Тема

«Галилей: основание современной науки»

ВВЕДЕНИЕ

Среди выдающихся естествоиспытателей и деятелей техники прошлого Галилео Галилей благодаря своему большому вкладу в физику и астрономию занимает одно из самых значительных мест. Его имя стало легендарным благодаря проведенному против него процессу инквизиции. Хотя в 1600 году Джордано Бруно был даже сожжен заживо за свои убеждения, имя Галилея все же прочнее запечатлелось в памяти потомков. Дело наверняка в том, что он широко подтверждал свои утверждения экспериментом и приобрел всеобщее профессиональное признание, которое очень помогло ему в идеологическом конфликте между пробивающей себе путь на свободу истиной и основанной на догмах схоластики властью.

Поэтому легенда о Галилео Галилее разрасталась в разных направлениях, однако сегодня можно считать доказанным, что ни кадила в Пизанском соборе, ни наклонная Пизанская башня не сыграли в его научной жизни той роли, какую им приписывали, и что не было той заключительной сцены перед трибуналом инквизиции, в которой Галилей, несмотря ни на что, сказал бы: «А все-таки она движется!» (Eppur si muove!). И, тем не менее, эти легенды все еще остаются неистребимо живучими. И напротив, верно, что Галилей защищал против церковных догм коперниканское учение, а затем отрекся от него, когда его жизни угрожал мученический конец, и что он, тем не менее, сохранил приверженность этому учению до конца своих дней.

Во всяком случае, сегодня твердо установлено, что Галилео Галилей и Иоганн Кеплер были основателями того направления естествознания XVII столетия, которое вылилось, затем в ньютоновскую физику и вместе с ней господствовало над умами в области физического мышления в течение двухсот лет. Главный труд Исаака Ньютона Philosophiae naturalis principia mathematica («Математические начала натуральной философии») увидел свет в 1687 году.

Такой компетентный математик и физик как Жозеф Луи Лагранж так отозвался о важнейшем вкладе Галилея в учение о движении:

«Требовалась исключительная сила духа, чтобы извлечь законы природы из конкретных явлений, которые всегда были у всех перед глазами, но объяснение которых тем не менее ускользало от пытливого взгляда философов».

Метод расширения познания в физике с помощью эксперимента и математики, продемонстрированный на примере движения свободно падающего тела, и его главные труды, а именно Dialogo и Discorsi создали Галилею славу творца и проповедника физического метода нового времени. Галилей с сенсационным успехом ввел в астрономию зрительную трубу как наблюдательный инструмент. Его теоретические идеи указали технике пути развития учения о прочности. Он, наконец, владел столь мастерски своим родным языком, что многие из его публикаций даже занимают видное место в национальной литературе Италии.

Богатое научное наследие, оставленное Галилеем, и его сложный характер как человека вместе с процессом инквизиции привели к появлению почти необозримой литературы о Галилее, в которой часто встречаются прямо противоположные оценки.

Появление данного тома мы можем оправдать лишь тем, что мы попытались оценить вклад Галилея в науку с современных нам позиций и проследить его эволюцию через Ньютона и до Альберта Эйнштейна, т. е. до физики наших дней. Конфликт Галилея с укоренившимися догмами его времени, если рассмотреть его, по сути, отражает не что иное, как ставшее именно в нашем столетии необходимым понимание ответственности ученого за то научное знание, которое он создает.

Галилей направил зрительную трубу на Луну и созвездия. Тем самым он положил начало научному исследованию космоса в то время, когда многие еще страшились погубить свою душу тем, чтобы соучаствовать в таком «кощунственном» использовании зрительной трубы. Сегодня мы уже являемся свидетелями того, как телеуправляемые лунные зонды или люди на космических кораблях совершают облеты этого небесного тела и передают информацию по радио на Землю. Какой оптимизм вселяет такое изменение, на какие свершения становится способен человек, если он творит в мире!

Вторая научная революция. Механистическая картина мира

Трагическая гибель Джордано Бруно произошла на рубеже двух эпох: эпохи Возрождения и эпохи Нового времени. Последняя охватывает три столетия-XVII, XVIII, XIX вв. В этом трехсотлетнем периоде особую роль сыграл XVII век, ознаменовавшийся рождением современной науки, у истоков которой стояли такие выдающиеся ученые, как Галилей, Кеплер, Ньютон.

В учении Галилео Галилея были заложены основы нового механистического естествознания. Как свидетельствуют А. Эйнштейн и Л. Инфельд, «самая фундаментальная проблема, остававшаяся в течение тысячи лет неразрешенной из-за сложности - это проблема движения».[8, с. 8]

До Галилея общепринятым в науке считалось понимание движения, выработанное Аристотелем и сводившееся к следующему принципу: тело движется только при наличии внешнего на него воздействия, и если это воздействие прекращается, тело останавливается. Галилей показал, что этот принцип Аристотеля (хотя и согласуется с нашим повседневным опытом) является ошибочным. Вместо него Галилей сформулировал совершенно иной принцип, получивший впоследствии наименование принципа инерции: тело либо находится в состоянии покоя, либо движется, не изменяя направления и скорости своего движения, если на него не производится какого-либо внешнего воздействия.

«Открытие, сделанное Галилеем, и применение им методов научного рассуждения были одним из самых важных достижений в истории человеческой мысли, и оно отмечает действительное начало физики. Это открытие учит нас тому, что интуитивным выводам, базирующимся на непосредственном наблюдении, не всегда можно доверять, так как они иногда ведут по ложному следу».

Большое значение для становления механики как науки имело исследование Галилеем свободного падения тел. Он установил, что скорость свободного падения тел не зависит от их массы (как думал Аристотель), а пройденный падающим телом путь пропорционален квадрату времени падения. Галилей открыл, что траектория брошенного тела, движущегося под воздействием начального толчка и земного притяжения, является параболой. Галилею принадлежит экспериментальное обнаружение весомости воздуха, открытие законов колебания маятника, немалый вклад в разработку учения о сопротивлении материалов.

Галилей выработал условия дальнейшего прогресса естествознания, начавшегося в эпоху Нового времени. Он понимал, что слепая вера в авторитет Аристотеля сильно тормозит развитие науки. Истинное знание, считал Галилей, достижимо исключительно на пути изучения природы при помощи наблюдения, опыта (эксперимента) и вооруженного математическим знанием разума, а не путем изучения и сличения текстов в рукописях античных мыслителей.

Росту научного авторитета Галилея способствовали его астрономические исследования, обосновывавшие и утверждавшие гелиоцентрическую систему Коперника. Используя построенные им телескопы (в начале это был скромный оптический прибор с трехкратным увеличением, а впоследствии был создан телескоп и с 32-кратным увеличением), Галилей сделал целый ряд интересных наблюдений и открытий. Он установил, что Солнце вращается вокруг своей оси, а на его поверхности имеются пятна. У самой большой планеты Солнечной системы Юпитера - Галилей обнаружил 4 спутника (из 13 известных в настоящее время). Наблюдения за Луной показали, что ее поверхность гористого строения и что этот спутник Земли имеет либрацию, т. е. видимые периодические колебания маятникового характера вокруг центра. Галилей убедился, что кажущийся туманностью Млечный Путь состоит из множества отдельных звезд.

Но самое главное в деятельности Галилея как ученого-астронома состояло в отстаивании справедливости учения Н. Коперника, которое подвергалось нападкам не только со стороны церковных кругов, но и со стороны некоторых ученых, высказывавших сомнения в правильности этого учения. Галилей сумел показать несостоятельность всех этих сомнений и дать блестящее естественнонаучное доказательство справедливости гелиоцентрической системы в знаменитой работе «Диалог о двух системах мира - Птолемеевской и Коперниковой».

Как уже отмечалось выше, католической церковью в 1616 году было принято решение о запрещении книги Коперника «Об обращениях небесных сфер», а его учение объявлено еретическим. Галилей в этом решении упомянут не был, но ему все же пришлось предстать перед судом инквизиции. После длительных допросов он был вынужден отречься от учения Коперника и принести публичное покаяние.

Спустя 350 лет после смерти Галилея, в октябре 1992 года, он был реабилитирован католической церковью, его осуждение было признано ошибочным, а учение - правильным. Глава римско-католической церкви папа Иоанн-Павел II заявил при этом, что церковь не должна выступать против науки, а наоборот, должна поддерживать научный прогресс (из телевизионной информационной программы «Время», 31 октября 1992 г.).

Взгляд на ньютоновскую и эйнштейновскую физику

Читая Discorsi, глубоко проникаешься удивлением, сколь обширен вклад Галилея в науку, сделанный им в глубокой старости и несмотря на перенесенное им осуждение со всеми его последствиями. В корне ложен образ Галилея, когда представляют, будто после своего отречения он преисполнился покорности или даже занимался самообвинениями как изменивший делу науки. Если учесть все обстоятельства, действовавшие в тогдашнем обществе и в полной мере влиявшие также на Галилея, то можно единственно утверждать, что Галилей знал, на что он идет. Его жизнь была жизнью создавшего целую эпоху исследователя и вместе с тем жизнью борца против догматической псевдо науки, и эта жизнь была преисполнена последовательности в проведении его научной ЛИНИИ:

Даже слепота не парализовала постоянной активности Галилея. Свое письмо самому верному другу Миканцио от 30 января 1638 г. он заканчивал словами:

«Так что я не прекращаю даже в охватившей меня темноте строить рассуждения по поводу то одного, то другого явления природы, и я не смог бы дать своему беспокойному уму отдыха, даже если бы пожелал того. Такое возбуждение мне очень вредит, ибо оно принуждает меня постоянно бодрствовать».

Галилей как сын своего времени субъективно в определенном смысле более тяготел к феодализму, чем к буржуазному обществу, что проявилось и при его переезде из Венецианской республики во Флоренцию, ко двору великого герцога. Однако несомненно, что объективно он сыграл роль сияющего маяка в общественной жизни. Как подчеркивает Кузнецов [4], «инквизиция осудила Галилея, так как наука в его руках стала мощной общественной силой, направленной против пережитков в общественных отношениях».

Рассматривая как Dialogo, так и Discorsi, мы снова и снова обнаруживали, что ставившаяся Галилеем проблематика в идейном отношении непосредственно ведет к ньютоновской и эйнштейновской физике. Поэтому не хотелось бы завершать это изложение, хотя бы просто не указав на те фундаментальные вопросы физики, с которыми имеется такая взаимосвязь.

Известно, что впервые к количественной формулировке законов механики подойти смог только Ньютон, когда он создал аппарат математического анализа, отвечавший потребностям физики. Его Philosophiae Naturalis Princi-pia Mathematica («Математические начала натуральной философии») создали основу для целой ньютоновской эпохи в физике. В этом труде ему удалось собрать квинтэссенцию всех фундаментальных физических знаний того времени. Он исходил из принципиальных основ физического исследования и начал с того, что сформулировал представления об основных для физики понятиях пространства и времени, в которых он усматривал абсолютные категории. Итак, он определил:

«Абсолютное пространство по самой своей сущности, безотносительно к чему-либо внешнему, остается всегда одинаковым и неподвижным.

Абсолютное, истинное, математическое время само по себе и по своей сущности, без всякого отношения к чему-либо внешнему, протекает равномерно...»

Основываясь на этих понятиях пространства и времени, Ньютон, который не желал «измышлять гипотез», построил свою физику. Лишь Эйнштейну удалось почти 250 лет спустя обнаружить, что эти представления о пространстве и времени являются неприемлемыми гипотезами.

Содержание ньютоновской физики состоит из трех аксиом механики Ньютона:

1. Закон инерции. Каждое тело, когда на него не действуют никакие силы, сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения. (О физическом авторстве Галилея в формулировке этого закона мы уже подробно говорили).

2. Закон движения.

3. Закон действия и противодействия. Действию всегда есть равное и противоположное противодействие.

Кроме того, сюда входит еще закон всемирного тяготения Ньютона.

Уже в ньютоновской физике исследователи обратили внимание на два принципиально разных типа систем отсчета, причем под системой отсчета следует понимать совокупность материальных объектов, к которым физики относят свои измерения:

1. Инерциальные системы, которые находятся в состоянии покоя или равномерного движения относительно системы неподвижных звезд.
2. Неинерциальные системы, находящиеся относительно системы неподвижных звезд в состоянии ускоренного движения (такова, например, вращающаяся карусель).

Установлено, что ньютоновский закон движения форм-инвариантен (ковариантен) относительно преобразований Галилея. Этот факт констатируется в названном также в честь Галилея принципе относительности Галилея:

«В двух движущихся друг относительно друга инерциальных системах отсчета, связанных между собой преобразованием Галилея, ньютоновский закон движения имеет один и тот же вид».

Значит, никакая инерциальная система ничем не выделяется из других инерциальных систем. В уравнения движения не входит скорость относительно какой-либо инерциальной системы отсчета, которую можно было бы рассматривать как абсолютно покоящуюся относительно пространства и тем самым привилегированную.

В этом состоит самая характерная черта ньютоновской физики, достигшей огромных успехов за более чем двести лет своего существования как в земных, так и в космических приложениях.

К концу XIX столетия техника эксперимента в области электромагнитных явлений, и особенно в оптике, достигла такого высокого уровня развития, что физики были поставлены перед лицом удивительного факта, вытекавшего из результатов знаменитого опыта Майкельсона и анализа распространения света от двойных звезд, с определенностью указывавших на постоянство скорости света. Этот факт состоял в том, что уравнения Максвелла - основные уравнения при описании всех электромагнитных явлений - оказались не форм-инвариантными относительно преобразований Галилея в противоположность уравнениям движения ньютоновской механики, инвариантность которых была установлена выше.

В результате попыток устранить это противоречие между механикой и электродинамикой в 1905 году Альбертом Эйнштейном была создана специальная теория относительности; его предшественниками были Фойгт, Лоренц, Пуанкаре, Хазенэрль и др., которые, однако, по большей части не смогли освободиться от господствовавшей тогда концепции мирового эфира.

Непреходящей заслугой гения Эйнштейна было то, что он, исходя из глубоко философских соображений, поставил во главу угла принцип единства физики и добился согласия между механикой и теорией электромагнетизма. Он произвел последовательное обобщение принципа относительности Галилея и пришел к специальному принципу относительности Эйнштейна: «В двух движущихся относительно друг друга инерциальных системах отсчета законы природы имеют один и тот же вид».

Если сравнить эту формулировку с выражением принципа относительности Галилея, обнаруживается то существенное различие, что принцип относительности Галилея относится только к механике, тогда как эйнштейновский принцип охватывает всю физику (исключая лишь гравитацию).

Зададимся вопросом, какие эпистемологические предположения должен был привлечь Эйнштейн для того, чтобы непротиворечиво реализовать свой принцип относительности. Об этом и пойдет теперь речь.

Эйнштейн подверг основательной критике ньютоновские концепции абсолютного пространства и абсолютного времени и пришел к выводу, что сами по себе пространство и время суть относительные категории, собственно же предметом и основой физического исследования является четырехмерный пространственно-временной континуум. Тем самым был сделан переход от 3-мерного к 4-мерному мышлению. Пассивной ареной, на которой протекают физические явления, стало пространство-время. При этом его геометрия постулировалась как псевдоевклидова, т.е. плоская, и пространство-время рассматривалось как предельно лишенное структуры и бесконечно протяженное. Пока что принципиально новым моментом по сравнению с ньютоновским пространством был переход от трехмерности к четырехмерности. В теории Ньютона абсолютное время играло роль абсолютного стандарта для всего мира, что находило свое отражение в уравнениях физики в том, что время было самостоятельным параметром. Напротив, эйнштейновская релятивизация времени и его объединение с пространством привели к равноправию пространства и времени. В дальнейшем оба понятия должны были фигурировать в законах природы симметричным образом.

Эта фундаментальная идея должна была математически выражаться в том, что каждой системе отсчета следовало приписать свое собственное относительное время. Тем самым был получен ответ и на вопрос о противоречии, возникшем в результате опыта Майкельсона.

В своей знаменитой работе 1905 года «К электродинамике движущихся тел» Эйнштейну удалось вывести названные им в честь Лоренца преобразования, которые описывают переход от одной инерциальной системы отсчета к другой.

Когда относительная скорость систем отсчета мала, (и/с)2 «1, преобразования Лоренца принимают вид

х' = х - ut, y' = y,z '= z, t' = t,

а это и есть преобразования Галилея, записанные через свои компоненты. Тем самым была обеспечена необходимая преемственность между физикой Эйнштейна и физикой Ньютона, причем в случае больших скоростей и высоких энергий последняя вырождается в слишком грубое приближение действительности.

Этот схематический набросок специальной теории относительности приводит нас и к кругу основных идей общей теории относительности [7]. Специальный принцип относительности Эйнштейна, подобно принципу относительности Галилея, ограничивается использованием инерциальных систем отсчета, т. е. систем, находящихся в состоянии равномерного движения. В течение почти 10 лет Эйнштейн работал над тем, чтобы снять это ограничение. В результате в 1915 году ему удалось создать свою общую теорию относительности, справедливую при любых типах движения систем отсчета. Ее сущность формулируется в общем принципе относительности Эйнштейна:

«Законы природы имеют один и тот же вид в произвольных системах обсчета».

Так Эйнштейн освободился от понятия инерциальной системы отсчета.

Математическим аппаратом, позволяющим конкретно выразить эту всеобъемлющую теорию, является тензорное и спинорное исчисление.

Применение общего принципа относительности к механике и теории электромагнетизма не принесло Эйнштейну особых неожиданностей. Однако обобщение ньютоновской теории тяготения привело к открытию совершенно новых фактов о структуре пространства и времени.

Эйнштейн пришел индуктивным путем к заключению, что реальное пространство-время может быть не псевдоевклидовым, т. е. плоским, но искривленным в соответствии с законами римановой геометрии. Он исходил из тех соображений, что пассивная роль пространства-времени в специальной теории относительности не может давать полного выражения сущности пространства-времени как атрибута материи, но что структура пространства-времени должна быть сама следствием состояния движения материи, и обратно, состояние движения материи должно обусловливаться структурой пространства-времени. Эту обоюдную взаимосвязь он сумел математически выразить в своих знаменитых уравнениях гравитационного поля.

Для слабо искривленного пространства-времени, существующего в наших земных условиях, уравнения поля Эйнштейна переходит в указанное выше уравнение поля Ньютона. Тем самым преемственность сменяющих друг друга физических теорий обеспечивается и в этой области.

Теория относительности лежит в основе всех разделов физики, так как их основные постулаты должны быть, в конечном счете, согласованы между собой. Большой успех был достигнут и в квантовой теории, когда Дирак сумел дать ее релятивистскую формулировку.

Особой областью приложения эйнштейновской теории является релятивистская космология, из которой мы черпаем сведения о структуре Вселенной как целого.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Галилео Галилей сделал много изумительно ценного для физики и тем самым для всего естествознания, когда оно вырвалось из лабиринта схоластических заблуждений духа; он проложил путь научному методу органической связи эксперимента и - хотя еще органической - теории. И что бы ни говорили о дурных сторонах характера Галилея или еще могли бы сказать о них, он все равно остается удивительной личностью.

Бросая сегодня ретроспективный взгляд на физику, мы видим, что современность связывает с эпохой Средних веков цепь идей, в которой сверкают поистине бриллианты. Благодаря гению Галилея, Ньютона, Эйнштейна и многих других наука стала плодом цивилизации, находящимся на службе всего человечества.

Список использованной литературы

1. Воронов В.К., Гречнева М.В., Сагдеев Р.З. Основы современного естествознания: Учебное пособие для ВУЗов. - М.: Высшая школа, 1999. - 247 с.

2. Горелов А.А Концепчии современного естествознания. - М.: Центр, 1997. 360 с.

3. Концепции современного естествознания: Учебное пособие для ВУЗов. - Ростов н/Д: Феникс, 2000. - 576 с.

4. Кузнецов Б.Г. От Галилея до Эйнштейна. - М.: Наука, 1965. -185 с.

5. Найдыш В.М. Концепции современного естествознания: Учебное пособие. М.: Гардарики, 2003. - 476 с.

6. Солопов Е.Ф. Концепции современного естествознания: Учебник для ВУЗов. - М.: Владос. 2001. - 232 с.

7. Шмутцер Э. Теория относительности - современное представление. Путь к единству физики. - М.: Мир, 1981. - 159 с.

8. Эйнштейн А., Инфельд Л. Эволюция физики. - М.: 1965