

убедительно выступали в ее защиту, несмотря на жестокие преследования церкви.

Одним из наиболее выдающихся героев в борьбе за новое мировоззрение был великий итальянский мыслитель и ученый Джордано Бруно (1548—1600). Джордано Бруно — горячий последователь Коперника. Пропагандируя в своих сочинениях и проповедях учение Коперника, он развивал учение о материальном единстве мира, о бесконечности Вселенной и о множественности миров. Бруно учил, что Вселенная бесконечна и включает бесчисленное множество миров, подобных нашей солнечной системе. Эти бесчисленные миры обитаемы, на них живут разумные существа, подобные людям. Церковь жестоко расправилась с Джордано Бруно. После долгого тюремного заключения Джордано Бруно был в 1600 г. сожжен на костре.

§ 8. ГАЛИЛЕО ГАЛИЛЕЙ КАК ОДИН ИЗ ОСНОВОПОЛОЖНИКОВ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Великий итальянский ученый Галилео Галилей (1564—1642) вел решительную борьбу за признание учения Коперника. Одновременно он развернул наступление по всему фронту на средневековое мировоззрение попов, монахов и схоластов, закладывая основы научного метода познания природы. Галилей — один из основателей экспериментальной науки о природе — естествознания.

Галилей родился в городе Пизе в семье музыканта. Отец Галилея хотел сделать его врачом, для чего направил в 1581 г. в Пизанский университет. Однако интересы Галилея лежали в другой области, и он, бросив учение, переезжает во Флоренцию. Здесь Галилей занялся изучением математики и механики и написал несколько работ, посвященных механике. В 1589 г. Галилей получил кафедру в Пизанском университете, а в 1592 г. — в университете города Падуя, где он работал до 1610 г. В течение всего этого времени Галилей занимался научными исследованиями в области физико-математических наук, а также техническими проблемами своего времени.

Галилей довольно рано стал противником механики и астрономии Аристотеля. Ученик Галилея — Вивиани свидетельствует, что Галилей, будучи еще в Пизе, опровергал учение Аристотеля о том, что тяжелые тела падают



Галилео Галилей

быстрее, чем легкие. По его свидетельству, Галилей будто бы даже проводил опыты, бросая различные тела с наклонной башни в Пизе для экспериментального подтверждения ошибочности мнения Аристотеля ¹⁾. О раннем критическом отношении к астрономии Аристотеля свидетельствует письмо Галилея к Кеплеру, написанное в 1597 г. В этом письме он пишет:

«Я считаю себя счастливым, что в поисках истины нашел столь великого союзника. Действительно, больно видеть, что есть так мало людей, стремящихся к истине и готовых отказаться от превратного способа философствования. Но здесь не место жаловаться на печальное состояние нашего времени, я хочу лишь пожелать тебе удачи в твоих замечательных исследованиях. Я делаю это тем охотнее, что уже много лет являюсь приверженцем учения Коперника. Оно объяснило мне причину многих явлений, совершенно непонятных с точки зрения общепринятых взглядов. Для опровержения последних я собрал множество аргументов, но я не решаюсь опубликовать их. Конечно, я решился бы на это, если бы было больше таких людей, как ты. Но так как этого нет, то я держу себя осторожно» ²⁾.

Аргументами в защиту учения Коперника, о которых говорит в письме Галилей, были, вероятно, его новые открытия в области механики (позже он будет приводить их в защиту этого учения).

Через 13 лет Галилей имел новые аргументы, подтверждающие учение Коперника. Они основывались уже на астрономических открытиях Галилея. В 1608 или 1609 г. Галилей узнал об изобретении голландскими мастерами зрительной трубы и в 1609 г. сам сконструировал такую трубу. Труба-телескоп Галилея имела выпуклую линзу-объектив и вогнутую линзу-окуляр. Она давала более чем тридцатикратное увеличение (рис. 11). Наблюдая за небом с помощью этого телескопа, Галилей сделал ряд важнейших наблюдений. Он открыл, что поверхность Луны — небесного тела — ничем принципиально не отличается по виду от земной поверхности. Подобно Земле, Луна имеет горные возвышенности и впадины.

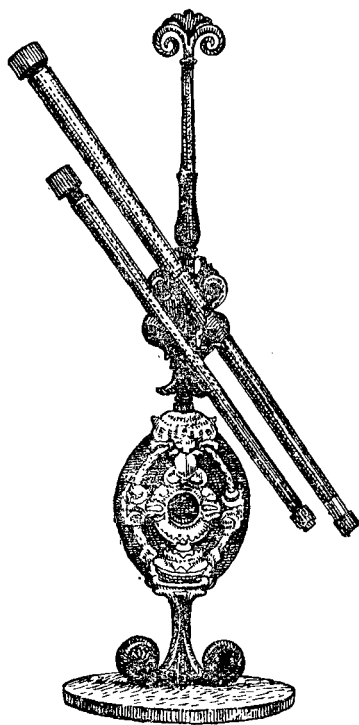


Рис. 11. Телескоп Галилея

¹⁾ По вопросу о справедливости этого свидетельства Вивиани в настоящее время высказывают разные мнения. Одни историки отрицают достоверность этих опытов, другие же полагают, что свидетельству Вивиани следует верить.

²⁾ Данеман Ф. История естествознания. Т. II. М.—Л., ОНТИ, 1933, с. 29.

Далее Галилей установил, что планеты, в отличие от неподвижных звезд подобны Луне и видны в трубу в виде круглых светящихся дисков. Венера же, совсем как Луна, с течением времени меняет свой вид от круглого диска до узкого серпа. Галилей открыл также спутники Юпитера. Он заметил, что вокруг Юпитера вращаются четыре маленькие звездочки (спутники), подобно тому, как вокруг Земли вращается Луна. Галилей также установил, что число неподвижных звезд гораздо больше, чем видно невооруженным глазом.

Опираясь на свои открытия, Галилей осторожно, но настойчиво вступил на путь распространения и обоснования учения Коперника как теории действительного строения Вселенной. Сразу же он встретил сопротивление со стороны богословов, которые либо отрицали открытия Галилея, либо же ссылались на авторитет священного писания. Однако Галилей искусно вел борьбу, старался не касаться чисто богословских вопросов. В 1516 г. обеспокоенная церковь официально осудила учение Коперника, книга его была внесена в список запрещенных, и Галилей был предупрежден, что отныне он не смеет придерживаться этого учения и пропагандировать его. Галилей вынужден был на время умолкнуть. Однако собранный им фактический материал из области механики и астрономии, являющийся подтверждением системы Коперника, заставил Галилея, несмотря на запрещение церкви, искать способы во что бы то ни стало выступить в защиту Коперника. Галилей знал, что мог при этом рассчитывать на свой авторитет ученого, который к тому времени был велик, а также на благосклонность некоторых кругов высшего духовенства. Однако прямо в защиту «коперниканской ереси» выступить было невозможно, не будучи немедленно схваченным инквизицией. Оценив всю обстановку, Галилей решил написать книгу, в которой по существу обосновывалась бы система Коперника, но так, чтобы автора книги формально нельзя было обвинить в защите ее. Эта книга вышла в свет в 1632 г. под названием «Диалог о двух главнейших системах мира: птолемеевой и коперниковой». Она была написана в форме беседы или дискуссии между приверженцем учения Коперника — сеньором Сальвиати и защитником системы Птолемея — Симпличио. В диспуте участвовало также третье лицо — Сагрето, который по существу стоял на стороне Сальвиати. Чтобы обезопасить себя от обвинения в ереси, Галилей в предисловии указывал, что учение о движении Земли запрещено церковью и что в книге это учение лишь обсуждается, а не утверждается. Однако ни предисловие, ни форма сочинения не могли никого обмануть. Защитник системы Птолемея Симпличио выглядел весьма бледно и непрерывно был побиваем аргументами и шутками его противников. Читатель ясно представлял, на чьей стороне автор и какую в действительности цель он преследовал. Вскоре после выхода в свет этой книги против Галилея был возбужден судебный процесс. В начале 1633 г. Галилей был вызван в Рим, где ему было предъявлено обвинение в том, что он ослушался постановления о запрещении придерживаться и про-

пагандировать учение Коперника. Галилей отверг это обвинение, указав, что он нигде не утверждает истинности этого учения, а говорит о нем лишь предположительно как о гипотезе. Однако ему пришлось сознаться, что, увлекшись, он слишком убедительно излагал условные аргументы за то положение, которое хотел опровергнуть. Инквизиция удовлетворилась этим объяснением, но потребовала публичного отречения от учения Коперника, что и пришлось сделать Галилею. После процесса Галилей, находясь под надзором инквизиции, продолжал заниматься научной деятельностью и написал новый научный труд «Беседы и математические доказательства о двух новых науках», посвященный вопросам механики, акустики и некоторым другим. Рукопись этого сочинения была напечатана в Голландии в 1638 г. В 1642 г. Галилей скончался. При его кончине присутствовали два представителя инквизиции.

С внешней стороны процесс Галилея выглядел как победа церкви, на самом же деле это было ее поражение. В результате деятельности Галилея и его борьбы гелиоцентрическое учение стало широко известно и завладело умами культурных людей Европы. Правда, книга Галилея, как и книга Коперника, долгое время (до 1822 г.) находилась в списке запрещенных. Однако уже во второй половине XVII в. на это запрещение перестали обращать внимание.

В «Диалоге» в защиту теории Коперника приводится два типа аргументов. Во-первых, Галилей опирается на свои астрономические открытия, которые подтверждали, что Земля такое же тело, как и другие планеты, и говорить об ее исключительности нельзя. Во-вторых, аргументы, основанные на его открытиях в области механики. Они опровергали теорию Аристотеля о движении и снимали возражения против движения Земли, которые высказал еще Птолемей. Уже Коперник отвергает эти возражения, утверждая, что движение тел вместе с Землей нужно считать естественным движением. Галилей идет еще дальше, утверждая, что всякое движение по горизонтальной поверхности на Земле, если исключить силы трения, является, употребляя терминологию Аристотеля, естественным, т. е. движением, не требующим действия силы. Оно происходит вечно, сохраняя свою скорость. При этом Галилей не просто утверждает это положение, а обращается к опыту. Участники «Диалога» обсуждают такой опыт. Рассматривается движение тела по совершенно гладкой (т. е. исключаящей трение) наклонной плоскости. Если тело движется вверх по наклонной плоскости, то его скорость уменьшается, если вниз — то увеличивается. Спрашивается, как двигается тело по горизонтальной плоскости? Ответ напрашивается сам собой: тело двигается с постоянной скоростью. Позднее Галилей сформулирует этот вывод в более общей форме:

«Когда тело движется по горизонтальной плоскости, не встречая никаких сопротивлений движению, то, как мы знаем из всего того, что было изложено выше, движение его является равномерным и продолжалось бы постоянно, если бы плоскость простиралась в пространстве без конца»¹⁾.

¹⁾ Галилей Галилео. Избранные труды. Т. II. М., «Наука», 1964, с. 304.

В таком виде Галилей формулирует закон инерции. Это еще не общая формулировка закона инерции, которая была дана позже. Но здесь, конечно, сделан принципиально новый шаг. В такой формулировке под равномерным движением понимается прямолинейное движение с постоянной скоростью и этот закон уже принципиально отличается от формулировок теорий «импетуса». С другой стороны, следует отметить, что Галилей хотя и сформулировал закон инерции для горизонтального движения, но понимал его шире. Об этом можно судить по тому, как обсуждается Галилеем вопрос, почему с вращающейся Земли не разлетаются предметы, как это имеет место для быстро вращающегося колеса. Галилей определенно говорит, что отброшенное с обода колеса тело стремится затем двигаться прямолинейно по касательной с постоянной скоростью, независимо от того, отлетает ли оно в горизонтальном или каком другом направлении, и только сила тяжести мешает этому.

Одновременно возникает вопрос о том, почему же тела, находящиеся на Земле, при ее вращении не разлетаются с ее поверхности? Галилей не решает этот вопрос, он полагал, говоря современным языком, что центробежное ускорение ничтожно мало по сравнению с ускорением силы тяжести.

Таким образом, мы видим, что, с одной стороны, Галилей более широко понимал закон инерции, нежели его формулировал, а с другой стороны, он, вероятно, понимал, что движение Земли нельзя считать строго инерциальным.

Одновременно с законом инерции Галилей использует другое основное положение классической механики, так называемый закон независимости действия сил, опять-таки в применении к движению тел в поле силы тяжести Земли. Тело стремится, по Галилею, сохранить свою горизонтальную скорость не только когда поддерживается горизонтальной плоскостью, но и когда свободно падает, т. е. если тело падает, то на горизонтальную составляющую скорости сила тяжести, действующая вертикально, не оказывает никакого влияния. С другой стороны, изменение вертикальной слагающей скорости под действием силы тяжести не зависит от того, находится ли при этом тело в горизонтальном движении или нет.

На основании установленных законов Галилей объясняет, почему мы не замечаем движение Земли, находясь на ней. Так, например, свободно падающий камень падает вертикально, так как в момент бросания имеет ту же скорость, что и поверхность Земли в месте бросания. Эту скорость он сохраняет при падении. Галилей приводит для подтверждения опыта с бросанием камня с мачты движущегося корабля. Он разбирает и другие опыты с бросанием тел на Земле и показывает, что с их помощью нельзя опровергнуть гипотезу движения Земли. Обобщая свои объяснения, Галилей формулирует классический принцип относительности. Он подчеркивает, что движение по инерции можно заметить, только не участвуя в этом движении, так как оно не воздействует на вещи, находящиеся в таком движении. Поясняя это положение, Галилей приводит следующий пример:

«Уединитесь с кем-либо из друзей, — пишет он, — в просторное помещение под палубой какого-нибудь корабля, запаситесь мухами, бабочками и другими подобными мелкими летающими насекомыми; пусть будет у вас там также большой сосуд с водой и плавающими в нем маленькими рыбками; подвесьте, далее, наверху ведро, из которого вода будет падать капля за каплей в другой сосуд с узким горлышком, подставленный внизу. Пока корабль стоит неподвижно, наблюдайте прилежно, как мелкие летающие животные с одной и той же скоростью движутся во все стороны помещения; рыбы, как вы увидите, будут плавать безразлично во всех направлениях; 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, и если вы будете прыгать сразу двумя ногами, то сделаете прыжок на одинаковое расстояние в любом направлении. Прилежно наблюдайте все это, хотя у вас не возникает никакого сомнения в том, что, пока корабль стоит неподвижно, все должно происходить именно так. Заставьте теперь корабль двигаться с любой скоростью, и тогда (если только движение будет равномерным и без качки в ту или 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»¹⁾.

Открытия Галилея в области механики были непосредственно связаны с его обоснованием учения Коперника, но, конечно, имели и самостоятельное значение (т. е. для развития механики вообще). Собственно говоря, с работ Галилея и начинается, по существу, развиваться механика как учение о механическом движении. О других исследованиях по механике Галилея будет сказано ниже.

Галилею, видному представителю научной революции, принадлежит заслуга не только в борьбе за обоснование гелиоцентрической системы мира и не только как основоположнику механики. Он наметил новый экспериментальный метод исследования природы, ставший основным методом экспериментального естествознания. Источником познания, по Галилею, является опыт и только опыт. Он осуждает схоластику, оторванную от действительности и опирающуюся исключительно на авторитеты. Заслуга Галилея заключается не только в том, что он считает опыт источником познания. Опыт как источник познания провозглашался и до Галилея, и наука фактически строилась на опыте и до него. Аристотель, как правильно подчеркивает Галилей, признавал, что опыт — источник познания. Для развивающейся науки было важно, как из опыта должно строиться познание, т. е. найти правильный научный метод опытного познания: Галилей как раз и сделал это. До Галилея опыт был лишь, если можно так сказать, исходным пунктом познания. Метод исследования в общих чертах состоял главным образом из двух звеньев: непосредственных наблюдений (очень часто — случайных) и построения общей теории на основании этих наблюдений. Третье же звено, заключающееся в проверке выводов построенной теории, либо совсем отсутствовало, либо находилось в зачаточном состоянии, не было сколько-нибудь развито. Поэтому наука в древности имела созерцательный характер. Такой же она осталась и в рамках средневековой схоластики, а это определяло, с одной стороны, ее грубо эмпирический, а с другой стороны, спе-

¹⁾ Галилей Галилео. Избранные труды. Т. I. М., «Наука», 1964, с. 286.

кулятивный характер. Таким было учение Аристотеля о небе и его динамика. В основе лежали самые простые непосредственные наблюдения, не проанализированные сколько-нибудь подробно. Повседневная практика древности и средних веков показывала, например, что для того, чтобы везти одну и ту же повозку с большей скоростью, нужно приложить и большее усилие, или что часто более тяжелые тела падают быстрее, чем легкие. Этих и подобных наблюдений Аристотелю казалось достаточно, чтобы построить систему всей динамики, имевшую фантастический характер. Ни Аристотелю, ни его ученикам не приходило в голову попробовать не просто согласовать теорию движения с наблюдаемыми фактами, а вывести следствия из этой теории и на специально поставленных экспериментах убедиться в ее правильности или неправильности.

Иначе поступает Галилей: исследуя движение, он отрывается от непосредственных результатов единичных опытов. Законы и положения, на которые он опирается, являются научными абстракциями и не следуют из единичных наблюдаемых фактов. Так, закон инерции непосредственно не мог быть проверен Галилеем на опыте. Нельзя было непосредственно наблюдать движение тела, исключив трение. И закон, что тело падает равноускоренно, также не мог быть, строго говоря, проверен в то время на опыте. Однако научная абстракция более глубоко проникает в сущность явлений, чем простая констатация фактов, являющаяся выражением того общего, что скрывается в этих фактах, выходит за рамки явлений, при исследовании которых она впервые возникает. Научная абстракция выражается в форме гипотезы. Гипотеза позволяет предвидеть новые факты и явления на основе выводов из нее. Поэтому научная гипотеза становится руководящей идеей в дальнейших научных исследованиях. Одновременно проверка выводов из ее следствий и предсказаний превращает гипотезу в научный закон.

Экспериментальный метод Галилея особенно отчетливо виден на примере исследования им законов падения тел. Галилей начинает с предположения о том, что тела падают с постоянным ускорением. Это еще гипотеза; хотя она и основана на непосредственных наблюдениях и некоторых соображениях, все же является догадкой. Из этих предположений Галилей выводит следствия. Он доказывает, что если тело падает равноускоренно, т. е. если $v \sim t$, то пройденный путь пропорционален t^2 . Техника эксперимента не позволяла непосредственно проверить этот вывод (в то время не было еще даже обычных маятниковых часов). Поэтому Галилей решает проверить этот закон для случая движения тел по наклонной плоскости. Он берет длинную доску с желобом, выстланным пергаментом. Под один конец доски укрепляет подставку так, чтобы доска образовала наклонную плоскость. Заставляя скользить шарик по желобу, он измеряет время, за которое шарик проходит определенное расстояние по желобу. Время движения шарика Галилей измеряет по количеству воды, вытекшей через малое отверстие из сосуда. Проведя измерения, Галилей нашел, что по наклонной плоскости тело движется равноускоренно, причем это спра-

ведливо для наклонных плоскостей с различными углами наклона. Отсюда Галилей заключает, что данное положение верно и для свободного падения, так как вертикальное движение тела вниз можно рассматривать как предельный случай движения его по наклонной плоскости, когда угол наклона стремится к 90° . Таким образом, эксперимент подтверждает основную гипотезу и теперь можно считать, что закон падения установлен. В этом исследовании совершенно отчетливо содержится новое звено: обоснование высказанной гипотезы, вывод из нее с помощью специально поставленного экспериментального исследования.

Таким образом, метод научного исследования Галилея можно охарактеризовать так: из наблюдений и опытов устанавливается предположение — гипотеза, которая хотя и является обобщением опыта, но включает в себя нечто новое, что непосредственно не содержится в каждом конкретном опыте. Гипотеза дает возможность вывести строго математическим и логическим путем определенные следствия, предсказать некоторые новые факты, которые можно проверить на опыте. Проверка следствий и подтверждает гипотезу — превращает ее в физический закон. В основных чертах этот метод и становится основным методом, следуя которому развивается естествознание.

В своих сочинениях Галилей наметил также основные черты нового представления о природе материи, движении и закономерностях материального мира — механического материализма. Галилей был противником учения Аристотеля о материи и форме и в своих сочинениях возрождает идеи древних атомистов. Материальные вещи, по Галилею, состоят из бесчисленного множества мельчайших частиц, между которыми имеются пустоты. Изменения в природе происходят в результате движения и перераспределения этих частиц, которые не уничтожаются и не создаются вновь. Возрождая атомистическую гипотезу, Галилей намечает основные черты количественного механического понимания природы. Он отрицает бесчисленные скрытые качества, вводимые схоластами (стремления, антипатии и т. д.), и смеется над их методологией. Материя, по Галилею, обладает лишь простыми геометрическими и механическими свойствами.

«Никогда, — пишет Галилей, — я не стану от внешних тел требовать что-либо иное, чем величина, фигуры, количество и более или менее быстрые движения, для того чтобы объяснить возникновение ощущений вкуса, запаха и звука; и думаю, что если бы мы устранили уши, языки, носы, то остались бы только фигуры, число и движения, но не запахи, вкусы и звуки, которые по нашему мнению, вне живого существа являются не чем иным, как только пустыми именами»¹⁾.

Таким образом, в лице Галилея наука развернула по всему фронту наступление на мировоззрение средневековых богословов, попов, монахов и схоластов, в результате которого ему был нанесен сокрушительный удар. Одновременно Галилей заложил основы

¹⁾ Антология мировой философии. Т. II. М., «Мысль», 1970, с. 224—225.

нового экспериментального метода исследования природы, явился одним из основоположников естествознания и нового мировоззрения — механического материализма, которое стало основным мировоззрением физиков и естествоиспытателей вообще. Наконец, Галилей заложил основы динамики; с его исследований, собственно говоря, начинает развиваться эта область физических наук.

§ 9. НАУЧНАЯ РЕВОЛЮЦИЯ И ВОЗНИКНОВЕНИЕ НОВОГО МИРОВОЗЗРЕНИЯ

Научная революция означала не только освобождение науки из-под власти церкви, но и продолжение процесса выделения конкретных наук из философии. Этот процесс, начавшийся еще в древности и протекавший в средние века, теперь принимает форму образования экспериментальной науки о природе естествознания и его отдельных отраслей. Однако естествознание не порывает с философией вообще. Происходит только разрыв между наукой (естествознанием) и религиозным мировоззрением, господствующим в средние века. Больше того, вместе с естествознанием возникает и новая философия, которая, так же как и естествознание, резко противопоставляет себя средневековому мировоззрению. Эта философия развивается в тесной связи с естествознанием, опираясь на его достижения. Такая тесная связь имеет огромное значение как для естествознания, так и для философии. Она приводит к расцвету материализма в XVII в.

Среди философских систем XVII в., оказавших сколько-нибудь существенное влияние на развитие естествознания, нельзя указать ни одной идеалистической системы, за исключением философского учения Лейбница, Бэкон, Декарт, Гоббс, Гассенди, Локк и другие виднейшие философы были материалистами и строили свои философские системы, опираясь прежде всего на естествознание. Тесная связь между философией и естествознанием проявилась также в том, что особенности материализма (и не только материализма) — его метафизический и механический характер — определились особенностями естествознания на первом этапе его развития. Перед естествознанием встала прежде всего задача тщательного, дифференцированного изучения явлений природы. Оно еще не могло решать задачу построения общей картины мира, как это делали древние натурфилософы. Естествознание должно было сначала накопить естественнонаучный материал. Прежде чем исследовать процессы, необходимо было исследовать вещи; прежде чем исследовать связи между вещами и явлениями, следовало изучить их по отдельности, вне связи. Однако такой метод исследования, сменявший метод древнегреческой натурфилософии, — необходимая ступень в познании природы. Этот метод и приводит к метафизическому взгляду на природу. Он и был закреплен философией того времени.

«Разложение природы на ее отдельные части, разделение различных процессов и предметов природы на определенные классы, исследование внутреннего строения органических тел по их многообразным анатомическим формам, — все