



*В помощь изучающим
историю и философию науки*

**ОСНОВНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ И ИДЕИ СТАНОВЛЕНИЯ
И РАЗВИТИЯ КЛАССИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ
ГАЛИЛЕЯ И НЬЮТОНА**

С.В.Родякин, А.Н.Ситников

Если перелистать страницы истории развития науки, то найдется много имен, которые нельзя не упомянуть даже при самом сжатом изложении этой истории. Роль этих людей в истории науки различна, их трудно выстроить в некий иерархический ряд по величине заслуг. Но есть среди них те, кто бесспорно стоит в первой шеренге. С течением времени их имена не только не тускнеют, но сверкают все ярче по мере изучения роли этих людей в истории развития научной мысли. К таким людям принадлежат Галилео Галилей и Исаак Ньютон. У большинства из нас эти имена обычно связываются с развитием астрономии и механики. Однако в один ряд с работами Галилея и Ньютона в этих областях можно поставить их труды в различных областях физики, таких как оптика, акустика и т.д. Они оставили большое научное наследство.

Галилео Галилей

Длинная череда веков отделяет период расцвета науки в древние времена от середины второго тысячелетия нашей эры. За это время многое из научного материала, накопленного древними, после бурных обсуждений и споров успело застыть, превратилось в незыблемые догмы. Одна из основных догм, за которые борется церковь, – положение о конечности мира, о Земле как центре вселенной. Из всего того,

во что схоласты превратили аристотелевскую механику, естественно следует необходимость существования Бога. Но середина второго тысячелетия характеризуется повышением культурной и художественной активности, что получило название Ренессанса, Возрождения. Как следствие, появляется необходимость в науке не схоластической, боящейся соприкосновения с окружающей жизнью, а базирующейся на реальном опыте, помогающей познанию природы на благо новых, предприимчивых, смелых сил. Изобретены печатание книг (типографским и литографским способами), уличное освещение, гравирование, карманные часы, прядильное колесо, водолазный колокол, почта, новые способы разработки серебряной руды и т.д.

Интересно высказывание профессора Е.С.Анцеловича о науке Возрождения: «...Если образно представить развитие науки того времени в виде осады и штурма крепости схоластических заблуждений, то первым, кто начал всерьез штурм этой крепости, был Леонардо да Винчи. В этой борьбе ему "повезло". Он настолько опередил свое время, что его враги в рясах не смогли должным образом оценить всю революционную сущность его научных открытий. Он пробил брешь в стенах схоластики, но продолжить борьбу было некому, и проломы в стенах заросли бурьяном забвения. Величайшие открытия Леонардо долгое время лежали под спудом. Сейчас часто даже трудно судить, в какой степени ученые последующих лет пользовались путями, проторенными Леонардо да Винчи. Между смертью Леонардо да Винчи и рождением Галилея прошло около пятидесяти лет. В это время жили и творили такие ученые, как Тарталья, Кардан и великий Коперник. Это был период подготовки штурма крепости схоластической науки по всему ее фронту. И начал штурм Галилей. Его удары были нанесены широким фронтом, начиная от вопросов динамики тела и заканчивая вопросами мироздания. Эти разрушительные удары способствовали расчистке места для построения нового здания механики Ньютона...» [1].

Галилео Галилей родился 15 февраля 1564 г. в Пизе в обедневшей дворянской семье. Его отцом был Виченцо Галилей – известный музыкант даже в то богатое талантливыми людьми время. Систематическое образование Галилео получил в монастыре Вальлом-броза, где он изучал греческих и латинских классиков. Однако отец не хотел для сына монашеской карьеры и забрал его из монастыря. В 1581 г. Галилео был направлен для изучения медицины в Пизанский университет, но университет ничем не мог его заинтересовать. Влияние отца, однако, сказалось

и здесь. По его настоянию Галилео начал изучать труды Евклида и Архимеда. Архимед стал его любимым учителем на всю жизнь. Тем не менее наиболее вероятно, что Галилей вернулся во Флоренцию без диплома. Дома он изучал математику. В 1586 г. появилась его первая самостоятельная работа, в которой описаны изобретенные гидродинамические весы. По ходатайству перед великим герцогом Тосканским в 1589 г. Галилей был назначен профессором математики в Пизанский университет, где стал преподавать общепринятую астрономию и механику. В это время он написал работу “Диалог о движении”. В 1592 г. Галилея назначили на должность профессора математики Падуанского университета.

В 1609 г. Галилей построил свою первую подзорную трубу. В 1610 г. он публикует свои астрономические наблюдения в работе “Звездный вестник” и в том же году становится придворным математиком, философом и астрономом во Флоренции. В 1611 г. Галилей отправился в Рим, “где при всех докладах и астрономических демонстрациях его ожидал подлинный триумф”. В 1612 г. опубликована его работа о телах, пребывающих в воде.

В 1615 г. инквизицией начато расследование дела Галилея, закончившееся его увещанием в 1616 г. После этого наступил “немой период”, – следующая работа Галилея появляется только в 1623 г., и это работа о кометах “Пробирщик золота” (“Пробирные весы”). В 1632 г. издан “Диалог о двух системах мира – птоломеевой и коперниковой”. Этот труд по праву считается венцом творчества Галилея.

В 1633 г. состоялся суд над Галилеем, закончившийся тем, что Галилей был признан виновным и объявлен “узником инквизиции”. С этого времени и до самой смерти Галилей жил под домашним арестом в Арчетри под Флоренцией, а затем в самой Флоренции. В 1636 г. Галилей ослеп на правый глаз, тем не менее в 1638 г. в Лейдене выходят в свет его “Беседы и математические доказательства, касающиеся двух новых отраслей науки, относящихся к механике и местному движению”. В том же году Галилей полностью ослеп, окончательно прекратив астрономические наблюдения.

8 января 1642 г. Галилео Галилей умер в возрасте 77 лет.

Как уже было сказано, по настоянию отца в 1581 г. Галилей поступил в Пизанский университет, в котором стал изучать медицину. Здесь он впервые познакомился с физикой Аристотеля, с самого начала показавшейся ему неубедительной. Разберем, чем же физика Аристотеля стала неприемлемой ко времени Галилея.

Особый интерес для нас представляет Аристотелево учение о движении, которое господствовало в физике в течение полутора тысячелетий. Аристотель понимает под движением любое количественное или качественное изменение, благодаря которому явление реализуется. Такое широкое понимание движения позволяет ему утверждать, что в природе все есть движение. По Аристотелю, для движения небесных тел необходимы 47 или 55 неподвижных перводвигателей, что вносит существенную путаницу в определение порядка и направления движений. Частному понятию изменения положения тела с течением времени Аристотель дал наименование локального движения, а локальные движения он разделял на естественные и насильственные, тем самым отрицая непрерывность явлений и их однородность и вводя представление о зависимости от того, происходят ли эти движения по естественным или по случайным причинам.

Единство и однородность мира нарушаются в системе Аристотеля также различием подлунного мира, в котором вещи возникают, разрушаются и исчезают, и мира небесного – мира небесных звездных сфер, вечно неизменного и нерушимого. Также не выдерживает критики введенное Аристотелем понятие естественного места. Аристотель говорил, что из повседневного опыта известно, что есть тела, которые падают вниз, и тела которые возносятся вверх (например, дым или огонь), т.е. тяжелые тела стремятся к “своему месту”, находящемуся в центре Земли, а легкие стремятся ввысь, к граничной поверхности мировой сферы. Естественные движения бывают прямолинейными или круговыми. По Аристотелю, траектория ядра или брошенного тела состоит из трех частей: первая часть – прямолинейная наклонная, третья – прямолинейная вертикальная, а вторая – круговая, соединяющая первую с третьей. Каким же образом брошенное тело поддерживает свое движение? Причина этого не может заключаться ни в самом теле, ни в механизме, который привел тело в движение и уже покинул тело, так что не может более на него воздействовать. Значит, эта причина кроется в среде. И Аристотель придумывает замысловатую теорию, согласно которой брошенное тело непрерывно подталкивается, как парус на ветру, воздухом, стремящимся занять место, освобожденное в своем движении брошенным телом.

Вытекающее отсюда представление о динамике весьма непохоже на современное. В динамике Аристотеля движущееся тело непрерывно находится под действием некоторой силы, и скорость его прямо пропорциональна приложенной силе и обратно пропорциональна со-

противлению среды. Отсюда следует, что в пустоте, где сопротивление среды отсутствует, скорость стала бы бесконечно большой, т.е. тело приобрело бы свойство вездесущности. Это следствие настолько противоречит обычным представлениям, что Аристотель приходит к выводу о невозможности существования пустоты в природе. Такой вывод прямо противоположен утверждению атомистов, для которых движение как раз было невозможно в заполненном пространстве. По этому вопросу Аристотель полемизирует с атомистами, приводя в поддержку своего положения другие аргументы. Если принять существование пустоты, рассуждает Аристотель, то невозможно было бы сказать, почему тело, находящееся в движении, должно остановиться именно тут, а не там, ибо пустота как таковая не несет в себе никакого различия. Более того, можно даже сказать, что в пустоте все должно быть в покое, потому что нет никаких оснований для того, чтобы тело начало двигаться в том или ином направлении, с большей или меньшей скоростью. В общем, главный аргумент Аристотеля против существования пустоты заключается в том, что в ней нельзя выделить никакого предпочтительного направления: ни верха, ни низа, ни правого, ни левого. Пустота пассивна и невозмутима. Следовательно, ее нет в нашем ограниченном мире.

Очевидно, здесь мы имеем пример скорее злоупотребления принципом достаточного основания, нежели его употребления. Из подобных рассуждений Аристотель, определивший место как границу объемлющего тела, а пустоту как место, которое не содержит тела, но могло бы его содержать, делает вывод, что пустота является логическим противоречием, потому что она представляла бы собой *locus sine locato corpore* (место без размещенного в нем тела), – абстракция, лишенная смысла. Другим непосредственным следствием Аристотелевой динамики был вывод о том, что скорость падения тела в данной среде пропорциональна весу тела.

Критики Аристотелевой динамики всегда указывали на то несовместимое со здравым смыслом обстоятельство, что движение продолжается при отделении двигателя, первоначально его породившего.

В общем виде традиционные аргументы можно разделить на две группы. К первой относятся аргументы материального порядка. Они подчеркивают, насколько невероятным является допущение, согласно которому большие и тяжелые тела (мяч, вращающийся жернов, летящая против ветра стрела) могут двигаться благодаря реакции воздуха. Аргументы второй группы носят формальный характер и указывают на противоречивый характер приписывания воздуху двойной роли – сопротивляю-

щейся среды и двигателя. При этом отмечается также иллюзорный характер всей теории: она лишь перемещает проблемы причины движения с тела на воздух и потому вынуждена приписывать воздуху то, в чем отказано другим телам, а именно, способность поддерживать движение, отделенное от внешней причины. Если это так, то почему не предположить, что двигатель передает движущемуся телу или запечатляет в нем нечто, дающее этому телу возможность двигаться и именуемое по-разному – *virtus motiva*, *virtus impressa*, *impetus*, *impetus impressus*, иногда даже *forza* или *motio*, – но всегда представленное как некоторый вид мощности или силы, передающейся от двигателя движущемуся телу, и после этого продлевающее движение или, лучше сказать, производящее движение в качестве его причины. Таким образом, *impetus impressus* производит движение, он движет тела. Но в то же время он играет и другую очень важную роль – преодолевает сопротивление, которое окружающая среда оказывает движению.

Мировоззрение Галилея основывается на признании объективного существования мира, т.е. его существования вне и независимо от человеческого сознания. Подлинную цель науки Галилей видел в отыскании причин явлений. Он утверждал, что познание внутренней необходимости явлений есть высшая ступень знания. Исходным пунктом познания природы Галилей считал наблюдение, основой науки – опыт.

Здесь мы приведем несколько примеров Галилеевой критики Аристотеля, представляющиеся наиболее интересными и характерными.

Начнем с установленного Галилеем принципа инерции. Принцип инерции, который кажется противоречащим повседневному опыту, Галилеем устанавливается с помощью рассуждения, напоминающего доказательство от противного в математике: наклон плоскости по отношению к горизонту является причиной ускоренного движения тела, движущегося вниз, и замедленного движения тела, движущегося вверх; если же тело движется по неограниченной горизонтальной плоскости, то не имея причины ускоряться или замедляться, оно совершает равномерное движение. Таким образом, если понимать движение как действие “импетуса”, рассматриваемого в качестве его причины – причины имманентной, но отнюдь не внутренней на манер некоторой “природы”, то нелогичным и абсурдным было бы не сделать вывода, что производящая это движение причина, или сила, должна неизбежно уменьшаться и в конце концов исчерпать себя в процессе этого производства. Она не может оставаться без изменения в течение двух последовательных моментов, значит, производимое ею движение не-

избежно должно замедлиться и угаснуть. Тем самым юный Галилей преподает нам очень важный урок, а именно: хотя физика “импетуса” согласуется с движением в вакууме, она – как это имеет место в физике Аристотеля – несовместима с принципом инерции. То есть существовавшее утверждение, что “импетусом” объясняются инерциальные свойства движения, неверно.

Возражения против того, что Земля движется, производившие большое впечатление на широкую публику, были основаны на том, что все механические явления на поверхности Земли происходят так, как если бы Земля была неподвижна. Летящие птицы не отстают от находящейся под ними Земли, как должно было бы быть при ее вращении. Дальность стрельбы орудий на запад не больше, чем на восток. Тяжелые тела падают по вертикали, а не наклонно, и т.д. На всю эту критику Галилей отвечает классическим принципом относительности:

“Уединитесь с кем-либо из друзей 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 капать капля за каплей в другой сосуд с узким горлышком, поставленный 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 поставленный сосуд, и вам, бросая другу 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 нас 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 и 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... И причина согласованности всех этих явлений в том, что движение корабля обще всем находящимся в нем предметам, так же как и воздуху; поэтому-то я и сказал, что вы должны находиться под палубой...” [2].

Содержание этого отрывка теперь формулируют короче, говоря, что механические явления в какой-либо системе происходят одинаково независимо от того, неподвижна ли система или совершает равномерное и прямолинейное движение, или, иначе, механические явления происходят одинаково в двух системах, движущихся равномерно и прямолинейно относительно друг друга. Аналитически переход от законов движения, выраженных в одной системе, к законам, выраженным в другой системе, совершается с помощью простейших формул, которые в своей совокупности называются преобразованиями Галилея. Следовательно, принцип относительности означает инвариантность законов механики по отношению к преобразованиям Галилея.

Галилей дерзко заявил, что книга природы написана математическими знаками. Он осознал, что для того чтобы показать, что можно установить математические законы природы, это надо сделать.

Даже из простых наблюдений видно, что предложенная Аристотелем траектория полета тел не соответствует действительности. Галилей показал, что если не считать сопротивления воздуха, то в соответствии с законом инерции горизонтальная скорость будет оставаться постоянной, а вертикальная будет увеличиваться в соответствии с законом падения тел (подробнее об этом законе будет сказано ниже). Для того чтобы узнать, как будет двигаться снаряд в течение какого-то короткого периода времени, допустим в течение секунды, после того как он уже летел какое-то время, будем рассуждать следующим образом. Во-первых, если бы снаряд не падал, то покрыл бы определенное расстояние по горизонтали, равное тому, которое он покрыл в первую секунду своего полета. Во-вторых, если бы он не двигался горизонтально, а просто падал, он падал бы вертикально со скоростью, возрастающей пропорционально времени, истекшему с начального момента полета. Фактически изменение местоположения снаряда такое, какое было бы, если бы сначала в течение секунды он двигался горизонтально со скоростью, равной начальной скорости, а потом падал бы в течение секунды вертикально со скоростью, возрастающей пропорционально времени, в течение которого он находился в полете. Простой расчет показывает, что получающаяся в результате траектория представляет собой параболу, и это подтверждалось наблюдениями постольку, поскольку исключалось сопротивление воздуха.

Галилей говорил, что мир бесконечен, а материя вечна. Во всех процессах, происходящих в природе, ничто не уничтожается и не рождается – происходит лишь изменение взаимного расположения тел

или их частей. Материя состоит из абсолютно неделимых атомов, движение – единственное, универсальное механическое перемещение. Небесные светила подобны Земле и подчиняются единым законам механики. Все в природе подчинено строгой механической причинности. Следуя этим принципам, Галилей всю жизнь служил науке.

Галилей первым открыл значение ускорения в динамике. “Ускорение” означает изменение скорости либо по величине, либо по направлению; таким образом, тело, равномерно двигаясь по кругу, в каждый момент времени имеет ускорение, направленное к центру круга. Используя выражения, которые были обычными в период, предшествовавший периоду жизни Галилея, мы могли бы сказать, что он рассматривает равномерное движение по прямой линии как единственно “естественное” и на Земле, и на небесах. Раньше думали, что для небесных тел “естественно” двигаться по кругу, а для земных – по прямой, но считалось, что движущиеся земные тела постепенно перестали бы двигаться, если бы они были предоставлены самим себе. Вопреки этому взгляду, Галилей полагал, что всякое тело, если оно будет предоставлено самому себе, будет продолжать двигаться по прямой линии с постоянной скоростью; всякие изменения либо в скорости, либо в направлении движения объясняются действием какой-либо “силы”. Этот принцип был провозглашен Ньютоном как “первый закон движения”. Его называют также законом инерции. Далее мы вернемся к его содержанию, здесь же необходимо остановиться на некоторых деталях открытий Галилея.

Галилей первым установил закон падения тел. Этот закон, в котором вводится понятие ускорения, в высшей степени прост. Он гласит, что когда тело падает свободно, его ускорение постоянно, если не учитывать сопротивления, которое может оказать воздух; ускорение одинаково для всех тел, тяжелых или легких, больших или малых. Но доказать этот закон исчерпывающим образом было невозможно до тех пор, пока не изобрели воздушный насос, что произошло около 1654 г. После этого стало возможным наблюдать падение тел в условиях, которые практически можно было считать условиями, близкими к вакууму, и было установлено, что перья падают с такой же скоростью, с какой падает свинец. Таким образом, Галилей доказал, что нет заметного различия между большим и маленьким кусками одного и того же вещества. Ранее предполагали, что большой кусок свинца упадет быстрее, чем маленький, но Галилей экспериментально доказал, что это не так. Измерение в то время не было таким точным, каким оно стало впоследствии, но несмотря на это, он пришел к правильной фор-

мулировке закона падения тел. Если тело свободно падает в вакууме, то его скорость увеличивается на постоянную величину. В конце первой секунды его скорость равна 9,8 м/с, в конце второй – 19,6, в конце третьей – 29,4 м/с и т.д. Ускорение, т.е. величина, на которую увеличивается скорость, всегда постоянно: каждую секунду скорость увеличивается приблизительно на 9,8 м/с.

Именно Галилей предложил чрезвычайно плодотворный метод использования закона параллелограмма при рассмотрении действия на тело нескольких сил. Этот принцип говорит о том, что когда несколько сил действует одновременно, их действие таково, как если бы каждая сила действовала по очереди. Допустим, что вы находитесь на палубе движущегося корабля и гуляете поперек нее. Пока вы шли от одного борта к другому, корабль прошел какое-то расстояние, так что относительно воды вы продвинулись как вдоль, так и поперек направления движения корабля. Если вы захотите узнать, где вы оказались относительно воды, то можете предположить, что сначала стояли неподвижно вы, тогда как корабль двигался, а потом в течение такого же промежутка времени неподвижно стоял корабль, тогда как вы шли в пересекающем его направлении. Тот же самый принцип применяется и к силам. Это дает возможность узнать общий результат действия целого ряда сил и позволяет анализировать физические явления, раскрывая особые законы нескольких сил, действию которых подвергаются движущиеся тела.

Пожалуй, самый существенный вклад Галилей внес в астрономию. Как уже было сказано, в 1609 г., используя дошедшие до него сведения о телескопе, изобретенном в Голландии Липперсеом, Галилей строит свой первый телескоп, дающий приблизительно трехкратное увеличение. Вскоре он построил телескоп с увеличением в 32 раза. Следует отметить, что основным вкладом Галилея в астрономию представляется именно использование “зрительной трубы” для наблюдения небесных тел, т.е. именно взгляд вверх через телескоп оказал преобладающее влияние на последующее развитие астрономии. Терпеливые эксперименты Галилея с трубой, постепенное ее усовершенствование, которое достигалось им за счет точной обработки поверхностей линз, способствовали успешному использованию подзорной трубы для астрономических наблюдений. Этот успех был порожден твердой верой в нее Галилея, все более усиливавшейся по мере постепенного усовершенствования им этого прибора, в достоверности показаний которого ученый убедился по многочисленным контрольным опытам при наблюдении земных объектов в самых разнообразных условиях.

О подзорной трубе лет двадцать никто не знал, но побыв в руках Галилея всего 10 месяцев, а то и меньше, она превратилась в главный инструмент науки нового времени. Галилей вполне мог называть ее своим детищем. Своими астрономическими наблюдениями он подвел нерушимый фундамент под учение Коперника о гелиоцентризме.

Галилей обнаружил, что Млечный Путь состоит из множества отдельных звезд. Он наблюдал фазы Венеры, предположение о существовании которых вытекало из теории Коперника, но которые невооруженный глаз не мог воспринять. Он открыл спутники Юпитера, которые в честь своего покровителя назвал Медическими звездами [3]. Было установлено, что эти спутники подчиняются законам Кеплера. Однако возникло одно затруднение. Всегда считалось, что существует семь небесных тел: пять планет, Солнце и Луна, значит семь – это священное число. Разве воскресенье не седьмой день? Разве подсвечники не семиствольны, а церквей в Азии не семь? Что же тогда могло быть более подходящим, как не то, что должно быть и семь небесных тел? Но если к ним нужно добавить еще четыре луны Юпитера, то их станет одиннадцать – число, которое не имеет никаких мистических свойств.

Галилей порвал и с другой, литературной, традицией. Писатели того времени любили украшать свои книги отступлениями и причудливыми словесными орнаментами. Галилей был врагом подобного украшательства и считал преступлением против хорошего вкуса выставлять напоказ литературную эрудицию. Наука для Галилея – это не сумма разнообразных сведений, почерпнутых из книг, а строгое и последовательное объяснение фактов. Поэтому эклектическая эрудиция схоластической литературы была чужда основателю механического естествознания. В своих работах Галилей отказывался излагать случайные наблюдения, приводить выдержки из старых книг, делать риторические отступления и т.д., как это делали его оппоненты. Основа литературного стиля Галилея – новый тип научного мышления.

Одна из главных заслуг Галилея как раз и состоит в том, что он при исследовании природы предложил новый стиль мышления. Когда говорят, что Галилей был основателем экспериментального метода, не следует понимать, что ему мы обязаны введением эксперимента как средства исследования, потому что эксперимент применялся начиная с античности. Но почти всегда это были грубые опыты, сводившиеся к чистому эмпиризму. Галилей же интерпретирует явление, пытаясь абстрагироваться от всех возмущающих причин. Таким образом, задача физика – придумать эксперимент, повторить его несколько раз, исключив или уменьшив влия-

ние возмущающих факторов, уловить в неточных экспериментальных данных математические законы, связывающие величины, характеризующие явление, предусмотреть новые эксперименты для подтверждения (в пределах экспериментальных возможностей) сформулированных законов, найдя подтверждения, идти дальше с помощью дедуктивного метода и найти новые следствия из этих законов, в свою очередь, подлежащие проверке.

Во многих исследованиях, которые проводил Галилей, можно, пожалуй, выделить четыре этапа. Первый этап – восприятие явления, *чувственный опыт*, привлекающий наше внимание к определенной частной группе явлений, но еще не позволяющий выявить тот или иной закон природы. Галилею было, очевидно, чуждо представление о том, что наш разум покорно воспринимает из внешнего мира научные знания, что все содержится в опыте. Вслед за чувственным экспериментом Галилей переходит, как он говорил, к *аксиоме*, или, в современной терминологии, к рабочей гипотезе. Это – центральный этап исследования, состоящий в критическом рассмотрении и данных чувственного опыта посредством творческого процесса, основанного на интуиции. Далее идет третий этап, который Галилей называл *математическим развитием*, – нахождение логических следствий из принятой рабочей гипотезы. И наконец, четвертый этап Галилеева эксперимента – *опытная проверка*, являющаяся собой высший критерий всего процесса открытия. Таким образом исследование явления природы начинается с опыта и к опыту возвращается, но не может осуществляться без обращения к математике.

Научная деятельность Галилея, сделанные им огромной важности открытия, его научная смелость имели решающее значение для победы гелиоцентрических представлений. Особенно большую роль сыграла его работа, посвященная основным принципам механики. Если основные законы движения и не были высказаны Галилеем с той же четкостью, с какой это сделал Ньютон, то по существу закон инерции и закон сложения движений были им вполне осознаны и применены к решению практических задач. История статики начинается с Архимеда – историю динамики открывает Галилей.

Для Галилея причинное объяснение природы никогда не переставало быть основной задачей исследования. Подчас он вынужденно ограничивал научное исследование учением о двойственной истине. Это учение выделяло богословие и науку различные области, причем богословие не вмешивалось в область науки, а наука не навязывала сво-

их выводов богословию. Ученые, говорившие о двойственной истине, не думали, что наука имеет дело с фиктивными объектами. Напротив, они утверждали, что выводы науки – объективная истина. Смысл учения о двойственной истине состоял в том, что наука возводила стену между своей областью и той областью, где царила церковная догма. Во всяком случае, сама наука, по мнению Галилея, должна быть подчинена принципу причинности. Галилей ввел в научное сознание идею бесконечного приближения к объективной истине на основе механического объяснения природы.

Бесконечность познания вытекала у Галилея из бесконечности природы. На склоне лет, подводя итог своим астрономическим работам, как на основную свою заслугу Галилей указал на колоссальное расширение сферы познания Вселенной. Действительно, его основные идеи явили собой коренной поворот в мировоззрении: объектом науки – не натурфилософских догадок, не схоластических построений, а именно науки – становится безграничная природа. В январе 1638 г., сообщая о своей слепоте, Галилей писал: “Вы можете себе представить, как я горюю, когда я сознаю, что это небо, этот мир и Вселенная, которые моими наблюдениями и ясными доказательствами расширены в сто и в тысячу раз по сравнению с тем, какими их считали люди науки во все минувшие столетия, – теперь для меня так уменьшились и сократились” [4].

Подчеркнем: речь идет не о бесконечно большой Вселенной. Конечная вселенная Аристотеля стала больше “в сто и в тысячу раз”. Бесконечность Вселенной, открывающая путь бесконечному познанию, – это то, что называли интенсивной бесконечностью. Бесконечное число бесконечно малых событий, из которых составлена совокупность движений, – действительная основа универсальной гармонии бытия. Во всяком случае, Галилей считал, что впереди безграничное поле исследования.

Тем, кто привык смотреть в корень вещей, Галилей показал неразрешимую мировую загадку и бесконечно простирающуюся во времени и пространстве науку, безграничность которой должна была повлечь за собой осознание человеческого одиночества и беспомощности. Речь идет не о субъективных ощущениях и настроениях современного ученого, столкнувшегося с отсутствием в науке окончательных догматических решений. Ученый, связывающий свою деятельность со всепобеждающим и бесконечным научным прогрессом, испытывает ощущения одиночества и беспомощности. Бесконечность познания была

для Галилея источником глубокого и яркого оптимизма, окрашивавшего его мировоззрение. Обращаясь к своим многочисленным слушателям, читателям, корреспондентам, Галилей говорил, что наука – это не сумма твердых, раз навсегда установленных догматов, а живой процесс, уходящий в бесконечность. Галилей считал, что люди обладают лишь небольшой частицей истины и природа открывает перед ними безграничное поле для дальнейшего исследования, но говорил он об этом спокойным и радостным тоном. Он утверждал, научная истина абсолютно объективна. Мы обладаем небольшими знаниями, но эти знания соответствуют объективной действительности, и они будут обогащаться и уточняться на основе простого, рационального, доступного всем людям научного метода.

Противники Галилея либо объявляли видимое (геоцентрическое) движение абсолютной реальностью, либо вообще отрицали объективный характер научных законов. Таков метафизический взгляд на науку: либо сумма окончательных догматов, либо цепь заблуждений, имеющих лишь условную ценность. И то, и другое представление может быть основой глубокого пессимизма в отношении перспектив развития науки. Напротив, взгляд Галилея – это оптимистическое представление о всепобеждающем научном прогрессе, не имеющем границ, так же как не имеет границ сама природа. По мнению Галилея, человеческий разум экстенсивно, т.е. по количеству знания, всегда будет охватывать бесконечно малую часть истины, ибо природа бесконечна, а знания конечны. Но интенсивно, т.е. по уровню объективной достоверности, разум абсолютно постигает природу. Эта мысль, упомянутая в качестве особо одиозной в актах суда инквизиции, была высказана Галилеем в следующей декларации, которая, смело можно сказать, не имеет аналогий в истории науки XVII в.: «Экстенсивно, то есть по отношению к множеству познаваемых объектов, а это множество бесконечно, познание человека – как бы ничто, хотя он и познает тысячи истин, так как тысяча по сравнению с бесконечностью – как бы нуль; но если взять познание интенсивно, то поскольку термин “интенсивное” означает совершенное познание какой-либо истины, то я утверждаю, что человеческий разум познает некоторые истины столь совершенно и с такой абсолютной достоверностью, какую имеет сама природа...» [5].

Галилей выдвигал на передний план объективное существование, а не человеческое сознание, становясь тем самым на позиции естественно-научного материализма. Это четко проявляется в его утверждении

о том, что математика раскрывает связь явлений, их причинную обусловленность, “приходит к пониманию их необходимости, а высшей степени достоверности не существует” [6]. Галилей считал, что природа сначала создала по своему разумению вещи и лишь затем человеческий разум с его способностью разгадывать, хотя и с большим трудом, некоторые из ее тайн. Он всегда удивлялся, когда авторы в своих рассуждениях пользовались таким приемом: данный факт согласуется с нашим разумом, в противном же случае для нас был бы закрыт путь к познанию того или иного обстоятельства или критерий философии стал бы хрупок, как если бы природа сначала создала человеческий ум, а лишь затем расставила вещи в соответствии со способностью нашего разума постичь их.

По словам Галилея, “книга природы написана на языке математики, ее буквами служат треугольники, окружности и другие геометрические фигуры, без помощи которых человеку невозможно понять ее речь; без них – напрасное блуждание в темном лабиринте” [7]. Именно поэтому в своих работах Галилей уделял такое большое внимание различным геометрическим построениям и схемам, с помощью которых он доносил свои идеи до широкой публики. Но почему математические следствия должны соответствовать данным ощущений? Потому, что “наши рассуждения должны быть о чувственном мире, а не о бумажном мире” [8].

Основное, что отличает Галилея от Аристотеля – это дифференциальное мировоззрение, представление о бесконечном числе бесконечно малых элементов пространства и времени, в которых наиболее точно осуществляются закономерности бытия. Этот подход к рассмотрению физических вопросов однозначно соединяется с мысленными экспериментами, с образом шара, катящегося по поверхности без подъемов, и с аналогичными кинетическими образами, а эти последние соединяются с живым конкретным опытом. В этих представлениях проявляется именно математический взгляд Галилея на рассматриваемые вопросы.

Имеет ли математика у Галилея функцию только инструмента или же ей приписывается метафизическое значение, как у Платона? Вопрос о философских воззрениях Галилея много обсуждался и обсуждается поныне. Его называли и платоником, и кантианцем, и позитивистом и т.д. Не останавливаясь на этом вопросе подробно, напомним, что Галилей хотел, чтобы на обложке собрания его сочинений были написаны слова: “Отсюда станет понятным на бесчисленных примерах, сколь полезна математика в заключениях, касающихся того, что предлагает нам природа, и насколько невозможна настоящая философия без помощи геометрии, в соответствии с истиной, провозглашенной Платоном” [9].

Объективной, истинной причиной явлений природы у Галилея выступает единая, тождественная себе материя, лишенная качественных, вторичных свойств. При всей своей ограниченности эта идея для XVII в. прогрессивна, она направлена против перипатетических качественных объяснений. Последние представляются Галилею чисто словесными обозначениями, не приближающими нас к познанию причин. Средневековые эпигоны Аристотеля при каждой встрече с неизвестным явлением тут же предполагали наличие в нем специфического качества, которое именно и состоит в способности вызвать данное явление. По словам Галилея, метод перипатетиков сводит науку к придумыванию новых слов, причем эти слова, не решая никаких проблем, лишь обозначают проблемы. Следующие поколения встречали пережитки перипатетических теорий насмешками Мольера, который вложил в уста бакалавра-перипатетика знаменитый ответ на вопрос, почему опий усыпляет: “Потому, что есть в нем усыпительная способность, природа которой – усыплять чувства...”.

Подлинное объяснение явлений природы, утверждал Галилей, должно показать в их основе перемещение частей бескачественной единой материи. Состояние науки в XVI–XVII вв. было таково, что единство мира могло быть принято лишь как механическое единообразие. Вместо качественных различий нужно было включить в научное мировоззрение чисто количественные различия тождественных по своей природе и свойствам элементов. Мало того, нужно было подчинить всю науку механическому сведению всех явлений природы к количественному процессу, а именно, к перемещению качественно однородных элементов.

Механическое естествознание отвергло не только перипатетические скрытые свойства, но и, по сути, все качественные различия в природе, сведя все имеющиеся в ней различия к количественным. Галилей пошел по этому пути гораздо дальше, чем многие его современники. В своем учении о материи, так же как и в астрономических воззрениях, он отказался от качественного разграничения элементов вещества. В “Пробирных весах” он писал: “Никогда я не стану от внешних тел требовать чего-либо иного, чем величина, фигура, количество, и более или менее быстрые движения для того, чтобы объяснить возникновение ощущений вкуса, запаха и звука; я думаю, что если бы мы устранили уши, языки, носы, то остались только фигуры, числа, движения, но не запахи, вкусы и звуки, которые, по моему мнению, вне живого существа являются не чем иным, как только пустыми именами” [10].

Исаак Ньютон

Современным своим видом классическая механика обязана Ньютону.

Исаак Ньютон родился 25 декабря 1642 г. в семье фермера. Факт смерти Галилея и рождения Ньютона в один год, без сомнения, интересен тем, кто еще верит в метемпсихоз. Отец Ньютона умер незадолго до рождения сына. В 12 лет Исаак начал учиться в Грантемской школе, а в 1661 г. поступил в Тринити-колледж Кембриджского университета в качестве субсайзера (так назывались бедные студенты, выполнявшие для заработка обязанности слуг в колледже). В Тринити-колледже его учителем был известный математик Барроу. Окончив университет, Ньютон в 1665 г. получил ученую степень бакалавра. В 1665–1667 гг. во время эпидемии чумы Ньютон находился в своей родной деревне Вулсторп, и эти годы были наиболее продуктивными в его научном творчестве. Здесь у Ньютона сформировались в основном те идеи, которые привели его к созданию дифференциального и интегрального исчисления. В 1668 г. Ньютон изготовил первый зеркальный телескоп. В том же году ему была присвоена степень магистра, а в 1669 г. Барроу передал своему ученику почетную люкасовскую физико-математическую кафедру, которую Ньютон возглавлял до 1701 г. В 1671 г. он построил второй зеркальный телескоп – большего размера и лучшего качества. В январе 1672 г. Ньютон был избран членом Лондонского королевского общества, в 1703 г. он стал его президентом.

Наиболее полное изложение дифференциального и интегрального исчисления содержится в “Метод флюксий...” написанном в 1670–1671, но опубликованном только в 1736. В первой своей оптической работе “Новая теория света и цветов” [11], содержание которой Ньютон доложил в Лондонском королевском обществе в 1672 г., он высказал свои взгляды о “телесности света” (корпускулярную гипотезу света). Эта работа вызвала долгие споры, и раздраженный Ньютон принял решение не публиковать работ по оптике. Результаты его многолетних оптических исследований стали достоянием читателей лишь в 1704 г. (через год после смерти Гука), когда был напечатан фундаментальный труд “Оптика”. В 1687 г. Ньютон опубликовал свой грандиозный труд “Математические начала натуральной философии”.

В 1695 г. Ньютон получил должность смотрителя Монетного двора. Ему удалось привести в порядок расстроенное монетное дело Англии, за что в 1699 г. он получил пожизненное высокооплачиваемое звание директора Монетного двора. В том же году Ньютон был избран иностранным членом Парижской академии наук. В 1705 г. за научные труды он был возведен в дворянское достоинство.

Умер Исаак Ньютон 31 марта 1727 г. Его похоронили в английском национальном пантеоне – Вестминстерском аббатстве.

Галилей и Гюйгенс развивали механику тел применительно к поверхности Земли. В работах Ньютона обобщены принцип инерции и понятие силы, введено понятие массы, область применимости законов механики распространена на всю Вселенную. Это последнее обобщение, возвратившее миру единство и непрерывность, утраченные в механике Аристотеля, было обосновано Ньютоном с помощью правил рассуждения, которые характеризуют все его исследования по механике. *Первое правило* – не принимать иных причин явлений, кроме тех, что достаточны для их объяснения. *Второе правило* – всегда относить аналогичные явления к одной и той же причине. Например, свет от кухонного очага и солнечный свет должны вести себя одинаково. *Третье правило* – считать свойством всех тел вообще такие свойства, которые не могут быть ни ослаблены, ни усилены и которые присущи всем телам, подвергаемым экспериментированию. Это ньютоновское правило индукции, позволяющее, например, сделать вывод о непроницаемости и протяженности всех тел, хотя эксперимент можно поставить лишь на некоторых. И наконец, *четвертое правило* (добавленное лишь в третьем издании “Начал”) – считать правильным всякое утверждение, полученное из опыта с помощью индукции, до тех пор пока не будут обнаружены другие явления, которые ограничивают это утверждение или противоречат ему. Сохранившееся лишь в рукописи *пятое правило* противопоставляет декартовскому иннатизму локковский эмпиризм.

В этих кратко сформулированных утверждениях, появившихся лишь во втором издании “Начал” (1713 г.), отражается полемика с картезианцами. Сторонники Декарта считали, что философия никогда не может отказаться от идеала совершенной умопостигаемости, который столь мощно отстаивался Декартом, и что наука никогда не сможет принять в качестве основания не осмысленные разумом факты. Однако победоносная ньютоновская наука была занята как раз

не чем иным, как установлением в качестве такого основания не осмысленных разумом сил притяжения и отталкивания, и делала это с большим успехом.

Разумеется, верно, что Декарт, начавший с чисто рациональной физической программы, пришел в конце концов к созданию чисто воображаемой физики, некоего философского романа, как назовут его творение Гюйгенс и Лейбниц. Верно, что в мире нет ни тонкой материи, ни желобчатых частиц, ни круглых частиц второго элемента, из которых, согласно Декарту, состоит свет. Верно также, что нет и вихрей и что даже если бы они были, то ими нельзя было бы объяснить ни притяжение, ни силу тяжести. Наконец, верно, что материя и пространство не тождественны и что вследствие этого физика не может быть сведена к геометрии и что само стремление произвести такое сведение завело Декарта в тупик. Однако стоит вспомнить, что существуют другие аспекты картезианской физики, значение которых оказалось более долговечным, чем значение представления о вихрях. Например, в ней можно найти первую попытку создания связной, хотя и бесплодной, рациональной космологии, отождествление небесной физики и физики земной и, как следствие этого, первое утверждение о существовании на небесах центробежных сил. Ни Кеплер, ни даже Галилей не отваживались приложить такие силы к движению небесных тел и, следовательно, не нуждались для их уравнивания в центростремительных силах. А ведь создание рациональной космологии и отождествление небесной физики и физики земной – немалая заслуга.

Ньютон не мог себе позволить игнорировать эту заслугу, однако он о ней не упоминает. Он не упоминает также о том, что именно картезианская формулировка принципа инерции, поместившая движение и покой на один онтологический уровень, вызвала к жизни его собственную концепцию. Осуждать ньютоналинцев и самого Ньютона за их несправедливость по отношению к Декарту не стоит. Мысль человеческая полемична, она питается отрицанием. Мысль Ньютона почти с самого начала формировалась и развивалась в противостоянии к мысли Декарта. “Физике гипотез” Декарта Ньютон противопоставляет “физику принципов”. Но принципы – это, по существу, произвольное обобщение опытных фактов, и кто знает, как их точно отличить от гипотез. Поэтому не удивительно, что несмотря на этот его “символ веры”, Ньютон также прибегает в своих построениях к абстракциям. Однако в целом его работа “Начала” представляет собой, пожалуй, наиболее совершенный образец гармонического сочетания данных опыта и теоретических рассуждений из всех

существовавших когда-либо в физике. “Начала”, в которых Ньютон обобщил результаты, полученные его предшественниками – Галилеем, Кеплером, Декартом, Гюйгенсом и др., и свои собственные исследования и впервые создал единую стройную систему земной и небесной механики, которая легла в основу всей классической физики, являются вершиной его научного творчества.

Первые страницы “Начал” содержат восемь определений основных понятий. Понятие массы, вводимое первым определением, Декарт и Гюйгенс путали с понятием веса. Далее вводятся понятия количества движения и инерции. Четвертое определение вводит понятие силы, которое есть уже у Кеплера, но последний измерял ее скоростью. У Галилея сила была эквивалентна весу, зато в отличие от Кеплера он измерял силу вызванным ускорением. Следующие определения, с пятого по восьмое, касаются центростремительной силы, причем Ньютон различает здесь абсолютную силу, ускорительную силу и движущую силу. В качестве примеров центростремительной силы Ньютон приводит силу тяжести, магнитную силу, ту силу, которая удерживает планеты на их криволинейных орбитах, каково бы ни было ее происхождение, силу действия руки при раскручивании камня в праще. Из этих примеров ему легко вывести возможность как существования искусственных спутников Земли (если снаряды выпущены с достаточной скоростью), так и того, что тела, брошенные с Земли в небесное пространство, могут бесконечно продолжать свое движение. Обе эти возможности стали действительностью лишь по истечении трех веков.

В восьмом определении говорится, что “движущая величина центростремительной силы” измеряется скоростью, приобретаемой в заданный промежуток времени, т.е. в современной терминологии – ускорением. Следовательно, именно эту “движущую величину силы” мы теперь называем приложенной силой и в случае падения тяжелых тел отождествляем с весом. Формулируя понятие количества материи, Ньютон исходит из представления о том, что атомы состоят из некой единой первичной материи; плотность он понимал как степень заполнения единицы объема тела первичной материей. Ньютон впервые рассмотрел основной метод феноменологического описания любого физического воздействия через посредство силы. Определяя понятия пространства и времени, Ньютон разделяет истинные и измеряемые понятия:

“1. Абсолютное, истинное математическое время само по себе и по самой своей сущности, без всякого отношения к чему-либо внешнему, протекает равномерно и иначе называется длительностью. Отно-

сительное, кажущееся или обыденное время есть или точная, или изменчивая, постигаемая чувствами, внешняя, совершаемая при посредстве какого-либо движения мера продолжительности, употребляемая в обыденной жизни вместо истинного, или математического, времени, как-то: час, день, месяц, год.

2. Абсолютное пространство по самой своей сущности, безотносительно к чему бы то ни было внешнему, остается всегда одинаковым и неподвижным. Относительное есть его мера или какая-либо ограниченная подвижная часть, которая определяется нашими чувствами по положению его относительно некоторых тел и которое в обыденной жизни принимается за пространство неподвижное...

Возможно, что не существует (в природе) такого равномерно-го движения, которым время могло бы измеряться с совершенной точностью. Все движения могут ускоряться или замедляться, течение же абсолютного времени изменяться не может...

Время и пространство составляют как бы вместилница самих себя и всего существующего. Во времени все располагается в смысле порядка последовательности, в пространстве – в смысле порядка положения. По самой своей сущности они есть места, приписывать же первичным местам движения нелепо. Вот эти-то места и суть места абсолютные, и только перемещения из этих мест составляют абсолютные движения...

Причины происхождения, которыми различаются истинные и кажущиеся движения, суть те силы, которые надо к телам приложить, чтобы произвести эти движения. Истинное абсолютное движение не может ни произойти, ни измениться иначе, как от действия сил, приложенных непосредственно к движущемуся телу, тогда как относительное движение тела может быть, и произведено и изменено без приложения сил к этому телу” [12].

Таким образом, для Ньютона сила является абсолютным элементом, тогда как движение может иметь лишь относительный характер из-за отсутствия абсолютной системы отсчета.

Эти понятия времени и пространства легли в основу классической механики. Затем Ньютон сформулировал свои знаменитые три “аксиомы, или законы движения”: закон инерции (открытый Галилеем, первый закон Ньютона), закон пропорциональности количества движения силе (второй закон Ньютона) и закон равенства действия и противодействия (третий закон Ньютона). Из первого и третьего законов он выводит закон сохранения количества движения для замкнутой системы.

Отметим также первостепенную роль Ньютона в разработке дифференциального и интегрального исчисления. Фактически он разработал (независимо от Лейбница) эти два метода математического анализа. В “Метод флюксий” [13] содержится наиболее полное изложение идей Ньютона, касающихся дифференциального и интегрального исчисления. Здесь он формулирует две основные взаимно обратные задачи анализа: 1) определение скорости движения в данный момент времени по известному пути, или определение соотношения между флюксиями по данному соотношению между флюентами (задача дифференцирования); 2) определение пройденного за данное время пути по известной скорости движения, или определение соотношения между флюентами по данному соотношению между флюксиями (задача интегрирования дифференциального уравнения и, в частности, отыскания первообразных). Метод флюксий применяется здесь к большому числу геометрических вопросов (задачи на касательные, кривизну, экстремумы, квадратуры, спрямления и др.); здесь же выражается в элементарных функциях ряд интегралов от функций, содержащих квадратный корень из квадратичного трехчлена. Большое внимание уделено в “Метод флюксий” интегрированию обыкновенных дифференциальных уравнений, причем основную роль здесь играет представление решения в виде бесконечного степенного ряда. Ньютону принадлежит также решение некоторых задач вариационного исчисления.

В сочинении “Анализ при помощи уравнений с бесконечным числом членов” [14] (написано в 1669 г., опубликовано в 1711 г.) Ньютон вычислил производную и интеграл любой степенной функции. Различные рациональные, дробно-рациональные, иррациональные и некоторые трансцендентные функции (логарифмическую, показательную, синус, косинус, арксинус) Ньютон выражал с помощью бесконечных степенных рядов. В этом же труде Ньютон изложил метод численного решения алгебраических уравнений, а также метод нахождения разложения неявных функций в ряд по дробным степеням аргумента. Метод вычисления и изучения функций их приближением бесконечными рядами приобрел огромное значение для всего анализа и его приложений.

Созданная Ньютоном теория движения небесных тел, основанная на законе всемирного тяготения, была признана крупнейшими английскими учеными того времени и резко отрицательно встречена на Европейском континенте. Противниками взглядов Ньютона, в частности в вопросе о тяготении, были картезианцы, воззрения которых господствовали в Европе, в особенности во Франции, в первой половине XVIII в. Убеди-

тельным доводом в пользу теории Ньютона явилось обнаружение рассчитанной им приплюснутости земного шара у полюсов вместо выпуклостей, предполагавшихся по учению Декарта. Исключительную роль в укреплении авторитета теории Ньютона сыграла работа А.К.Клеро по учету возмущающего действия Юпитера и Сатурна на движение кометы Галлея. Успехи теории Ньютона в решении задач небесной механики увенчались открытием планеты Нептун (1846 г.), основанным на расчетах возмущений орбиты Юпитера (У.Леверье и Дж. Адамс).

Вопрос о природе тяготения во времена Ньютона сводился, в сущности, к проблеме взаимодействия, т.е. наличия или отсутствия материального посредника в явлении взаимного притяжения масс. Не признавая картезианских воззрений на природу тяготения, Ньютон, однако, уклонился от каких-либо объяснений, считая, что для них нет достаточных научно-теоретических и опытных оснований. После смерти Ньютона возникло научно-философское направление, получившее название ньютонианства, наиболее характерной чертой которого были абсолютизация и развитие высказывания Ньютона “гипотез не измышляю” и призыв к феноменологическому изучению явлений при игнорировании фундаментальных научных гипотез.

Ньютон заметил, что движущееся в жидкости тело должно не только смещать жидкость, но и преодолевать ее вязкость. Поэтому он считал сопротивление равным сумме двух членов: одного – пропорционального квадрату скорости и другого – пропорционального скорости.

Результаты теории были применены к движению брошенных тел в воздухе, к движению тел под действием центростремительных сил в среде с сопротивлением и к движению маятника. Экспериментальная проверка была произведена в опытах с маятниками и с падением тел в воздухе и воде. Затем Ньютон предпринял исследование влияния формы тела на сопротивление, испытываемое им при движении, и сформулировал теорему о пропорциональности сопротивления при прочих равных условиях максимальной площади сечения тела, перпендикулярного направлению движения. Этот результат естественно привел его к исследованию аэродинамических профилей, если говорить современным языком, т.е. такой формы тел, которой при прочих равных условиях соответствует наименьшее сопротивление движению в жидкости.

В современной механике существует одно изменение по сравнению с философией Ньютона, которое следует упомянуть сейчас, – это отказ от представления об абсолютных пространстве и времени.

Ньютон верил в пространство, составленное из точек, и во время, образованное из моментов, которые существуют независимо от тел и событий, находящихся в них. В отношении пространства он подкреплял свою точку зрения, опираясь на эмпирический аргумент, а именно на то, что физические явления дают нам возможность различать абсолютное вращение. Если вода в ведре вращается, она поднимается у стенок и опускается в центре, но если вращается ведро, а не вода, такого результата не происходит. Впоследствии был проведен эксперимент с маятником Фуко, дающий то, что считается доказательством вращения Земли. Даже в рамках самых современных взглядов вопрос об абсолютном вращении представляет трудности. Если все движение относительно, то разница между гипотезой о том, что вращается Земля, и гипотезой о том, что вращаются небеса, является чисто словесной, – она не больше, чем разница между предложениями “Джон – отец Джемса” и “Джемс – сын Джона”. Но если вращаются небеса, то звезды должны двигаться со скоростью, превышающей скорость света, что считается невозможным. Нельзя сказать, что разрешение этих трудностей, предлагаемое сегодня, совершенно удовлетворительно, но оно достаточно удовлетворительно для того, чтобы заставить почти всех физиков принять точку зрения о том, что движение и пространство относительны. Это вместе с соединением пространства и времени в пространство-время существенно изменило наш взгляд на Вселенную по сравнению с тем, который проистекал из работ Галилея и Ньютона.

Важное последствие развития науки – это кардинальное изменение представления о месте человека в мироздании.

Теория Коперника должна была бы унижить человеческую гордость. Вспомним, что в средние века Земля считалась центром небес и все имело целью служение человеку. В ньютоновском мире Земля была второстепенной планетой, не очень-то выделяющейся звездой. Астрономические расстояния были так огромны, что в сравнении с ними Земля воспринималась просто булавочной головкой. Казалось невероятным, чтобы весь этот громадный механизм был устроен для блага каких-то жалких тварей, обитающих на этой “булавочной головке”. Кроме того, цель, которая со времен Аристотеля составляла “внутреннюю” сторону научных концепций, была теперь удалена из научного процесса. Возможно, кое-кто еще верил, что небеса существуют для того, чтобы провозглашать славу Господу, но никто не мог позволить этому верованию вмешиваться в астрономические вычисления.

Возможно, мир имел цель, но она не могла больше учитываться при научном объяснении мира. Однако торжество науки возродило человеческую гордость.

Умирающий античный мир мучился чувством греха и завещал его как тяжелую ношу средним векам. Быть смиренным перед Богом было и правильно и вместе с тем благоразумно, так как Бог наказал бы за гордость. Эпидемии, наводнения, землетрясения, турки, татары и кометы ставили в тупик эти мрачные века, и считалось, что только все большим и большим смирением можно предотвратить эти действительные или угрожающие бедствия. Но оставаться смиренным, когда люди достигли таких успехов, стало невозможно.

А что касается вечных мук, то, вероятно, у творца такой огромной Вселенной были и более важные дела, чем посылать людей в ад за небольшие отступления от религии. Можно было осудить на вечные муки Иуду Искарюта, но не Ньютона, хотя он и был арианцем.

Конечно, для того чтобы быть довольными собой, у людей существовало много других важных причин. Татары сдерживались в пределах Азии, перестали быть угрозой и турки, Галлей своим открытием сделал кометы безобидными, а что касается землетрясений, то они, хотя все еще грозные, были настолько интересны, что ученые едва ли могли сожалеть о них. Западные европейцы быстро богатели и становились господами всего мира: они завоевали Северную и Южную Америку, были полновластными хозяевами в Африке и в Индии, их уважали в Китае и боялись в Японии. Когда ко всему этому прибавилась еще победа науки, то не удивительно, что люди XVII в. почувствовали себя живыми людьми, а не несчастными грешниками, как они все еще называли себя в воскресных богослужениях.

Могучий аппарат ньютоновской механики, его универсальность и способность объяснить и описать широчайший круг явлений природы, особенно астрономических, оказали огромное влияние на многие области физики и химии. Ньютон писал, что было бы желательно вывести из начал механики и остальные явления природы, и при объяснении некоторых оптических и химических явлений сам использовал механические модели. Влияние взглядов Ньютона на дальнейшее развитие физики огромно.

Галилео Галилея и Исаака Ньютона можно смело называть основоположниками классической механики и всей современной науки в целом. Их вклад в развитие научного естествознания трудно переоценить. Без них наука развивалась бы иначе.

Примечания

1. *Анцелович Е.С.* Галилео Галилей. – М.: Учпедгиз, 1955. – С.37.
2. *Галилей Г.* Диалог о двух главнейших системах мира – птоломеевой и коперниковой. – М.; Л., 1948. – С.146, 147.
3. См.: *Рассел Б.* История западной философии: В 2 т. – Новосибирск: Изд-во Новосибирск. ун-та, 1994. – С.47.
4. Цит. по: *Кузнецов Б.Г.* Пути физической мысли. – М.: Наука, 1968. – С.133.
5. *Кузнецов Б.Г.* Развитие физических идей от Галилея до Эйнштейна. – М.: Наука, 1966. – С.37
6. *Галилей Г.* Диалог о двух главнейших системах мира... – С.71.
7. Цит. по: *Льоцци М.* История физики. – М.: Мир, 1970. – С.80.
8. Там же. – С.81.
9. Там же.
10. Цит. по: *Льоцци М.* История физики. – С.71.
11. См.: *Ньютон И.* Оптика или трактат об отражениях, преломлениях, изгибаниях и цветах света / Пер. и прим. С.И.Вавилова. – 2-е изд. – М., 1954.
12. *Ньютон И.* Математические начала натуральной философии. – М.: Наука, 1989. – С.30–32.
13. См.: *Большой энциклопедический словарь.* – М.: Науч. изд-во, СП “Норинт”, 1999.
14. Там же.

Новосибирский государственный
университет, г. Новосибирск

Rodiakin, S.V. and A.N.Sitnikov. The basic preconditions and ideas of becoming and development of Galilei and Newton’s classical mechanics

The paper considers preconditions of becoming of classical mechanics and points out the main stages of its development from Galilei up to Newton. That fact is especially noted, that the development of classical mechanics influenced crucially not only the development of all science as a whole, but also civilization processes.