует о движении нашей планеты. Галилей сравнивал Землю, несущую на себе воды, с баркой, доставляющей воду для нужд города. Как вода плещется из-за неравномерности хода барки, так и земные моря и оке-

аны то приливают к берегам, то отдаляются от них из-за неравномерности движения, вызываемой тем, что при вращении Земли части ее поверхности движутся то сонаправленно с годовым движением планеты, то против него. И хотя это утверждение Галилея оказалось ошибочным, сам по себе метод доказательства движения Земли был верным. Барка с водой оказалась случайной аналогией, но через пару столетий будет построен «маятник Фуко», свидетельствующий о вращении Земли.

Итак, Галилей внес существенные изменения в метод исследования природы. В-первых, благодаря разрушению различия между естественными и насильственными движениями он вводит не прямое эмпирическое обоснование, опосредованное явлениями, где изучаемое свойство проявляется наиболее ярко. Во-вторых, начинает вычислять величины, не данные нам для прямого измерения. В-третьих, стирая «лунную грань», дает возможность применения всего богатства земного опыта для исследования астрономических явлений.

#### Список литературы

Ахутин А. В. История принципов физического эксперимента. От Античности до XVII века. М.: Наука. 1976. 292 с.

Галилео Галилей. Диалог о двух главнейших системах мира: птоломеевой и коперниковой. М., 1948. 377 с.

Койре А. О влиянии философских концепций на развитие научных теорий // Очерки истории философской мысли. М., 1985. С. 12–26.

Кузнецов Б. Г. Галилей. М.: Наука, 1964. 326 с.

Фейерабенд П. Избранные труды по методологии науки. М.: Прогресс, 1986. 542 с.

Cooper L. Aristotle, Galileo, and the tower of Pisa. L.: Cornell Univ. Press, 1935. 103 p.

Crombie A. C. Augustine to Galileo: The History of Science, A.D. 400–1650. Melbourne, 1952. 438 p.

Ferris Timothy L. J. A new definition of measurement // Measurement. 2004. Vol. 36. P. 101–109.

Mosley A. Objects, texts and images in the history of science // Studies in History and Philosophy of Science. 2007. Vol. 38. P. 289–302.

Wilson F. Galileo's Lunar Observations: Do They Imply the Rejection of Traditional Lunar Theory? // Studies in History and Philosophy of Science. 2001. Vol. 32. P. 557–570.

Материал поступил в редколлегию 02.09.2007