

ГЕННАДИЙ ГОРЕЛИК

КТО ИЗОБРЕЛ
СОВРЕМЕННУЮ
ФИЗИКУ? ОТ
МАЯТНИКА ГАЛИЛЕЯ
ДО КВАНТОВОЙ
ГРАВИТАЦИИ

Геннадий Ефимович Горелик Кто изобрел современную физику? От маятника Галилея до квантовой гравитации

*Текст предоставлен правообладателем
http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=26355376*

Аннотация

Современная наука родилась сравнительно недавно – всего четыре века назад, в эпоху Великой научной революции. Причины этой революции и отсутствие ее неевропейских аналогов до сих пор не имели признанного объяснения. А радикальность происшедшего ясна уже из того, что расширение и углубление научных знаний ускорились раз в сто.

Эта книга рассказывает о возникновении новых понятий науки, начиная с изобретения современной физики в XVII веке и до нынешних стараний понять квантовую гравитацию и рождение Вселенной. Речь идет о поворотных моментах в жизни науки и о драматических судьбах ее героев, среди которых – Г. Галилей, И. Ньютон, Дж. Максвелл, М. Планк, А. Эйнштейн, Н. Бор, А. Фридман, Ж. Леметр, М. Бронштейн, Л. Ландау, Г. Гамов, А. Сахаров и др.

Издание 2-е, исправленное и дополненное.

Содержание

Предисловие	5
Глава 1. Как Галилей изобрел современную физику?	7
С Архимедом против Аристотеля	7
Как Галилей повернул ход истории	14
Первый современный физик?	25
Глава 2. Первый астрофизик во Вселенной	29
Астрономические картины	30
Астрофизика, астрономия и астрология	40
Рождение экспериментальной астрофизики	51
Вера и знание	61
Скорость света – первая фундаментальная константа	68
Глава 3. Гравитация – первая фундаментальная сила	78
С небес на землю и обратно	78
Мог ли Галилей открыть закон всемирного тяготения?	86
Рождение теории гравитации	98
Глава 4. Загадка рождения современной физики	108
Вопрос Нидэма	108
Физика современная – физика фундаментальная	113

Источник веры в фундаментальную закономерность	118
Физика для верующих и неверующих	121
Конец ознакомительного фрагмента.	122

Геннадий Горелик

Кто изобрел современную физику?

От маятника Галилея до квантовой гравитации

Предисловие

Обитатели интернета – а это уже половина человечества – встречают слово “наука” чаще, чем слова “мама” или “воздух”. Немудрено: в интернете плодами науки пользуется каждый. А главная наука, стоящая за изобретением интернета, – это физика.

Если наукой называть все, чему можно научить другого, то ее родословная сплетена с родословной человека. Согласно генетикам, все нынешние люди произошли от одной женщины, жившей около двух тысяч веков назад. Ее назвали Евой Митохондриальной – по причинам, связанным с Библией и с механизмом наследственности. Генетические преимущества и удача помогли потомкам этой прааматери пережить всех не ее потомков и образовать наш вид – Хомо Са-

пиенс, то бишь Человек Разумный. И одним из преимуществ нашей прама тери был, наверняка, любознательный разум.

На протяжении многих тысячелетий потомки любознательной Евы Сапиенс приобретали полезные знания благодаря счастливым случаям и передавали их новым поколениям вместе с приемами изготовления инструментов, кулинарными рецептами и прочими сокровищами народной мудрости.

Современная наука работает совсем иначе, и появилась она лишь недавно в масштабах возраста Человека разумного – всего четыре века назад, в эпоху Великой научной революции. Ее главные герои хорошо известны – Николай Коперник, Галилео Галилей, Иоганн Кеплер, Исаак Ньютон. Причины этой революции и отсутствие ее неевропейских аналогов до сих пор не имеют убедительного объяснения. Но радикальность происшедшего четыре века назад ясна и без решения этой загадки – расширение и углубление научных знаний ускорились раз в сто.

Если верить Эйнштейну, *“отцом современной физики и, по сути, всего современного естествознания”* был Галилей.

“Драма идей” – сказал тот же Эйнштейн об истории науки. Науку отличает способность к точным предсказаниям, однако ее главные открытия совершенно непредсказуемы, что означает драму людей. Эти две драмы переплетаются в поворотные моменты жизни науки. О таких моментах и пойдет у нас речь. А начнем с того, как Галилей изобрел современную физику.

Глава 1. Как Галилей изобрел современную физику?

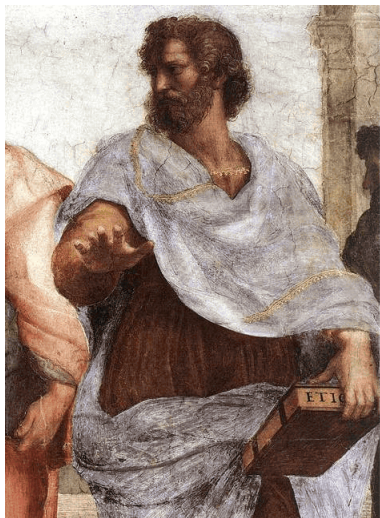
С Архимедом против Аристотеля

Галилея иногда называют первым физиком. Это не так, и сам он наверняка возразил бы. Он внимательно изучал Архимеда и высоко чтит его. Тот был самым настоящим физиком. Знаменитый закон Архимеда о плавании тел работает поныне безо всяких поправок и известен каждому школьнику. Когда же Галилей учился в университете, первым и главным физиком почитался другой древний грек – Аристотель, живший за век до Архимеда и за двадцать веков до Галилея. Именно Архимед помог Галилею усомниться в физике Аристотеля.

Прежде чем разбираться в этом драматическом треугольнике, прочувствуем разницу. Две тысячи лет отделяли Галилея от его коллег-предшественников, выводы которых он принимал или оспаривал. А коллеги-последователи Галилея взялись за его выводы – проверять, уточнять, исправлять, развивать – практически сразу. Что же он такое изобрел, если темп науки так ускорился?

Сомнения возникли у Галилея еще в студенческие годы,

еще в 16-ом веке, когда физика считалась частью философии, где царил Аристотель. Труды Архимеда не входили тогда в учебную программу, и можно понять почему: он решал лишь отдельные задачи, а Аристотель давал общие ответы на главные вопросы. Кроме того, Архимед был тогда, как ни странно, в новинку – книгу его трудов издали незадолго до того, а Аристотеля штудировали в университетах уже веками, притом с благословения святого Фомы Аквинского.



Аристотель (фрагмент фрески Рафаэля, 1509) и Архимед (Д. Фетти, 1620). Оба изображения вполне мог видеть Галилей.

Для студента Галилея общие философские ответы звучали неубедительно и авторитет имен мало что менял. Гораздо убедительней и интересней была математика, хоть ее в учебной программе было мало. Студент стал искать пищу для ума за пределами программы и за пределами университета. И нашел книгу Архимеда, получив ее от математика-профессионала, но в той же книге, помимо красивых теорем о математических фигурах, Галилей нашел утверждения о реальных явлениях – о действии рычага, о центре тяжести, о плавании. Утверждения эти были не менее убедительны своей математической точностью, и к тому же их можно было проверить на опыте.

Свое первое изобретение Галилей сделал под впечатлением от самой знаменитой задачи Архимеда. Задачу ту поставил царь, получив от ювелира заказанную золотую корону. Царя вполне устроила форма изделия, и весила корона сколько полагалось, но не заменил ли ювелир часть золота на серебро? С этим сомнением царь обратился к Архимеду. Согласно преданию, решение задачи пришло к ученому мужу, когда он погружался в ванну, и его радостное восклицание “Эврика!” известно ныне даже тем, кто не знает, что по-гречески оно значит “Нашел!”. Суть найденного решения, по мнению Галилея, – сравнить корону и равный ей по весу слиток золота, положив их на чаши весов, погруженных в воду: если в воде слиток перевесит корону, значит, ювелир сжульничал.

Так действует великий закон Архимеда, точнее – Архимедова выталкивающая сила, еще точнее – различие в выталкивающих силах. А чтобы с ювелирной точностью измерять такое различие (и заодно честность ювелиров), 22-летний Галилей придумал особые весы со шкалой в виде проволоки, ровно намотанной кольцами на плечо коромысла. Место, в котором надо прицепить чашу весов, чтобы она уравнилась, даст число колец и значение измеряемой величины.

Скромное начало для основоположника современной физики?

Не такое уж и скромное. В своем изобретении Галилей соединил математическую точность теоретического закона с физическим измерением – соединил два главных инструмента современной физики.

Да и началом это вряд ли можно назвать. Не только потому, что юный Галилей уже решал и другие задачи Архимеда. Начало личности – это формирование взгляда на мир и на себя самого еще в детстве. Юному Галилею повезло с отцом, искусным музыкантом и теоретиком музыки, который к тому же исследовал музыку как явление природы.

Еще Пифагор в Древней Греции вслушивался в звучание струн в зависимости от их длин и сделал поразительное открытие: если длины струн относятся, как целые числа 1:2, 2:3, 3:4, то их совместное звучание гармонично. Свое открытие Пифагор обобщил до принципа “Все есть число”, провозгласив ключевую роль математики в устройстве мира.

А что касается музыкальной гармонии, то со времен Пифагоровых считалось, что “гармоничные” числа должны быть небольшими. Отец Галилея, однако, в оценке созвучий верил собственным ушам и, обнаружив, что отношение 16:25 тоже дает благозвучие, смело отверг авторитетное мнение. А сын получил от отца урок поиска истины, в котором сошлись эксперимент, математика, свобода мысли и доверие к собственным чувствам и разуму.

Будущему физику повезло с отцом не только в этом. Отец платил за его образование, рассчитывая, что старший сын станет врачом и поможет ему поддерживать их немалую семью, – заработка музыканта хватало с трудом. Можно представить себе досаду отца, узнавшего, что сын, вместо медицинской премудрости, углубляется в математику, которая не обещала никакой практической профессии, а значит, и надежного достатка. Однако, прежде чем принять решение, отец побеседовал с тем математиком, который давал сыну книги. Математик убеждал его, что у сына талант, который заслуживает поддержки. Отец внял доводам математика и призванию сына. И сын оправдал доверие – после смерти отца стал опорой семьи и к тому же прославил их родовое имя.

Путь к мировой славе начался с сомнений и неудач.

Сомнения возникли еще в студенческие годы, когда Галилей изучал Аристотеля. На первый взгляд Архимед не сопоставим с Аристотелем, поскольку получил свои результаты для узкой области явлений. Ну что такое закон рычага?!

Неловко здесь звучит даже слово “закон”. Кому не понятно, что грузы на коромысле уравновешены, если произведение величины груза на плечо одно и то же по обе стороны?! Да, с помощью этого простого закона Архимед находил центры тяжести хитрых фигур, рассуждая математически. Но результат можно проверить, подвесив фигуру за теоретически найденный центр тяжести и увидев, что она не шелохнется. Это уже физика, а в целом, значит, математическая физика. И все же в бесконечном разнообразии явлений природы Архимед исследовал лишь немногие. Он не претендовал на то, чтобы объяснить устройство мира. Пообещал лишь повернуть мир, то бишь земной шар, если ему дадут надлежащую точку опоры и крепкий рычаг.

Аристотель же своих амбиций не ограничивал – он писал о земном и небесном, о живом и неживом, об этике и политике и, наконец, о физике и метафизике. Слово “физика” ввел сам Аристотель, производя его от греческого слова “природа”. А вот слово “метафизика” придумал издатель сочинений Аристотеля, назвав так том, *следующий за “Физикой”*, что “мета-физика” и означает по-гречески. Фактически же Аристотель рассуждает там о *пред-физике*, или о первофилософии – о самых общих основах любого знания.

Дух захватывает от такой широты. Но широта не требует глубины, как показывает физика Аристотеля. Веками ее считали вершиной науки. Одна из причин столь долгосрочного авторитета – согласие этой науки с обыденным здра-

вым смыслом. Аристотель, к примеру, отверг идею о том, что природа устроена из невидимых атомов, движущихся и взаимодействующих в пустоте, – раз никто не видел атомов, значит, их и нет, как нет и пустоты. Он, по сути, не исследовал природу, а наводил порядок в ее описании, опираясь на свой здравый смысл. И пришел к выводу, что движения на небе и на земле принципиально различны. В небесном мире всякое движение – естественное, вечное и круговое. В мире земном насильственное движение определяется силой, а естественное движение рано или поздно непременно прекращается. Аристотель считал, что тела бывают по сути своей тяжелые или легкие: тяжелое тело естественно движется вниз, а легкое – как огонь или дым – вверх. Выглядит правдоподобно, если особенно не вглядываться в физические явления.

Галилей вглядывался, имея образцом точную физику Архимеда. И обратил внимание на утверждение Аристотеля, претендующее на точность: “Более тяжелое тело падает быстрее легкого во столько же раз, во сколько раз оно тяжелее”. Эта фраза дала Галилею точку опоры, с помощью которой он повернул ход истории науки, а то и мировой истории.

Как Галилей повернул ход истории

Опровергнуть Аристотеля было нетрудно. Наблюдая за падением шаров, одинаковых по размеру, но различающихся по весу, скажем в десять раз, легко убедиться, что время падения различается вовсе не в десять раз. Похоже, уже в начале своих сомнений Галилей догадался, что быстроту падения определяет не сама по себе разница в тяжести. Вопрос был в том, что же определяет?

Надо отдать должное и Аристотелю, которого недаром относят к величайшим мыслителям. Вопрос-то первым поставил он. А значит, осмелился предположить, что на такой вопрос можно ответить. Ответ был неправильным, но было уже от чего отталкиваться. Неправильность Галилей заподозрил еще на уровне рассуждений. Если скорость падения пропорциональна тяжести тела, то, разделив тело на две части мысленно или реально и оставив части в непосредственной близости, следует ожидать, что каждая из частей будет падать медленнее, чем целое. Абсурдный вывод показывает неправоту Аристотеля, но отсюда совершенно не следует, что сам вопрос правилен, что на него возможен определенный ответ. В оправдание Аристотеля можно сказать, что он говорил о падении тел, различающихся только тяжестью. Но, скорее, ему было просто... некогда. Для него падение тел было лишь одним вопросом одной из многих наук, ко-

торами он занимался. К главным его заслугам относят создание логики как дисциплины мышления. Через его школу логики прошел в студенческие годы и Галилей, и все люди науки той эпохи. Глядя же на Аристотеля из нашего времени, можно сказать, что мощный мыслитель слишком крепко держался за свой “здравый смысл”, основанный, как обычно, на собственных жизненных наблюдениях. А двигаться вперед можно, опираясь не только на землю под ногами, но и на воздух под крыльями, как это делают птицы. Тогда можно преодолеть и непроходимый, скажем, сильно заболоченный, участок земли. Галилей фактически изобрел такой – крылатый – метод опоры в поиске научной истины.



Портрет Галилео Галилея. Художник Оттавио Леони, 1624 г.

Научными амбициями Галилей не уступал Аристотелю, но стремился не столько вширь, сколько вглубь и ввысь. Он не претендовал на владение всеми науками, зато верил, что в основе всей физики Вселенной – и подлунной и надлунной – действуют некие общие фундаментальные законы, и верил, что может выяснить закон свободного падения. На выяснение потребовались десятилетия исследований. И понадобились еще годы, чтобы изложить свои результаты убедительно.

Основное его открытие состояло в том, что *в пустоте все тела, независимо от их тяжести, падают с одинаковой быстротой, но что эта быстрота определяется не скоростью самой по себе, а скоростью изменения скорости, то есть ускорением*. Его результаты, писал он, “столь новы и на первый взгляд столь далеки от истины, что если бы [он] не нашел способов осветить их и сделать яснее солнца, то предпочел бы скорее умолчать о них, нежели их излагать”.

Главная новизна кроется в “пустоте”. Мало того, что, согласно Аристотелю, пустоты нет и быть не может, как он “доказал” разными способами (например, говоря, что “пустота” – это “ничто”, а ничто и не заслуживает никаких оценок). Важнее то, что Галилей пустоты никогда не видел – ни в каких своих опытах. Как же он мог что-либо о ней

узнать?!

Это было потруднее, чем просто опровергнуть старый закон Аристотеля, опираясь на очевидный результат прямого опыта. И Аристотель опирался на очевидность. А Галилей знал, что “большинство людей и при хорошем зрении не видит того, что другие открывают путем изучения и наблюдения, отделяющих истину ото лжи, и что остается скрытым для большинства”.

Так Галилей написал в своей последней книге, умудренный полувековым опытом научных размышлений и экспериментов. Но когда он, 25-летний, только начинал свои исследования, он надеялся на простую прямую проверку – проверку не столько Аристотеля, сколько своей собственной гипотезы.

Под впечатлением от физики Архимеда Галилей предположил, что быстрота падения, как и плавучесть, определяется не тяжестью тела, а его плотностью, то есть тяжестью единицы объема. Если взять два шара одинакового размера, сделанные из дерева и из свинца, и выпустить их из рук в воде, то деревянный шар не то что будет падать медленнее свинцового, он станет подниматься. А если дать им падать в воздухе? *Оказалось, что деревянный шар вначале немного опередил свинцовый, но затем тяжелый догнал и перегнал его.* Это Галилей зафиксировал в своей рукописи “О движении”, которую... не опубликовал, – результат его эксперимента опровергал и закон Аристотеля, и собственную гипотезу.

тезу. Тут надо было думать.

Этот странный рукописный результат побудил одного знаменитого историка сказать, что Галилей такого опыта вообще не делал; то был якобы риторический прием. Однако в наше время опыт воспроизвели, и результат совпал с Галилеевым. Объяснение нашлось не физическое, а физиологическое. Рука, удерживающая тяжелый шар, сжимает его крепче, чем другая рука – легкий, и крепче сжатой руке требуется немного большее время, чтобы разжаться, получив команду от головы. Поэтому легкий шар начинает свое падение раньше на то самое “немного”.

О такой неловкости рук Галилей вряд ли догадывался, он думал о физике. Думал десять лет и понял, что изучать свободное падение напрямую не получится – слишком быстро оно происходит. Если шар падает с небольшой высоты, не успеваешь глазом моргнуть, не то что измерить. А падая с большой высоты, шар наберет большую скорость, и, значит, увеличится сопротивление воздуха. Всякий, державший в руках веер, знает: чем быстрее им махать, тем труднее.

Галилей придумал два способа “замедлить” свободное падение.

Один – пускать шары по наклонной плоскости. Чем меньше угол наклона, тем движение более растянуто и тем легче его изучать. Но можно ли скатывание назвать свободным падением? Назвать можно как угодно. Важнее реальное физическое родство. Чем глаже плоскость, тем свободнее движе-

ние. А чем больше угол наклона, тем движение больше похоже на падение, становясь обычным падением, когда плоскость станет вертикальной. Прodelывая такие опыты с наклонной плоскостью, Галилей первым делом убедился, насколько неверной была его исходная гипотеза. Ведь он предполагал, что всякое тело падает с некой постоянной быстротой, подразумевая, что мера быстроты – это расстояние, проходимое за единицу времени. Так он мог думать лишь потому, что обычное свободное падение длится слишком недолго. Растянув падение в движение по пологой наклонной плоскости, легче заметить, что в начале движения тело движется медленнее, чем в конце. Значит, быстрота движения увеличивается?

А что такое вообще *быстрота*? В обыденном языке это – *скорость*, *стремительность*, а если еще быстрее, то можно сказать *молниеносность* и даже *мгновенность*. Все эти слова в обыденном языке – синонимы. Но в языке науки – для определенности ее утверждений и для проверки их на опыте – нужны слова четко определенные – научные понятия. Пример четкой определенности слов давала математика, но всего лишь пример: в математике нет времени, движения, скорости, тяжести. Чтобы сказать свое новое слово в науке, нередко надо ввести в науку новые слова-понятия. Особенно не хватало научных понятий, когда Галилей начинал современную физику. Ему приходилось уточнять, что скорость – это изменение положения за единицу времени. А ускоре-

ние – изменение скорости за единицу времени. Надо сказать, что тогда точное измерение времени само по себе было проблемой. Галилей время взвешивал: открывал струйку воды в начале и закрывал в конце измеряемого интервала, а сколько времени утекло, определял на весах. Весы тогда были самым точным прибором.

Другой способ изучать свободное падение родился у Галилея в церкви, но не в связи с грехопадением Евы. Во время церковной службы, глядя поверх священника, он обнаружил удивительное явление. Вверху висела люстра и раскачивалась – по воле сквозняка – то сильнее, то слабее. Галилей сравнил длительность отдельных качаний, измеряя время ударами собственного пульса, и обнаружил, что большое колебание люстры длится столько же, сколько малое. С этого начались его исследования маятника, а это – любой груз, висящий на нити. Галилей наблюдал за колебаниями маятника, меняя грузы, длину нити и начальное отклонение.

Наблюдая сразу за двумя маятниками, он убедительно подтвердил свое церковное наблюдение. Если взять два одинаковых маятника, слегка отклонить грузы на разные углы и отпустить, то маятники будут колебаться в такт, совершенно синхронно: период малого колебания – тот же, что и большого. Ну а “если с какой-нибудь балки спустить два шнура равной длины, на конце одного прикрепить шарик из свинца, а на конце другого шарик из хлопка, одинаково отклонить оба, а затем предоставить их самим себе”? Период колебаний

опять одинаков, хотя размах колебаний быстрее уменьшается у легкого шарика. В движении более легких тел сопротивление среды заметнее. Это ясно, если сравнить движения в воздухе и в воде: “мраморное яйцо опускается в воде во сто раз быстрее куриного яйца; при падении же в воздухе с высоты двадцати локтей оно опережает куриное яйцо едва ли на четыре пальца”. Свободное колебание маятника мало похоже на свободное падение, но оба определяются тяжестью. А при уменьшении размаха колебаний уменьшится скорость маятника и, значит, уменьшится роль сопротивления среды.

Результаты своих опытов и рассуждений Галилей подытожил в новом законе природы: *в пустоте все тела свободно падают с одним и тем же ускорением.*

Ну а как же знаменитая история о том, как Галилей якобы сбрасывал шары с Пизанской “падающей” башни? А наблюдавшая за этим ученая публика якобы тут же после одновременного приземления разных шаров признала триумфальную победу Галилея над Аристотелем.

Это – легенда. Не было такого триумфа. Да и приземлиться одновременно разные шары не могли из-за сопротивления воздуха. А ученые коллеги, за малым исключением, охраняли авторитет Аристотеля, которого выучили еще студентами и преподавали новым поколениям. Именно неприятие его идей побудило Галилея, помимо современной физики, заняться еще и научно-популярной литературой. Его

главные книги имеют форму бесед между тремя персонажами. Один – Симпличио – представляет взгляды почитателей Аристотеля. Второй – Сальвиати – самостоятельный исследователь, похожий на Галилея. А третий – Сагрето – похож на здравомыслящего человека, быть может, и не искушенного в науках, но готового выслушать обоих оппонентов и задать уточняющие вопросы, прежде чем решить, кто прав. Именно для таких читателей Галилей писал. Ради них он перешел с латыни – языка тогдашней учености – на живой итальянский язык, чтобы рассказать о драме идей, в которой сам участвовал, о слепой уверенности тех, кому все ясно, о духе сомнения в поисках истины и о способах установления истинных законов природы.

Историю о “падающей башне” впервые рассказал ученик Галилея в биографии, написанной спустя десятилетие после смерти учителя и полвека спустя после предположительных опытов. Ученик был физиком, а не историком, и когда он пришел в науку, было уже совершенно ясно, кто прав. Он, похоже, усмотрел автобиографическое свидетельство Галилея в словах его литературного персонажа:

Сальвиати. Аристотель говорит, что “шар весом в сто фунтов, падая с высоты ста локтей, достигнет земли прежде, чем однофунтовый шар пролетит один локоть”. Я утверждаю, что они долетят одновременно. Делая опыт, вы увидите, что, когда больший достигнет земли, меньший отстанет на

ширину двух пальцев. За этими двумя пальцами не спрятать девяносто девять локтей Аристотеля.

Сам Галилей нигде не утверждал, что сбрасывал шары с Пизанской башни. Для него гораздо важнее был новый закон свободного падения, чем опровержение старого. А движение шаров по наклонной плоскости и малые колебания маятников были гораздо убедительнее эффектных публичных демонстраций.

Первый современный физик?

Настал момент, чтобы читатель типа Сагрето, поздравив Галилея с открытием нового закона, спросил: а чем уж так он отличается от закона Архимеда и чем, собственно, Галилей заслужил титул “отца современной физики”?

Преимущество закона Архимеда очевидно. Плавание – практически важное явление, а свободное падение – явление редкое, краткое и... фатальное. Кому важно знать, сколько точно секунд длится падение с крыши до земли?! К тому же закон Галилея дает точную величину лишь для падения в пустоте, которую в те времена никто не видел, а учетом влияния воздуха Галилей не занимался.

Объясняя вклад Галилея, говорят, что он основал науку экспериментальную или экспериментально-математическую, что он “математизировал” природу и изобрел “гипотетико-дедуктивный” метод. Все эти утверждения, однако, применимы и к Архимеду, по книгам которого Галилей учился и которого называл “божественнейшим”. Физик Архимед был еще и великим математиком, и инженером-изобретателем, а гипотеза и логическая дедукция служили инструментами мышления и до Архимеда. Более того, и эксперименты Галилея, и используемая им математика не выходили за пределы возможного у Архимеда.

Что же сделало Галилея “отцом современной физики”, по

выражению Эйнштейна, или, проще говоря, первым современным физиком? Читателю, который хотел бы сам найти ответ на этот вопрос, стоит поразмыслить над законом свободного падения в пустоте и учесть при этом, что Галилей не делал опытов в пустоте – только в воздухе и в воде.

Уже после смерти Галилея его ученик Торричелли научился создавать (почти полную) пустоту, названную “торричеллиевой”. Для этого нужна пробирка длиной, скажем, около метра, заполненная ртутью. Перевернув пробирку вверх дном и опустив ее открытый конец в сосуд с ртутью, получим вблизи дна пробирки, оказавшегося наверху, примерно 24 сантиметра пустоты (если давление воздуха нормальное – 760 мм ртутного столба). В такой пустоте пушинка и монета падают совершенно одинаково.

Три века спустя, в 1971 году, подобную картину увидели миллионы телезрителей, когда на их телеэкранах участник лунной экспедиции “Апполон-15” астронавт Дэйв Скотт, находясь на поверхности Луны, выпустил из рук молоток и перышко, и те прилунились одновременно – в полном согласии с законом Галилея, поскольку там нет воздуха. Репортаж об этом лунном эксперименте занял всего 40 секунд:

Итак, в левой руке у меня перышко, а в правой – молоток. Одна из причин, почему мы попали сюда, связана с джентльменом по имени Галилей, который давным-давно сделал важное открытие о падении тел в гравитационных полях. Мы подумали, что показать

вам его открытие лучше всего на Луне. Сейчас я выпущу из рук перо и молоток, и, надеюсь, они достигнут поверхности за одно и то же время... Вот так!.. [аплодисменты в Хьюстоне] <...> что и доказывает правоту мистера Галилея.

Присоединяясь к аплодисментам в Хьюстоне, историк науки заметил бы, что Галилей понятия не имел о “гравитационных полях”, а говорил просто о свободном падении. И что для физиков закон Галилея вполне подтверждался малыми колебаниями маятника, поскольку их период не зависит от того, какой груз висит на нити.

Пустота была первым важным “не-наглядным” понятием в физике. Затем появились другие – всемирное тяготение, электромагнитное поле, атомы, электроны, кванты света... Никто их не видел и не щупал, но лишь на основе этих ненаглядных понятий стали возможны технические изобретения, преобразившие обыденную жизнь. И нынешние физики применяют эти понятия столь же уверенно, как самые обычные слова “стол” и “стул”, “любовь” и “дружба”.

Изобрести фундаментальную физику Галилею помогли его природные таланты и вера в познаваемость мира, в фундаментальность мироздания.

Сейчас, когда наука и основанная на ней техника достигли гигантских успехов, познаваемость мира кажется очевидной, но до всех этих успехов – в 16-ом веке – ситуация была со-

вершенно иной. Тогда сама власть законов в природе отнюдь не была общепризнанной. С начала размышлений Галилея и его первых опытов до публикации итогов работы прошло около полувека. Полвека настойчивых поисков истины – и такой простой закон, “ежу понятный”, как скажут нынешние школьники.

А Галилей считал, что “лишь открыл путь и способы исследования, которыми воспользуются умы, более проникательные”, чем у него, и проникнут в более удаленные области природных явлений.

Глава 2. Первый астрофизик во Вселенной

Современники Галилея очень удивились бы, узнав, что в рассказе о его главном научном достижении не упомянуты его астрономические открытия. Открытия и впрямь великие, однако сделал их не астроном, а *астрофизик* Галилей, самый первый астрофизик, и задолго до появления этого слова. Вторым был Ньютон. А их соучастников в Великой Научной Революции – Коперника и Кеплера – лучше назвать *астроматематиками*, и далеко не первыми: астрономия испокон веков опиралась на математику. Астроном стремится точно описать происходящее на звездном небе, а физик хочет объяснить наблюдаемое причинами, доступными для опытного исследования. Речь идет о двух взаимно плодотворных, но разных взглядах на мир, и каждый взгляд в одной ситуации может вести к успеху, а в другой – к конфузу.

Прежде чем говорить о замечательных открытиях и заблуждениях первого астрофизика, напомним картину Вселенной, какой ее тогда видели астрономы.

Астрономические картины

Картина эта пришла из античности и называли ее системой мира Птолемея, по имени астронома, подытожившего тогдашние знания. В книгах, по которым учился Галилей, эту картину мира изображали набором концентрических окружностей, где самый малый круг в центре обозначал Землю. Систему эту называют геоцентрической, поскольку в центре ее – Гея, что по-гречески – Земля. Профессионалы, конечно, знали, что эта плоская картинка переупрощает объемную конструкцию Птолемея, не вполне даже геоцентрическую: Земля там не в самом центре, а на некоем расстоянии от него. Вокруг пустого центра – восемь концентрических небесных сфер. На внешней сфере закреплены несметные неподвижные звезды, а на остальных поодиночке расположены звезды *блуждающие*, по-гречески *планеты*: Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн, и два светила – Солнце и Луна. Каждая из сфер вращается вокруг своей оси со своей скоростью. Сфера неподвижных звезд вращается как целое и делает ровно один оборот за сутки. А планеты движутся более хитрым образом – каждая закреплена на некоей малой сфере под названием “эпицикл” с центром, прикрепленным к своей большой небесной сфере. Так что каждая планета участвует сразу в двух вращениях. Все большие и малые сферы абсолютно прозрачны и каким-то образом не

мешают друг другу.

Причины этих хитрых расположений и вращений заменяли ссылкой на Аристотеля, согласно которому небесные явления принципиально отличаются от земных: на небе все сделано из особо небесного материала – эфира, и все небесные движения круговые. А единственной суперпричиной всего небесного устройства объявлялся его Творец.

Как же люди узнали это устройство, и соответствует ли оно реальности? На это астроном 16-ого века ответил бы ссылкой на божественный гений Птолемея и на возможность с помощью его системы рассчитать положение небесных светил в любой момент времени. Для таких расчетов, впрочем, не нужен был ни эфир, ни Бог, достаточно было знать лишь положение планет в данный момент времени, радиусы и скорости вращения небесных сфер. Так предсказывали солнечные и лунные затмения и объясняли диковинные попятные движения планет, когда планета останавливается и движется в обратном направлении.

Система Птолемея исправно служила астрономам много столетий, прежде чем в середине 16-ого века Коперник поставил ее с ног на голову, по мнению подавляющего большинства коллег, или с головы на ноги, как сочли совсем немногие. Коперник, в сущности, спросил, как выглядело бы звездное небо, если смотреть с Солнца. И ответил гелиоцентрической системой, столь же полно описав движения на небе, как и система Птолемея. Коперник использовал

прежний способ описания – большие и малые небесные сферы, только в центре поместил Солнце, а не Землю. Картина небесных движений радикально изменилась: сфера неподвижных звезд и сама стала неподвижной, Земля вращалась вокруг своей оси и вокруг Солнца, став одной из планет, также вращавшихся вокруг Солнца. Лишь Луна осталась в прежней роли – так же вращалась вокруг Земли. И картина неба, наблюдаемая с Земли, разумеется, осталась прежней. Только астрономы понимали, что эта – реально наблюдаемая – картина рассчитывается двумя разными математическими теориями.

Система Коперника настолько отлична от птолемеевской, что непостижимой кажется сама исходная мысль: посмотреть на Вселенную с солнечной точки зрения. Помогла Копернику, похоже, его гуманитарная образованность. Он прекрасно знал древнегреческий язык, и труд Птолемея был для него лишь одной из античных книг. Из других книг он знал о древнем греке Аристархе Самосском, который сумел оценить количественно размер Солнца, много больший размера Земли, и предположил, что Земля вращается вокруг Солнца – малое вокруг большого. Для Птолемея, как и других древних астрономов, этот довод никак не перевешивал очевидную неподвижность Земли, и он гелиоцентрическую идею даже не рассматривал. Почему и как Коперник решил эту идею исследовать, почему его интуиция взлетела на такую странную высоту, сам он не объяснил. Ясно лишь то, что

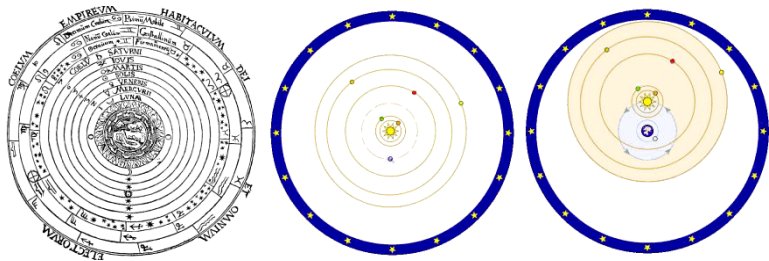
в великом Птолемею он видел коллегу, а не безошибочного гения.

Чтобы исследовать гелиоцентрическую идею, Копернику надлежало проделать большую работу: детально описать конструкцию гелиоцентрической системы, чтобы можно было рассчитать положение любой планеты. Из своей системы он извлек несколько замечательных следствий: планеты перестали “пятиться”, орбиты почти круговые, а периоды обращения тем больше, чем дальше от Солнца. Закончив многолетний труд, он долго откладывал публикацию. Астрономические преимущества – прежде всего отсутствие попятных движений планет – дались не даром: в системе Коперника Земля вместе с ее обитателями движется с огромной скоростью – тысячи километров в час. Цена была слишком велика для тех, кого небо интересовало лишь на предмет завтрашней погоды: ну как можно мчаться с такой сумасшедшей скоростью, не замечая этого?! Цена была чрезмерной и для людей образованных, но не желающих свое образование повышать.

Были, однако, и другие.

Первым следует назвать Тихо Браге, заслужившего титул “короля астрономов” за количество и точность наблюдений. Он принял систему Коперника и... сделал шаг в обратном направлении, никак не влияющий на расчеты и наблюдения, но аннулирующий скорость Земли. Он предложил в системе Коперника смотреть на мир с Земли. Тогда Земля – опять

неподвижный центр Вселенной, а вращается Солнце, вокруг которого вращаются все другие планеты. Это была гелиоцентрическая система с геоцентрической точки зрения. Астронома-наблюдателя не смущало, что вокруг Земли вращается нечто гораздо большее ее по размеру. Как Всевышний сотворил Вселенную, так она и вращается. Если систему Коперника непочтительно сравнить с игрушечным заводным автомобилем, то можно сказать, что Тихо Браге держал заведенную машину за колесо в воздухе: колесо не двигалось, а машина вращалась вокруг него. Неуклюже, но игрушка та же самая.



Геоцентрическая система Птолемея, гелиоцентрическая система Коперника и геогелиоцентрическая система Тихо Браге.

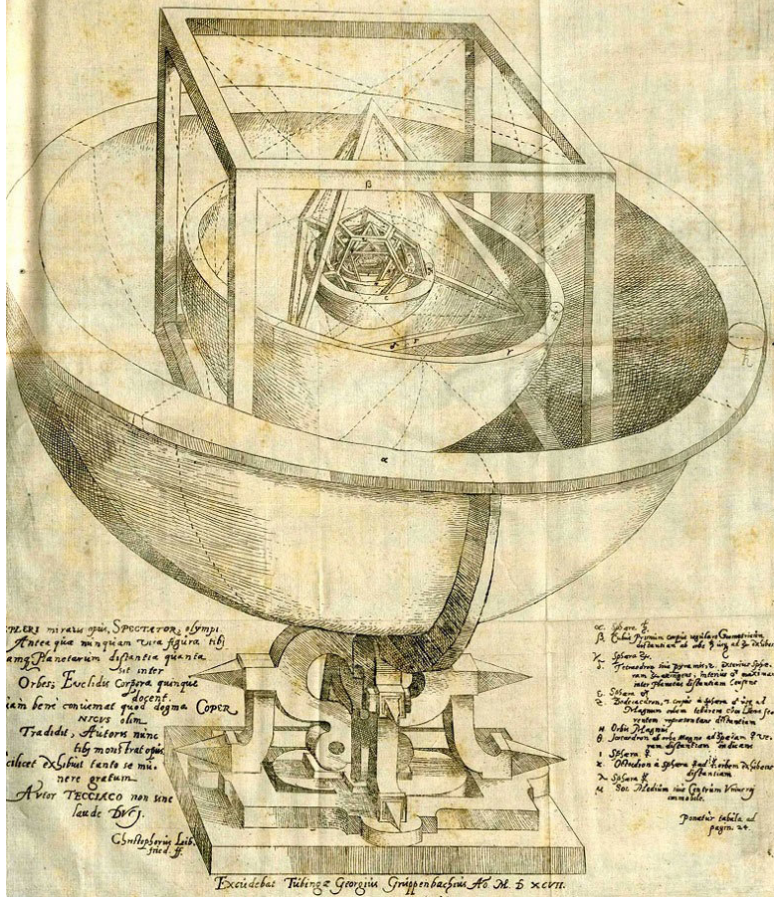
Для астрономатика Кеплера математическая стройность системы Коперника перевешивала все земные проблемы. А для астрофизика Галилея самым интересным стал как раз земной вопрос: почему планетное движение неошущи-

мо? Усилиями обоих содержание картины мира Коперника расширилось и углубилось. А неожиданным “побочным” результатом этого стало рождение современной науки. Именно поэтому труд Коперника считают началом Научной Революции.

Участники этой революции, если смотреть из нашего просвещенного будущего, не отличали свои поражения от побед, как рекомендовал поэт Пастернак. И правильно делали. В истории науки, чтобы ясно отличить поражение от победы, человеческой жизни обычно не хватает. А главное, в современной науке, как пояснял физик Эйнштейн, разум, свободно взлетая с твердой почвы фактов, заранее не знает, чем полет завершится и не придется ли взлетать заново, в другом направлении.

TABULA III. ORBIVM PLANETARVM DIMENSIONES, ET DISTANTIAS PER QVINQVE
REGVLARIA CORPORA GEOMETRICA EXHIBENS.

ILLVSTRISS: PRINCIPI, AC DÑO DÑO, FRIDERICO, DVCI WIR-
TENBERGICO, ET TEGGIO, COMITI MONTIS BELGARVM, ETC. CONSECRATA.



mirari quæ, SPECTATOR, olimpi
Antea quæ nunquam tua figura tibi
atq; Planetarum distantia quæcia
ut inter
Orbes, Euclidæ Corpora quæque
docent.
iam bene conueniat quod dogma Corpora
necesse est
Tradidit, Auctori nunc
tibi monstrat opæ
cibet exhibuit tanto se mihi
nere gratum.
A Viri TEGGIO non sine
laude DVCI.

Geometrica Lib.
I. p. 102.

- cc. Sphæra 8.
- A. Cuius 8. radii capis respicit Quæstionem
relatam ad id. 9. in al. 3. de libris
- X. Sphæra 3.
- Y. Tronchus sui pyramidis, dicitur Sphæ-
ra, in antiquis, sed non est multum
inter Planetas distantia Corpora
- C. Sphæra 10.
- Z. Sphæra 10. capis 4. Sphæra 10. in al.
Orbitam eadem latitudinis est Libris 10.
- H. Orbis 10. capis 4. Sphæra 10. in al.
Orbitam eadem latitudinis est Libris 10.
- I. Sphæra 10. capis 4. Sphæra 10. in al.
Orbitam eadem latitudinis est Libris 10.
- X. Orbis 10. capis 4. Sphæra 10. in al.
Orbitam eadem latitudinis est Libris 10.
- M. Sphæra 10. capis 4. Sphæra 10. in al.
Orbitam eadem latitudinis est Libris 10.

Præter hæc tabula ad
pagin. 102.

Excidebat Tilingæ Georgij Græpenschæm A. M. 5. XVII.

Гелиоцентрический кубок шести планет Кеплера.

Первая книга 25-летнего Кеплера “Космографическая тайна” (1596) стала первой публикацией в защиту системы Коперника, в которой Кеплер видел лишь первый шаг к объяснению картины Космоса. Он был уверен, что сделал следующий шаг – объяснил число планет, равное шести. Объяснил с помощью точной и красивой математики. Еще античные математики знали, что имеется всего пять *правильных многогранников* (у которых все грани равны). Кеплер обратил внимание, что если эти пять многогранников расположить матрешкой так, чтобы каждый касался двух сфер – гранями касался вписанной сферы, а вершинами – описанной, то получится ровно шесть сфер. Шесть планетных сфер! Осталось подобрать нужный порядок многогранников, чтобы размеры сфер совпали с наблюдаемыми. И это ему удалось, что и убедило его в правильности догадки. Он, стало быть, не допускал мысли, что откроют еще хотя бы одну планету, исходя, вероятно, из того, что все шесть планет известны с незапамятных времен.

Свою книжку Кеплер послал Галилею. Тот ответил письмом, всецело поддержав гелиоцентризм:

Как и Вы, я давно уже принял идеи Коперника и на их основе открыл причины явлений природы, необъяснимых для нынешних теорий. Много обоснований и опровержений я записал, но публиковать их до сих пор не решился, остерегаясь

участи Коперника, нашего учителя, заслужившего бессмертную славу у немногих и осмеянного толпами глупцов.

В движении Земли Галилей видел не только проблему, но и возможность объяснить хорошо известное и загадочное явление – морские приливы. Подсказку он нашел, наблюдая за баржей, перевозившей (пресную) воду. Он заметил, что при ускорении или замедлении баржи вода поднимается у задней или передней стенки емкости, а если баржа плывет с постоянной скоростью, вода в емкости выглядит точно так же, как и на барже, неподвижной. Чтобы сопоставить баржу с Землей, а воду в емкости с океаном, надо быть смелым физиком, верящим в единство законов Вселенной. Галилей был именно таким, что само по себе, однако, не гарантировало успех каждому взлету его разума.

Сравнение баржи с Землей стало началом его пути к великому принципу относительности и к закону инерции, которые освободили систему Коперника от главной трудности. Если вода в емкости “не замечает” постоянную скорость баржи, то это верно при любой скорости, хоть и тысячи километров в час, и эту скорость невозможно обнаружить никаким иным внутренним способом – проделывая опыты на барже в каюте с закрытыми окнами. Тем самым рассеялась главная физическая проблема системы Коперника: в земном опыте астрономическая скорость Земли не заметна.

А изменением скорости “большой баржи” – земной по-

верхности – Галилей взялся объяснить морские приливы. Изменение это – ускорение и замедление – происходит из-за того, что скорости вращений Земли вокруг Солнца и вокруг своей оси складываются на ночной стороне Земли, но вычитаются – на дневной.

Такое объяснение приливов Галилей считал важным доводом в пользу Коперника, но так и не сумел превратить свой замысел в настоящую теорию. Он так и не понял, что его замысел – заблуждение. Лишь сорок лет спустя после его смерти Ньютон откроет истинную причину приливов – лунное притяжение. К этой драме идей добавилась ирония истории. Дело в том, что Галилей не раз слышал о возможной связи Луны с приливами, но такую возможность категорически отвергал:

Среди великих людей, рассуждавших о приливах, более всех других удивляет меня Кеплер, наделенный умом свободным и острым, хорошо знающий движения, приписываемые Земле, но допускающий особую власть Луны над водой, тайные свойства и тому подобные ребячества.

Астрофизика, астрономия и астрология

Читая Кеплера сегодняшними глазами, легко удивиться и жестким словам Галилея, и тому, что объяснение приливов приписывают Ньютону. Ведь уже Кеплер писал: “Луна, находясь над океаном, притягивает воды со всех сторон, и берега при этом обнажаются”, а это, казалось бы, и есть краткое изложение нынешней теории приливов. Надо, однако, понимать расстояние между обыденным словом и научным понятием, обозначенным тем же словом. Во времена Галилея у слова “притяжение”, как его использовал Кеплер для объяснения планетной системы, и слова “тяжесть” как причины падения тел общим был лишь грамматический корень, а не физическая природа обозначаемых ими явлений. Общую физическую природу этих двух явлений – небесного и земного – установит Ньютон в законе всемирного тяготения. А в объяснении Кеплера Галилей видел лишь слова, безо всякого намека на количественную оценку и проверку: *на сколько именно* вода поднимется к Луне, а берега обнажатся – на дюйм или на милю?

В результате своих исследований Галилей узнал о физике тяжести больше кого-либо из современников, и он понимал, что Кеплер на такой вопрос не ответил бы. Связывая морские приливы и отливы с ускоренным и замедленным движе-

нием морского дна, Галилей тоже не мог пока оценить прилив количественно, но, по крайней мере, мог искать ответ, делая опыты с водой в сосуде, меняя форму сосуда и величину ускорения. А слова Кеплера давали лишь некое “художественное” описание наблюдений.

Галилей прекрасно знал также, что о связи положения Луны с приливами говорили задолго до Кеплера. Еще в древнем трактате Птолемея об *астрологии* сказано о влиянии Луны на весь земной мир: на тела одушевленные и неодушевленные, реки и моря, растения и животных.

Нынешние авторы иногда, упрекнув Галилея в том, что он не заметил “здоровое зерно” в описаниях Кеплера, тут же оправдывают эту “слепоту” отвращением Галилея к “лженауке” астрологии. Это не так. И Кеплер и Галилей профессионально занимались астрологией, составляли гороскопы и для заказчиков, и для своих близких. Тогда это было обычным делом астрономов и врачей, не лженаукой, а скорее искусством. И мало общего имело с нынешней астрологией “для масс”, когда сразу сотням миллионов “козерогов” даются универсальные рекомендации, как избежать неудач и добиться успехов.

Во времена Галилея – Кеплера, чтобы дать прогноз и рекомендации, составляли гороскоп для данного момента времени и места – например, для времени и места рождения данного человека. Гороскоп – это положение свода неподвижных звезд и семи звезд подвижных – планет. Ясно, что

такие данные давала наука астрономия. А пришедшая из глубин веков астрология наделяла каждую планету и каждое созвездие зодиака своим влиянием. Чтобы сложить все эти влияния в прогноз, астролог – осознанно или неосознанно – помимо астрономических данных опирался на свое понимание земных обстоятельств “пациента” и на воображение, короче, на свое астрологическое искусство.

Но неужели Галилей и его коллеги-астрономы верили, что это “искусство” имеет отношение к реальности?! Встанем на их место. От великого Птолемея они получили двойное наследство: трактат по астрономии (“Альмагест”) и трактат по астрологии (“Тетрабиблос”). Астрономическая теория Птолемея много веков подтверждалась наблюдениями, и теория Коперника по точности ее не превзошла. Подтвердить же астрологию наблюдениями практически невозможно. Астрологический прогноз всегда вероятностный и говорит о неповторимой ситуации. Поэтому если какой-то прогноз не оправдался, легче усомниться в искусстве данного астролога, чем в самой астрологии. Аналогично искусство врачевания: данный врач, опираясь на медицинские знания, может и не вылечить данного больного, но это не зачеркивает саму медицину и необязательно даже подорвет репутацию врача. Кстати сказать, во времена Галилея врач должен был уметь составить гороскоп пациенту, чтобы оценить перспективы намеченного лечения. И врач знал, что есть силы выше его медицинского искусства и выше астрологии.

Главной опорой астрологии было желание людей, особенно имущих, увеличить свои шансы на успех в жизни. И это вполне материально поддерживало астрономические наблюдения за звездами и планетами. Появление модели Коперника привело к конкуренции двух теоретических описаний одной и той же наблюдаемой астрономической реальности. Поражение астрономии Птолемея подрывало и авторитет его астрологии.

Первый астрофизик оказался последним астрологом среди астрономов. Галилей, в отличие от Кеплера, к концу жизни успел, похоже, исключить астрологию из своего мировоззрения. Однако вовсе не это различало их подходы к явлениям природы. После смерти Кеплера Галилей заметил в письме: “Я всегда ценил ум Кеплера – острый и свободный, пожалуй, даже слишком свободный, но способы мышления у нас совсем разные”.

Слишком свободный ум?! Что это значит? Это – разные способы мышления астрофизика и астроматематика. Вспомним разгадку Кеплером “космографической тайны” с помощью правильных многогранников. Эту разгадку Галилей не принял. Почему именно многогранники и почему в такой последовательности? Если учесть, что пять многогранников дают 120 возможных комбинаций, то уже не столь поражает близость радиусов вписанных и описанных сфер – в одной из этих комбинаций – к наблюдаемым орбитам.

Галилей не стремился описать Вселенную какой-то одной

красивой формулой, он искал фундаментальные физические законы, определяющие устройство мироздания и многообразие его форм. Для такого поиска астрономическое небо, уникально устроенное, – не лучшая лаборатория для исследователя. Там не изменишь условия проведения опытов-наблюдений, в лучшем случае можно ждать, когда эти условия изменятся сами. В земной лаборатории гораздо больше свободы в постановке опытов и в проверке теоретических идей.

Конечно, звездное небо – с его постоянством и цикличностью перемен – с древних времен вдохновляло на поиск закономерности. Это был замечательный задачник, где все задачи – со звездочками. При этом важную роль играли астроматематики, которые ставили задачи с математической определенностью, несмотря на все физические неопределенности и невероятности. Коперник своей гелиоцентрической системой поставил задачу выбора между двумя системами мира. За эту задачу и взялся физик Галилей. Физически обосновывая новую астроматематическую картину, он свел много-сложную систему Коперника фактически к простейшей системе двух тел – очень большого и малого, где малое тело движется равномерно по идеально круговой орбите вокруг большого (планета вокруг Солнца, Луна вокруг Земли). Такова была, можно сказать, *модель Солнечной системы Галилея*.

Такое упрощение озадачивает многих и кажется чуть ли не возвращением Галилея к временам до Птолемея, когда

считалось, что все небесные движения – чисто круговые и равномерные. Ведь и у Птолемея и у Коперника планетные орбиты не круговые: в обеих системах использовались дополнительные малые сферы – эпициклы – для описания движения планет. Особенно смущает, что Галилей проигнорировал главное открытие Кеплера, с которым тот вошел в историю, – три элегантных закона планетных движений, основанные на многочисленных и высокоточных наблюдениях, сделанных Тихо Браге и его помощниками.

Разыскивая гармонию в планетных движениях, Кеплер опирался на тот же – астроматематический – способ мышления, которым он в юности “разгадал” космографическую тайну расположения планет. В множестве астрономических наблюдений Кеплер искал скрытую там, как он верил, математическую стройность мироздания. Но если первую тайну, оказавшуюся миражом, 25-летний Кеплер “раскрыл” вдохновенным быстрым натиском, то на поиски трех законов Кеплера ушли многие годы.

Перед ним были длинные колонки цифр – обширнейшие данные астрономических наблюдений, а он неустанно искал математическую закономерность за этими сухими цифрами. Он знал, что орбиты овальные, но в математике есть разные овалы. Восемь лет гипотез и проверок привели его к тому, что форма орбиты – эллипс. Окружность описывается одним числом – расстоянием от ее точек до центра, а эллипс – двумя: расстоянием между двумя центрами-фокусами и по-

стоянной суммой расстояний от его точек до фокусов. Чем меньше расстояние между фокусами, тем эллипс ближе к окружности. Это легко понять, если круг рисовать не циркулем, а, привязав шнур двумя концами к гвоздику на плоскости, натянуть полученную петлю карандашом и вести линию. Эллипс получится, если вести линию, привязав шнур к двум разным гвоздикам.

Первые два закона Кеплера утверждают, что орбита – эллипс, в одном из фокусов которого – Солнце, и что скорость планеты тем больше, чем она ближе к Солнцу. В 1609 году Кеплер опубликовал эти законы в книге “Новая астрономия” и послал ее Галилею. Тот не отозвался ни словом.

Что это значит? Ведь, в отличие от “космографических” многогранников, угаданных в шести числах, новые закономерности Кеплера основаны на самых обширных и точных наблюдениях того времени. А обнаруженное математическое изящество разве не доказывало правильность солнечной идеи Коперника? Ведь орбиты эллиптически, лишь если смотреть на планеты с солнечной точки зрения.

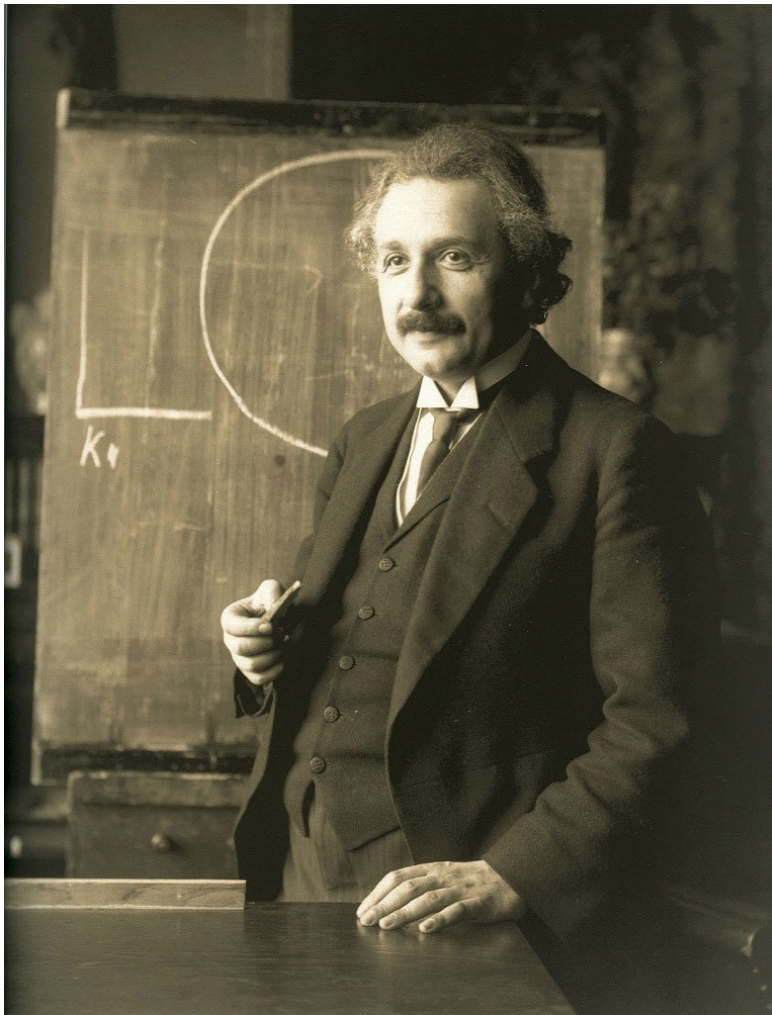
В текстах Галилея нет прямого ответа на эти вопросы. Ответ можно предложить, опираясь на его слова о “совсем разных способах мышления” его и Кеплера.

Галилей не просто знал и ценил математику, он верил, что наука

написана в великой книге Вселенной – книге, постоянно открытой нашему взору, но понять ее

может лишь тот, кто научится понимать ее язык. Написана эта книга на языке математики, и буквы ее – треугольники, круги и другие геометрические фигуры, без помощи которых человек не понял бы в ней ни слова, блуждая в потемках по лабиринту.

Однако в математике Галилей видел лишь инструмент познания. Стремился же он понять *содержание* книги Вселенной, и прежде всего узнать, на каком фундаменте Мироздание стоит. Для этого от математики требуется не элегантность или изощренность, а помощь в изобретении физических понятий и в проведении придуманных экспериментов.



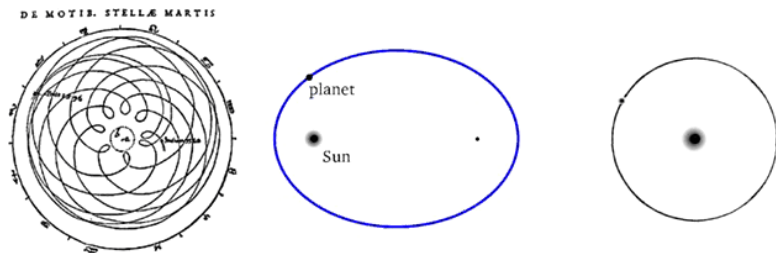
Эйнштейн:

“Галилей – отец современной физики и, по сути, всего современного естествознания”

“Все надо делать как можно проще, но не проще, чем надо”

“Господь изощрен, но не злонамерен”

Разумеется, Галилей знал, что некоторые планетные орбиты – не круговые. Но знал он и то, что другие – почти круговые. Значит, для исследования физического фундамента астрономии круговая орбита – разумное упрощение. Подобным образом, в поисках закона свободного падения, Галилей упростил ситуацию, устранив сопротивление воздуха. Об этом же заповедь Эйнштейна: “Все надо делать как можно проще, но не проще, чем надо”. Так мыслят физики.



Слева – траектории планеты, с точки зрения земной (с петлями попятного движения) и солнечной (первый закон Кеплера). Справа – физическая модель Галилея

Да, этим способом и своей моделью планетного движения Галилею не удалось создать теорию приливов – явление оказалось дальше от фундамента, чем он полагал. Но эта творческая неудача окупилась “побочными продуктами” исследования – принципом относительности и ключевым понятием ускорения.

Рождение экспериментальной астрофизики

Послав Галилею в 1609 году свою “Новую астрономию”, Кеплер не успел обидеться на молчание итальянского коллеги. Весной 1610 года он узнал сногсшибательную новость:

Пришла в Германию весть, что ты, мой Галилей, вместо чтения чужой книги занялся собственной и невероятнейшего содержания – о четырех до сих пор неизвестных планетах, найденных при помощи двух очковых линз, что книга эта уже в печати и придет со следующими гонцами. Новость так изумила меня, что я еле успокоился. Ведь в моей книге “Космографическая тайна”, изданной тринадцать лет тому назад, пять правильных многогранников допускают не более шести планет вокруг Солнца. Но если вокруг Земли вращается Луна, не входящая в эти шесть, то почему не может быть лун вокруг Юпитера? И если четыре планеты скрывались до сих пор, то, значит, можно ожидать открытий множества новых?

Весной 1610 года еще не было термина “спутник”, да в нем и надобности не было, пока Луна была единственной в своем роде. В книжке “Звездный вестник”, изданной в марте, Галилей открытые им “планеты” назвал просто звездами, какими они и увиделись его глазу, вооруженному двумя оч-

ковыми линзами, поставленными необычным образом.

Получив эту книжку, Кеплер узнал, что Галилей за считанные недели, помимо четырех спутников Юпитера, обнаружил еще несколько изумляющих фактов. На самом близком астрономическом объекте – Луне – он обнаружил горы и впадины, а самых дальних – “неподвижных” – звезд оказалось много больше, чем считалось. Некоторые астрономические объекты, наоборот, исчезли, точнее – преобразились: туманности, включая самую большую – Млечный Путь, предстали огромными совокупностями звезд.

Все эти открытия стали первыми результатами экспериментальной астрофизики – астрономическими фактами, добытыми с помощью физического прибора – подзорной трубы.

Для Галилея то был подарок судьбы, или счастливая случайность, или дар Небес – в зависимости от того, как глядеть на мир. Если смотреть глазами историка, то дар вполне заслуженный – за усердный труд исследователя.

Саму подзорную трубу изобрели далеко от Италии – в Голландии. И изобрели вовсе не физики, а очковых дел мастера. По неизвестной причине или от нечего делать посмотрев через две линзы, поставленные не так, как полагается, а одна за другой – выпуклая за вогнутой, они увидели, что далекие объекты заметно приблизились. Изобретение сразу нашло себе важные применения. Например, заранее обнаружить приближение неприятеля, чтобы подготовиться к

встрече. Или просто утолить любопытство, подсматривая издали, кто что делает.

Любопытство Галилея было направлено не столько по сторонам – на дела земные, сколько вверх. Поэтому, узнав о новейшем изобретении в самых общих чертах, Галилей сам сделал несколько труб, довел увеличение до тридцатикратного и направил прибор в небо, на объекты далекие, но близкие его мыслям. Так возник телескоп.

Первым делом он обнаружил и зарисовал гористые ландшафты Луны. Затем ему повезло обнаружить рядом с Юпитером совершенно неизвестные маленькие звездочки, а следующей ночью заметить, что положение этих звездочек изменилось. Для такого везения, конечно, требовалось знать звездное небо как свои пять пальцев, а также незаурядная пристальность. Продолжив наблюдения, Галилей обнаружил, что новые звездочки все время оставались вблизи “блуждающей звезды” Юпитера и что их положения относительно Юпитера повторялись через равные промежутки времени. Это напоминало движение Луны вокруг Земли. Галилей понял, что открыл четыре “луны” Юпитера, и завершил свое открытие, измерив периоды их обращения.

Так появился новый и наглядный довод в поддержку основной идеи Коперника: вокруг большого небесного тела – Юпитера – вращаются малые, как планеты вокруг Солнца и как Луна вокруг Земли. У Галилея и Кеплера и без того хватало уверенности в правоте Коперника, но для других астро-

номов и тем более для не-астрономов такая наглядность могла уже перевесить книжный авторитет Птолемея. Если, конечно, смотреть открытыми глазами. А это было не так легко, как видно из письма Галилея полгода спустя после публикации “Звездного вестника”:

Посмеемся, мой Кеплер, над великой глупостью людской. Здешие ученые мужи, несмотря на мои тысячекратные приглашения, так и не взглянули ни на планеты, ни на Луну, ни на телескоп. Для них физика – это некая книга, где и надо искать истину – не в природе, а сравнивая тексты. Как бы Вы смеялись, слушая первого здешего философа, который старался изо всех сил логическими доводами, как магическими заклинаниями, убрать с неба новые планеты!..

Вот какие доводы, например, приводил тогда некий философический астроном:

В голове животного устроено семь окон, через которые воздух допускается к телесному микрокосму, чтобы его просвещать, согревать и питать: две ноздри, два глаза, два уха и рот. Так же и в небесном макрокосме имеются две благоприятные звезды, две неблагоприятные, два светила, и Меркурий – неопределенный и безразличный. Отсюда и из многих других подобных устроений природы, таких как семь металлов и т. д., что утомительно перечислять, мы понимаем, что планет необходимо именно семь. Более того, эти спутники Юпитера невидимы

невооруженному глазу и, следовательно, не могут оказывать влияние на земле, потому бесполезны, а значит, и не существуют. Кроме того, евреи и другие древние народы, как и современные европейцы, разделяют неделю на семь дней, названных в соответствии с именами семи планет. Так что, если мы увеличим число планет, вся эта целостная и прекрасная система рухнет.

На такое Галилею сказать было нечего. И не до смеху ему было среди подобных астрономов, которые, видя неубедительность своих доводов и не желая расставаться с выученным в юности, искали теологические дефекты в новой картине мира. Кто ищет, тот всегда найдет. И нашли строчки в Библии, которые, если понимать их буквально, говорили о неподвижности Земли. Это стало грозным оружием в руках не желающих искать истину в природе. Обвиняя Галилея и Коперника в противоречии Священному Писанию, ученые мужи зывали к церковным властям.

Галилей решил опередить противников и в 1611 году сам направился в Рим, захватив с собой телескоп. У него были основания верить в силу своих доводов и в убедительность астрономических открытий: спустя несколько месяцев после публикации “Звездного вестника” он получил почетный и высокооплачиваемый пост главного ученого при дворе герцога Медичи – правителя Флоренции.

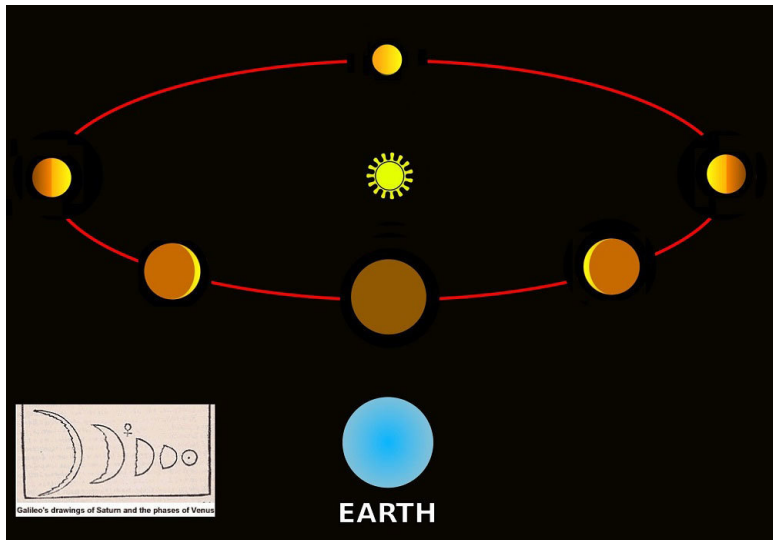
В Риме его чествовала Академия деи Линчеи (Академия рысьеглазых) – одно из первых научных обществ, созданное

за несколько лет до того любителями и покровителями науки. Галилей принял приглашение вступить в это общество и впоследствии писал свои книги, ориентируясь на читателей, подобных членам этой Академии, – не претендующих на звание профессионалов в астрономии или физике, но открытыми глазами и с большим интересом глядящих на новые научные идеи и факты.

Не меньший успех ожидал Галилея при дворе Папы Римского. То был период особого внимания к астрономии со стороны Католической Церкви, по инициативе которой западный мир незадолго до того перешел на новый – григорианский – календарь. Разработку календарной реформы возглавлял астроном и математик Клавиус, принадлежавший к Ордену иезуитов вместе с другими весьма квалифицированными астрономами. Главной миссией этого Ордена, учрежденного незадолго до того (в ответ на ересь Реформации), было просвещение и образование. Календарная реформа опиралась на новую астроматематику Коперника. А Галилей добавил новейший довод в пользу системы Коперника, когда в своих телескопических наблюдениях обнаружил фазы Венеры, подобные фазам Луны. В отличие от Луны, Венера виделась маленьким диском, когда была далеко, и крупным серпом – когда была близко. Это доказывало вращение Венеры вокруг Солнца, а не Земли.

Парадоксальный контраст: университетские профессора-астрономы, держась за привычные тексты древних авто-

ритетов, отрицают и телескоп, и наблюдательные открытия Галилея, а папские астрономы одобряют то и другое?! Главное отличие здесь не в близости к папскому престолу, а в практическом деле, которым в календарной реформе занимались папские астрономы, тогда как университетские профессора лишь трактовали старые тексты.



Фазы Венеры, зарисованные Галилеем и изображенные схематически.

Галилей занимался другим практическим делом – расследовал фундаментальную физику реальной Вселенной. Одоб-

рение папскими астрономами его астрономических открытий имело важное “но”. Для них система Коперника была правильной математикой, раз ее результаты соответствовали наблюдениям, но принимали эту систему они в геогеоцентрической версии Тихо Браге, в которой Земля неподвижна – *в полном соответствии со всеми известными тогда наблюдениями*, начиная с повседневного опыта. Ведь для земных астрономических расчетов важно лишь то, как небесные тела движутся относительно Земли. Для папских астрономов система Коперника означала лишь другую схему промежуточных вычислений.

Галилей и Кеплер были уверены, что Земля вращается вокруг Солнца подобно другим планетам, но прямых свидетельств этого тогда еще не было, только косвенные, гипотетические. Поэтому Кеплер не мог убедить Тихо Браге, с которым сотрудничал, хотя обоих считали первыми астрономами своего времени. А Галилей не мог убедить папских астрономов, высоко ценивших его астрономические открытия. Для первоклассных астрономов-наблюдателей реальный гелиоцентризм был гипотезой не только сомнительной, но и бесполезной: все равно расчеты надо было приводить к точке зрения земного наблюдателя – к геоцентрической картине. Такие астрономы, твердо стоящие на земле, внимательно слушали Галилея, ожидая узнать о наблюдаемых проявлениях движения Земли, но получали только доводы об устройстве Вселенной (то бишь Солнечной системы), объяснения,

почему вращение Земли столь незаметно, а также сомнительные аналогии и слова о стройности Мироздания.

Но так ли уж убедительна аналогия между Землей под ногами и далекими “блуждающими” звездочками, о которых ничего не известно, кроме их движения по небосводу? И горы, обнаруженные на близкой Луне, разве доказывают, что далекие планеты устроены так же? Зачем так далеко ходить за обоснованием, почему не удостоверить земное вращение прямо на Земле? Ведь, вращаясь на карусели, ощущаешь вращение даже с закрытыми глазами?! Конечно, если карусель делает один оборот в сутки или в год, заметить вращение трудно, но и спутники Юпитера были незаметны до изобретения телескопа. Так что надо найти какой-то способ прямо засвидетельствовать это вращение, если оно и правда существует. А иначе гелиоцентризм останется удачной математической гипотезой, полезной для расчетов, но не более.

Нечто в этом роде мог сказать Галилею астроном, твердо стоящий на Земле. И, надо признать, в начале 17-ого века на это нечем было ответить. Наглядные прямые свидетельства вращения Земли (вокруг своей оси и вокруг Солнца) появились лишь два века спустя: маятник Фуко, закон Бэра (согласно которому река подмывает свой правый берег в Северном полушарии), смещение “неподвижных” звезд вследствие перемещения Земли. Однако уже задолго до того астрофизики в таких доказательствах не нуждались – уже с конца 17-ого века, когда Ньютон – завершив работу, начатую

Галилеем, – сформулировал фундаментальные законы физики, управляющие всеми движениями в Солнечной системе. Следствие этих законов – движение Земли вокруг Солнца. Другое следствие – вполне определенная малость проявлений этого движения на самой Земле, всего доли процента.

Вера и знание

Почему же Галилей еще в конце 16-ого века уверился в движении Земли? Почему он так доверился косвенным доводам и своим общим представлениям об устройстве Вселенной и почему не придавал значения трезвым возражениям астрономов-реалистов? На эти вопросы у историков нет четкого ответа, но ясно, что гениальные предрассудки Галилея – вера в фундаментальную закономерность Вселенной и в способность человека познать эту закономерность – помогли ему изобрести фундаментальную физику.

В середине двадцатого века поэт-публицист попытался ответить за историков:

Твердили пастыри, что вреден
и неразумен Галилей,
но, как показывает время:
кто неразумен, тот умней.

Ученый, сверстник Галилея,
был Галилея не глупее.
Он знал, что вертится земля,
но у него была семья¹.

Рифмованный ответ, увы, противоречит реальной исто-

¹ Евгений Евтушенко. *Карьера*.

рии. Во-первых, ученые сверстники Галилея, за малым исключением, твердо знали, что Земля неподвижна. Во-вторых, архипастыри Католической Церкви, зная о его взглядах, долгие годы вполне благожелательно относились к нему. Пока речь шла лишь о научных гипотезах, их разрешалось обсуждать.

Ситуация изменилась, когда научные противники Галилея, исчерпав земные доводы, взяли за Священное Писание. Там, конечно, нет никакой астрономии, никаких планет, ни слова о том, плоска ли Земля или шарообразна. Но, забыв о смысле библейского рассказа, можно найти фразы, выражающие обыденные представления о том, что солнце движется – всходит и заходит, а земная твердь покоится. Соответствующими цитатами и вооружились противники Галилея, держа Библию в качестве щита. Если бы он не обращал внимания на таких оппонентов, мог бы спокойно заниматься своей наукой. Так ему советовали и его доброжелатели среди “пастырей”.

Однако Галилей не последовал этому совету. Он не только свободно мыслил, но и свободно верил в Бога. Библия говорила о человеке, сотворенном по подобию Божию, она была его внутренней опорой, но не источником знаний о внешнем мире – кроме того, что мир этот сотворен для человека и доступен познанию. Поэтому, был уверен Галилей, Библия не может противоречить результатам научного исследования и, в частности, движению Земли. Он пришел к этому выводу,

опираясь на собственный разум точно так же, как и в своих физических исследованиях.

Такое понимание Библии, надо сказать, присутствовало и в церковной традиции. Галилей цитировал одного кардинала, с которым беседовал: “Библия учит тому, как попасть на небо, а не тому, как небеса движутся”. Библия также учит не лгать, и Галилей не внял советам доброжелателей, а честно излагал свое понимание Библии и свою уверенность в том, что Земля движется. Уверенности ему добавили его астрономические открытия и их признание.

Что позволено сказать о Библии кардиналу в частной беседе, то не позволено мирянину, даже если этот мирянин – прославленный астроном. Тем более когда бдительно правоверные шлют доносы. В 1616 году эксперты инквизиции определили, что утверждение о движении Земли “абсурдно в научном отношении и противоречит Священному Писанию”. Официальное постановление звучало мягче, но три книги были запрещены, начиная с книги Коперника, за 70 лет до того ушедшего в историю. Галилей в этом постановлении не упоминался – почтение к нему было столь велико, что архипастыри ограничились устным увещанием. Позже сам Папа Римский пояснил ему, что, хоть и нельзя утверждать движение Земли как истину, системы Птолемея и Коперника можно обсуждать и сравнивать как математические гипотезы. И книгу Коперника запретили лишь на время, пока ее поправят, подчеркнув, что система Коперника – это лишь

математическая гипотеза.

Изобретательный Галилей придумал, как остаться честным и не нарушить церковное предостережение. Раз ему разрешили обсуждать и сравнивать гипотезы Птолемея и Коперника, он напишет книгу в форме беседы между тремя персонажами, двое представят позиции Коперника и Птолемея, а третий – непредвзятый здравый смысл. И пусть сам читатель решит, кто прав.

Книгу “Диалог о двух главнейших системах мира” Галилей завершил полтора десятилетия спустя. Не без трудностей он получил одобрение церковной цензуры, и в 1632 году первые экземпляры книги вышли из типографии. Вскоре, однако, в историю науки вмешалась Католическая Церковь – ее решением книги конфисковали, а Галилея вызвали на суд инквизиции. Знаменито-бесславный суд длился несколько месяцев. Галилея обвинили в том, что он нарушил церковное указание 1616 года трактовать систему Коперника лишь как гипотезу: из его книги слишком ясно было, какая гипотеза верна. Суд книгу запретил и приговорил Галилея к пожизненному тюремному заключению.

За кулисами следствия и в ходе суда действовали и личные мотивы, и факторы церковной политики, но в основе тех событий можно разглядеть... мощный закон инерции. Галилей, открывший физический закон инерции, в полной мере испытал на себе и действие инерции людской. Служители Церкви, разумеется, не могли глубоко проникнуть в систе-

му астрофизических доводов в пользу движения Земли и по-просту – по инерции – держались представлений, освоенных в юности. Ведь и выдающиеся люди науки держались этих представлений, прежде всего “король астрономов” – Тихо Браге.

Можно было бы не осуждать церковных судей за их научную инерционность, если бы они не взяли на себя роль *научных* экспертов: в церковных постановлениях 1616 и 1633 годов движение Земли признано, во-первых, научно ложным и, только во-вторых, противоречащим Библии. Тем самым, судьи-инквизиторы использовали свое служебное положение в личных целях – чтобы сохранить привычное представление. Дело было не в религии как таковой: среди учеников и горячих сторонников Галилея были люди духовного звания. И даже суд был не единогласен – приговор подписали лишь семеро из десяти судей.

Исполнение приговора, как и высшая власть в Церкви, были тогда в руках одного человека – Папы Урбана VIII. Будучи еще кардиналом, он восхищался астрономическими открытиями Галилея и, став Папой, тоже проявлял к нему благосклонность, разрешив обсуждать систему Коперника наряду с системой Птолемея. Но у него был свой довод, почему обе системы навсегда останутся лишь гипотезами: *Даже если какая-то гипотеза удовлетворительно объясняет некое явление, всемогущий Бог может произвести это явление совершенно иным образом, недоступным человеческому разуму,*

и нельзя ограничивать Его всемогущество возможностями человеческого понимания. Папа подарил свой довод Галилею, а тот что сделал?! Вложил этот довод в уста персонажа, который представлял отжившую философию Аристотеля и выглядел очень обидно для Папы:

Симплицио. «...» Я знаю, что на вопрос, могли всемогущий Бог сообщить воде наблюдаемое переменное движение [приливы и отливы] иным образом, нежели двигая водоемы, возможен лишь один ответ: Он мог бы сделать это многими способами, невысказанными для нашего ума. А если так, то чрезмерной дерзостью было бы ограничить Божественное могущество каким-либо измышлением человека.

Так что надо еще благодарить Его Святейшество за то, что он заменил тюремное заключение на домашний арест. А историк науки может даже, забыв о приличиях, поблагодарить за то, что Галилей находился под постоянным наблюдением инквизиции, которая решала, с кем он мог встречаться. Кипучий темперамент физика имел единственный выход – работу над второй и самой главной книгой, в которой он обосновал закон свободного падения – первый фундаментальный закон физики.

Что касается папского довода, то Галилей употребил его не из вредности. Речь шла о сути новой – фундаментальной – физики. Довод очевидно опирался на библейскую фра-

зу “Пути Господни неисповедимы”, в современном переводе: “Непостижимы Его решения и неисследимы пути Его”. Что мог на это возразить Галилей, с его несомненной верой в Бога и с полным доверием к Слову Божьему?

Он мог сказать, что контекст этой фразы говорит не об устройстве Вселенной, а об отношении Бога к человеку и о внутреннем мире человека с его свободой и неповторимостью. А внешний мир – Вселенная – уже звездным небом дает человеку пример постоянства и закономерности. Не зря же Бог наделил человека способностью к познанию. Галилей чувствовал это по себе. И знал по своему опыту, что человек способен не только выдвигать правдоподобные гипотезы, но и проверять их, отвергать или подтверждать, устанавливая их соответствие устройству Вселенной, созданной Творцом. В Библии ничего не написано о законе плавания, но Архимед сумел этот закон открыть. И Галилей в своем поиске фундаментальных законов природы опирался на веру в закономерность мироздания.

Исследуя пути Господни в устройстве Вселенной и зная, как опыт и язык математики позволяют познавать это устройство, Галилей защищал Библию от чуждых ей задач и, соответственно, от противоречий с результатами научного познания. Он был лучшего мнения о Творце, чем Папа Урбан VIII, а в отношении к истине – святее Папы Римского.

Скорость света – первая фундаментальная константа

Среди неудач Галилея одна столь поучительна, что язык не поворачивается назвать ее неудачей.

В своей последней книге Галилей рассказал о попытке измерить скорость света, и, судя по всему, поводом стало измерение другой скорости – скорости звука. Это, конечно, “две большие разницы”. Услышав эхо своего голоса, легко понять, что звук вернулся через малое, но заметное время, и, значит, он распространяется не мгновенно, а с какой-то – пусть и большой – скоростью. Однако в обыденном опыте нет никаких признаков того, что и свету требуется какое-то время на путешествие от источника света до освещенного предмета. Аристотель подытожил это философски: “Свет – это присутствие чего-то, а не движение чего-либо”. Так же думали и все коллеги-современники Галилея. Он первым употребил само выражение “скорость света”.

Мгновенность – или бесконечная скорость – света предполагалась и в первых измерениях скорости звука. Наблюдая издали выстрел пушки и полагая, что вспышку выстрела видят немедленно, измеряли время между вспышкой и звуком выстрела. Разделив расстояние до пушки на это время, определили, что скорость звука – около 500 метров в секунду (что всего в полтора раза больше истинного значения).

Галилей, однако, полагал, что мгновенность света – лишь гипотеза, и придумал, как ее проверить. Для этого нужны два человека с фонарями, которые можно открывать и закрывать – сейчас бы сказали: включать и выключать. Сначала они, находясь вблизи, тренируются включать фонарь, увидев свет другого фонаря. Затем расходятся на большое расстояние. Первый включает фонарь, увидев свет которого, включает свой фонарь второй. И первый измеряет время от момента, когда он включил свой фонарь, до момента, когда увидел свет второго фонаря. За это время свет прошел путь туда и обратно.

Если второй фонарь откроется так же быстро, как и на близком расстоянии, – пишет Галилей, – значит, свет доходит мгновенно, а если свету требуется время, то расстояния в три мили хватило бы, чтобы обнаружить задержку. Если же опыт делать на расстоянии, скажем, 8–10 миль, то увидеть слабый свет от далекого фонаря можно, используя телескоп.

Судя по словам Галилея, он проделал такой опыт лишь на расстоянии одной мили и задержку не заметил. И все же высказал догадку, что свет распространяется не мгновенно, хоть и необычайно быстро.

Отец современной физики не объяснил, почему трех миль хватило бы, чтобы обнаружить не-мгновенность света, и зачем тогда увеличивать расстояние до 10 миль. Если минимальным промежутком времени счесть один удар пульса, то

проделанный им опыт означал, что свет прошел две мили за время, меньшее секунды, то есть со скоростью как минимум в 10 раз большей скорости звука. А если бы задержки не обнаружилось и на расстоянии 10 миль, это означало бы, что скорость света как минимум в 100 раз больше скорости звука.

Галилей не виноват, что на самом деле скорость света больше скорости звука в миллион раз. Если бы он это заподозрил, то мог сообразить, что земных миль для его опыта не хватит, и вспомнил бы открытые им спутники Юпитера. Ведь, вращаясь, спутник играет роль фонаря, который открывается, выходя из тени Юпитера, и закрывается, заходя в его тень. Конечно, впрямую для опыта Галилея такой фонарь не годится – открывается безо всякой команды через равные интервалы времени. Но опыт можно изменить, заметив, что земной наблюдатель не сидит на месте, даже вглядываясь в телескоп: вместе с телескопом и с планетой Земля он движется вокруг Солнца. Когда наблюдатель приближается к Юпитеру, каждый следующий “восход” спутника наблюдается раньше “положенного” (усредненного), потому что первому лучу от спутника надо пройти меньшее расстояние до Земли. Первый луч прибудет раньше на долю периода, пропорциональную скорости Земли и обратно пропорциональную скорости света. Значит, скорость света можно вычислить, измеряя опережение (или запаздывание) восхода спутника Юпитера.

До такого способа сам Галилей не додумался, хотя в его духе были и земные применения астрономии, и приложение земной физики к пониманию небесных явлений. Он же предложил использовать телескоп в земном опыте по измерению скорости света. А открыв спутники Юпитера и измерив периоды их обращения, разглядел в этом небесные часы “с боем” в момент восхода каждого спутника. Такие часы, доступные всем (у кого есть телескоп), сообразил Галилей, можно использовать для определения географической долготы. А это было жизненно важно для дальнего мореплавания и для экономики.

Так что отец современной физики не только изобрел ее, но и продемонстрировал взаимосвязь науки, техники и экономики.

В физике Галилея проявилось хитрое взаимодействие теории и эксперимента в поиске фундаментальных законов природы. Ясно, как важно проверять закон со все большей точностью. Однако нередко малая точность измерений помогала делать открытия. Например, важнейший для Галилея закон о том, что период колебаний маятника не зависит от амплитуды колебаний, выполняется тем точнее, чем меньше амплитуда. Поэтому, если бы Галилей проверял этот закон не своим пульсом, а очень точным хронометром, ему было бы труднее.

Аналогично – со спутниками Юпитера. Измерив их периоды обращения, Галилей оставил их дальнейшее изуче-

ние астрономам. Оставил он также им в наследство свою идею использовать эти спутники в качестве универсальных часов для определения долготы. Для этого требовалось знать периоды обращения спутников, или расписание их затмений, как можно точнее, чем астрономы и занялись, стремясь к свойственной им астрономической точности. Через тридцать лет после смерти Галилея астрономы накопили достаточное количество наблюдений, чтобы обнаружить странную неравномерность хода космических часов. Период обращения спутника иногда был короче, иногда длиннее. В этой неравномерности обнаружилась своя закономерность: короче период становился, когда Земля приближалась к Юпитеру, и длиннее – когда удалялась. Тогда-то астрономы, изучавшие Галилеевы спутники, вспомнили об уверенности Галилея в том, что свет распространяется с огромной, но конечной скоростью. Соединив наблюдения периодов спутников со знанием планетных движений, и получили впервые величину скорости света – 220 тысяч километров в секунду, что близко к истинной величине – около 300 тысяч километров в секунду.

Таким образом, интуиция Галилея оправдалась, как ни удивительно. А это очень удивительно. Ведь не было никаких наблюдаемых свидетельств в пользу конечной скорости света. И выдающиеся современники Галилея, которые занимались наукой о свете, Кеплер и Декарт, считали скорость света бесконечной. Почему Галилей оказался проницатель-

ней своих коллег? Потому что был гением и фундаментальным физиком.

Размышляя о скорости света, Галилей видел весь мир физических явлений и верил в глубинное единство этого мира. Зная, что солнечный свет, собранный в вогнутом зеркале, способен расплавить свинец, он сопоставил это “яростное” действие света с разрядом молнии и взрывом пороха, которые “сопровождаются движением и притом очень быстрым”. И заключил: “Поэтому я не представляю себе, чтобы действие света обходилось без движения, притом наибо́льшего”.

Галилей был уверен, что Книга Природы “написана на языке математики”, но знал, что содержание этой книги – физика. Поэтому, слушая свою интуицию, он не верил ей на слово, а придумывал, как проверять ее самым надежным для физика путем – измерительными экспериментами. Со светом ему это не удалось – точность измерений была слишком мала. Но ему удалось подарить физике саму идею конечной скорости света. Эта идея, благодаря другому подарку – Галилеевым спутникам Юпитера – стала достоверным фактом науки спустя лишь несколько десятилетий после его смерти, в самом начале его бессмертной славы.

Послушаем теперь фрагмент беседы из последней книги Галилея “Беседы и математические доказательства, касающиеся двух новых наук”, где впервые поставлен вопрос о скорости света:

О наибо́льшей скорости движения света

Сагрето. Я видел, как солнечный свет, собранный вогнутым зеркалом диаметром около трех ладоней, быстро плавил свинец и зажигал разные горючие материалы. Неужели столь яростное действие света возможно без движения?

Сальвиати. В других случаях – таких как разряд молнии и взрыв пороха – горение и распад сопровождаются движением, и притом очень быстрым. Поэтому я не представляю себе, чтобы действие света обходилось без движения, притом наибо́льшего.

Сагрето. Но какой степени быстроты должно быть это движение? Оно мгновенно или совершается во времени, как другие движения? Нельзя ли в опыте узнать, каково оно?

Симплицио. Повседневный опыт показывает, что свет распространяется мгновенно. Если издали наблюдать за выстрелом пушки, то вспышка выстрела достигает наших глаз сразу же, а звук доходит до ушей лишь через заметный интервал времени.

Сагрето. Из подобных опытов можно лишь заключить, что звук движется медленнее света, но не то, что свет доходит мгновенно.

Сальвиати. Неубедительность таких наблюдений

побудила меня придумать способ выяснить, распространяется ли свет действительно мгновенно.

Пусть два экспериментатора держат по фонарю, которые можно открывать и закрывать. Сначала, стоя рядом, они упражняются открывать свой фонарь, заметив свет другого. Затем расходятся мили на три и, дождавшись ночи, повторяют свое перемигивание фонарями. Если второй фонарь откроется так же быстро, как и вблизи, значит, свет доходит мгновенно, а если свету требуется время, то расстояния в три мили хватило бы, чтобы обнаружить задержку. Делая опыт на расстоянии, скажем, десяти миль, можно использовать телескопы, чтобы увидеть слабый свет от далекого фонаря.

Сам я провел этот опыт лишь на расстоянии одной мили и не убедился, возвращается ли свет мгновенно. Ясно лишь, что чрезвычайно быстро, почти мгновенно. Я бы сравнил это со сверканием молнии, видимом на расстоянии 8–10 миль. Мы видим начало вспышки, или ее источник, в определенном месте среди туч и видим, как молния пронзает соседние тучи. Значит, для распространения требуется некоторое время. Ведь если бы вспышка молнии возникала во всех частях сразу, мы не могли бы различить ее источник, середину и удаленные части. В каком же океане мы незаметно для себя оказались?! Пустота и бесконечности, неделимые атомы и мгновенные движения – сможем ли мы достичь берега, хотя бы и

после тысячи обсуждений?

На патетический вопрос в конце фрагмента Галилей ответил своей книгой отважно и оптимистически. Но сам вопрос изобличает физика – фундаментального физика. Его выдающиеся коллеги математического склада мышления – Кеплер и Декарт – смело ставили перед собой задачу полностью и окончательно объять реальный физический мир каким-то единым математическим принципом или небольшим набором, и думали, что достигли своей цели: у Кеплера – кубок шести планет, у Декарта – семь принципов физики. А Галилей понимал, что находится лишь в начале великого пути, где работы хватит на всех, у кого хватит свободы и смелости задавать вопросы об устройстве мироздания и искать на них убедительные – измерительные – ответы.

Заряжаясь его смелостью, очень хотелось бы задать вопросы и ему самому.

Почему он думает, что скорость света не просто конечна, но и “наибыстрейшая”? Как вообще какая-то скорость может быть максимальной? Догадывается ли он, что скорость света – фундаментальная константа природы, причастная к любому физическому явлению, даже протекающему в крошечной тьме?

Наука ответила на эти вопросы три века спустя после жизни Галилея, после нескольких драматических преобразований фундаментальной физики, связанных с именами Ньютона, Максвелла и Эйнштейна. Остается лишь изумляться, что

изобретатель фундаментальной физики открыл путь и к первой фундаментальной константе в истории.

Глава 3. Гравитация – первая фундаментальная сила

С небес на землю и обратно

В современной физике говорят о четырех фундаментальных силах. Первой открыли силу гравитации. Известный школьникам *закон всемирного тяготения* определяет силу притяжения F между любыми массами m и M , разделенными расстоянием R :

$$F = G mM/R^2.$$

Школьникам обычно не говорят, что сам Ньютон такую формулу не писал. Он лишь утверждал, что притяжение пропорционально количеству вещества и обратно пропорционально квадрату расстояния. Пропорциональность количеству вещества не удивительна, а вот как Ньютон догадался, что сила зависит от расстояния именно в квадрате, а, скажем, не в кубе?

Школьникам также обычно не говорят, что догадался он не первым. Открытие Ньютоном закона гравитации можно даже назвать закрытием. Он закрыл вопрос, подтвердив догадку астрономическими наблюдениями, подытоженными

Кеплером в его планетных законах. Величайший успех Ньютона в глазах его современников – то, что он вывел законы Кеплера из закона гравитации. Для этого ему пришлось сделать дело, великое уже в глазах мировой истории: создать общую теорию движения – механику, изобретая для нее новый математический язык. Главный закон движения связал ускорение a массы m с действующей на нее силой F

$$F = ma,$$

а изобретенный математический аппарат (дифференциальное исчисление) позволил решать любую задачу о движении тел на небе и на земле.

Первую небесную задачу решил астроном Эдмонд Хэли (Галлей). Опираясь на закон движения и закон гравитации, он предсказал, что комета 1682 года вернется через 76 лет. И она действительно явилась в должное время! До того можно было еще сомневаться в теории Ньютона, которая “всего лишь” вывела старые законы Кеплера из новых законов движения и гравитации. Но небесный триумф физики обещал ей победы и в задачах земных.

По этому поводу один историк заметил: “Современная наука спустилась с небес на землю по наклонной плоскости Галилея”. Не меньше оснований сказать, что – по той же наклонной плоскости – земная физика поднялась до небес. Галилей получил с неба лишь один вопрос: почему столь неощутимо движение Земли вокруг своей оси и вокруг Солнца с огромными скоростями в тысячи километров

в час? Ответ на этот вопрос он искал – и нашел – на Земле, изучая движение с помощью двух своих главных инструментов – эксперимента и математически точного языка. Его ответ – закон инерции и принцип относительности – Ньютон назвал Первым законом механики. А Галилеев закон свободного падения, обнаружив ключевую роль ускорения, дал подсказку для Второго закона – главного закона движения.

Лишь в законе гравитации роли Галилея не видно. Исправляя эту несправедливость спустя два века после его смерти, некий умелец с антикварным уклоном смастерил коллекцию исторических документов, которую получила Французская академия наук. Бумаги – с именами Галилея, Паскаля, Ньютона и других видных фигур – рисовали такую картину. В последние годы жизни (итальянец) Галилей якобы теоретически вывел из второго закона Кеплера, что небесные тела притягиваются обратно пропорционально квадрату расстояния. Об этом открытии он сообщил (французу) Паскалю, который на этой основе построил небесную механику, вычислив еще и массы планет, о чем сообщил (англичанину) Ньютону. А уж тот без стыда и совести опубликовал чужие результаты как свои собственные.

Во Французской академии, ревностно следившей за успехами англичан, азартно изучали сенсационные документы, пока не обнаружили, что одно из писем коллекции адресовано Ньютону, когда тому было всего 10 лет от роду. Автор коллекции не ладил с хронологией. И совсем не ладил с ис-

торией науки.

История, конечно, зависит от сохранившихся документальных свидетельств – писем, рукописей, публикаций. Но когда свидетельств о каком-то человеке сохранилось много, подделать совершенно новое свидетельство очень нелегко. Поверить, что 75-летний Галилей вывел закон гравитации из второго закона Кеплера, может лишь тот, кто не читал их книг и совсем не понимает, как можно вывести одно из другого.

Галилей не придавал значения законам Кеплера и тем более его высказываниям о Солнце как источнике силы, движущей планетами, о том, что сила эта убывает обратно пропорционально расстоянию (а не его квадрату), и о силе притяжения как о “симпатии родственных тел”, их “стремлении к соединению”. “Стремление” это Кеплер иногда лишь уподоблял магнетизму, иногда отождествлял с ним. Из его текстов неясно, имел ли он в виду одну силу или две. Ясно лишь, что он надеялся на физиков, раз писал: “Пусть физики проверят...”

В 1600 году англичанин Гильберт опубликовал книгу “О магните, магнитных телах и большом магните – Земле”, где, кроме прочего, высказал идею о том, что Земной шар – огромный магнит, и экспериментально обосновал это с помощью модели Земли – шарообразного магнита, следя за поведением стрелки компаса на поверхности шара. Под впечатлением от этой книги Кеплер и писал о магнитных силах

в планетной системе, внедряя последнее слово физики в астрономию. Но, в отличие от Гильберта, Кеплер не дал никаких конкретных, хотя бы качественных, доводов и никак не связал магнитную физику ни с его гипотезой о планетных силах, убывающих обратно пропорционально расстоянию, ни с собственными точными законами планетного движения. В таком обращении с наукой физик Галилей видел проявление “слишком свободного” ума, а попросту – легкомыслие. По поводу же исследований Гильберта он, высоко их оценив, пожелал, чтобы тот был “немного больше математиком”. Не потому что Галилей любил математику, а потому что математически точный язык открывает путь к экспериментальной проверке и, стало быть, к точному знанию.

Фундаментальный физик Галилей мог смотреть на законы Кеплера как на математические соотношения, не менее изящные, чем космография планет юного Кеплера, но и не более проникающие в физическую суть планетной системы. Через две точки можно провести только одну прямую, а через множество точек планетных наблюдений – сколько угодно разных кривых, в том числе, быть может, и изящных. С планетами не поэкспериментируешь, меняя параметры их движения. Поэтому Галилей старался проникнуть в фундаментальные законы планетной физики, опираясь на земной эксперимент, который надо придумать, и используя простейшую орбиту из возможных – круговую, тем более что орбиты Земли и Венеры почти точно круговые.

Чтобы вывести закон гравитации, надо было слово “притяжение” сделать физическим понятием, доступным для экспериментального исследования. Надо было связать это понятие с измеримыми величинами, прежде всего с самим движением. Это и сделал Ньютон. А до того о планетных силах и их зависимости от расстояния можно было лишь говорить.

Самый ранний “разговор” о силе, пропорциональной $1/R^2$, состоялся в книге французского астронома Буйо в 1645 году. Автор чтит Коперника, Галилея и Кеплера, но планетную силу – не по Кеплеру – уподобил освещенности, убывающей с расстоянием от источника света именно как $1/R^2$. Но затем, в той же самой книге, Буйо отверг само существование движущей силы. Уже отсюда ясна неубедительность гипотезы Кеплера. Легко представить себе, что Галилей ребячески счел бы и разговоры Буйо: откуда аналогия между светом и планетными силами?! Впрочем, ко времени издания книги французского астронома Галилей уже три года как ушел в историю. А неубедительные слова о силе, обратно пропорциональной квадрату расстояния, тем не менее в историю вошли. И дошли до времен Ньютона.

Что же получается?! Важнейшая физическая идея родилась незаконно и долгое время жила подкидышем?! А ее рождению более всех противился отец современной физики?! Так, но не совсем. Во-первых, и к научным идеям применимы слова поэта: “Когда б вы знали, из какого сора рас-

тут стихи, не ведая стыда...” Рождение нового – всегда чудо. А во-вторых, идея $1/R^2$ стала важной лишь в сочетании с другими идеями, которые появились спустя десятилетия.

История науки, как и всякая интересная история, – это неповторимый ход событий. Отсюда шаблонная фраза о том, что история не знает сослагательного наклонения. История не знает, но физик, вглядываясь в историю, привычно делает *мысленные эксперименты*, меняя – *в пределах возможного* – поступки исторических персонажей и разворачивая новую цепь событий, чтобы оценить вероятности и невероятности реально происшедшего. За этот прием мышления надо благодарить Галилея, который, создавая современную физику, мастерски им пользовался. Мысленный эксперимент – схема эксперимента, допускаемая известными фактами, не считаясь с затратами. Свободно меняя условия эксперимента, легче ставить вопросы и отвечать на них с помощью известных фактов и законов природы.

Перенося этот прием из физики в ее историю, зададим вопрос: “Мог ли Галилей узнать скорость света?”, разумеется, в пределах его исторически реальных возможностей – его знаний, способа мышления и его предубеждений. На этот вопрос история позволяет ответить отрицательно. В эксперименте придуманного им типа, даже если дать ему все ресурсы тогдашней техники, заведомо не хватало точности. А чтобы придумать эксперимент с участием спутников Юпитера, ему надо было оставить физику, стать астрономом-наблюда-

телем и не менее года вести наблюдения, зачем-то уточняя уже измеренные им периоды спутников. Это кажется невероятным. Так что скорость света открыть он не мог, хоть и был предубежден, что она конечна.

Галилей был также предубежден, что никакого планетного притяжения нет. Но это не значит, что ясен ответ на вопрос:

Мог ли Галилей открыть закон всемирного тяготения?

Выдающийся физик и веселый человек Ричард Фейнман так изложил предысторию закона гравитации:

Во времена Кеплера некоторые считали, что планеты движутся вокруг Солнца, потому что невидимые ангелы толкают их вдоль орбиты. Это не так уж далеко от истины: ангелы толкают планеты, но не вдоль, а поперек орбиты, в направлении к ее центру.

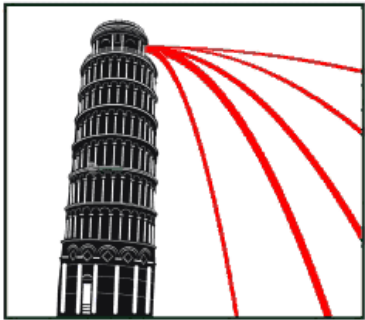
Стремясь к краткости, Фейнман опустил важный промежуточный этап. Галилей обходился вовсе без ангелов, считая круговое движение планеты вокруг Солнца движением естественным, свободным. Вопрос о размерах орбит и о скоростях планет оставался открытым, но Галилей видел массу открытых вопросов, что его не огорчало и не смущало, а лишь раззадоривало. Как и Кеплер, Галилей верил, что другие планеты по своей природе подобны Земле, и укрепил свою веру, увидев в телескоп гористую поверхность Луны. Его вера давала надежду, что изучение законов природы на Земле поможет понять и законы планетных движений.

На Земле Галилей открыл закон свободного падения, а также закон движения тела, брошенного под углом к горизонту. Траектория такого движения, как знают ныне школь-

ники, – парабола. Это свое открытие Галилей долго не публиковал. Он понимал, что результат получен в приближении “плоской Земли”: парабола тем точнее описывает траекторию, чем ее размер меньше по сравнению с радиусом Земли, то есть чем меньше начальная скорость, или же чем меньшую часть траектории рассматривать. Он не знал, какова форма траектории в случае “большого движения”, когда начальная скорость достаточно велика, и уже нельзя пренебречь сферичностью Земли.

Трудность была теоретической, и эксперимент не мог помочь: чтобы в лаборатории заметить сферичность Земли, размеры лаборатории должны быть сравнимы с радиусом Земли. Галилей мог, однако, воспользоваться мысленным экспериментом, в чем был большой мастак. Надо было лишь придумать вопрос для мысленного экспериментатора.

Например, такой. Если бросить шар в горизонтальном направлении с небольшой скоростью, он упадет на землю поблизости, двигаясь по крутой параболе. Если начальную скорость увеличить, парабола станет более полой. А с какой скоростью надо бросить шар, чтобы, падая, он оставался на одном и том же удалении от поверхности Земли, уходящей “вниз” из-за своей сферичности?



Эту задачу Галилей мог решить, пользуясь математикой не сложнее теоремы Пифагора, зная радиус Земли R и ускорение свободного падения g , им измеренное. Искомая скорость, как может убедиться нынешний школьник,

$$V = (gR)^{1/2} \sim 8 \text{ км/сек.}$$

Это конечно же *первая космическая скорость*, то есть скорость, с которой нужно бросить шар, чтобы он стал *искусственным спутником Земли*. Впервые это удалось сделать в России в 1957 году, а в Италии 17-ого века слов таких не знали и величину скорости назвали бы астрономической. Она была скорее астрофизической. Но астрофизику Галилею мысленный шар, летящий на постоянном расстоянии от поверхности Земли, конечно, напомнил бы Луну.

Он бы легко убедился, однако, что для Луны полученное соотношение, увы, не выполняется, и очень сильно. Скорость Луны в 60 раз меньше, “чем надо”. Поскольку скорость

Луны и расстояние до нее были хорошо известны, Галилей подумал бы об ускорении свободного падения g , которое сам измерил. Но измерил-то на поверхности Земли, а не на высоте Луны. Соотношение выполнилось бы, если ускорение свободного падения на высоте Луны в 3600 раз меньше земного. Расстояние до Луны в 60 раз больше радиуса Земли. Напрашивается гипотеза: *ускорение свободного падения меняется с удалением от Земли обратно пропорционально квадрату расстояния*. Эту гипотезу Галилей мог подтвердить и на спутниках Юпитера, и на спутниках Солнца – планетах. В результате он получил бы новый закон природы – *общий закон свободного падения*, определяющий ускорение свободного падения $g(R)$ в точке, удаленной на расстояние R от небесного тела массы M

$$g(R) = GM/R^2,$$

здесь G – константа, одинаковая для любого небесного тела, а значит, константа фундаментальная.

Как Галилей мог открыть общий закон свободного падения

Исследуя свободное падение, Галилей выяснил, что шар, брошенный горизонтально в пустоте, падает по параболе, форма которой определяется начальной скоростью V и ускорением свободного падения g : при этом скорость движения по горизонтали сохраняется V_x

= V , а по вертикали растет со временем $V_g = gt$.

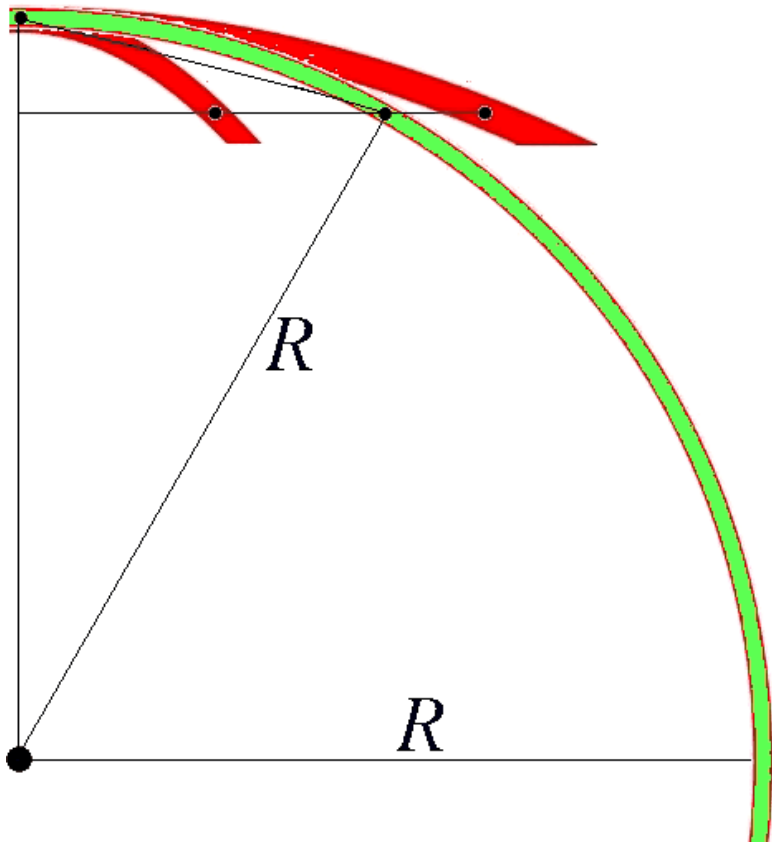
Сделаем мысленный эксперимент, поднявшись вместе с мысленным Галилеем на легендарную башню. Будем бросать шары горизонтально со все большей скоростью. Если скорость броска мала, шар упадет – по крутой параболе – на землю поблизости от башни. А если скорость очень велика, парабола станет очень полой, и шар улетит очень далеко от Земли.

Спрашивается, с какой скоростью надо бросить шар, чтобы, свободно падая, он оставался на той же высоте от земной поверхности, уходящей закругленно “вниз”?

На этот вопрос ныне может ответить и школьник, нарисовав указанную схему, применив теорему Пифагора и учтя, что радиус Земли $R \approx 6000$ км, а ускорение свободного падения $g \approx 10$ м/сек². Эти величины, как и теорему Пифагора, знал также и Галилей. И мог получить, что искомая скорость связана с g и R соотношением

$$V^2 = gR$$

и равна примерно 8 км/сек. Летя с такой скоростью, шар оставался бы на постоянном удалении от земной поверхности. Совсем как Луна.



Однако Галилей легко обнаружил бы, что лунные величины $R_{\text{л}} \approx 400\,000$ км и $V_{\text{л}} \approx 1$ км/сек никак не укладываются в полученное соотношение. А чтобы уложились, нужно значение $g_{\text{л}}$, примерно в 3600 раз меньше измеренного Галилеем *на*

поверхности Земли. Расстояние до Луны больше радиуса Земли примерно в 60 раз, а $60 \cdot 60 = 3600$. Отсюда Галилей мог предположить, что ускорение свободного падения g меняется с удалением от Земли обратно пропорционально квадрату расстояния R :

$$g \sim 1/R^2.$$

Отсюда, с учетом предыдущего соотношения, следует, что скорость спутника меняется с расстоянием R от небесного тела:

$$V \sim 1/R^{1/2}.$$

А если небесное тело имеет несколько спутников, то для них всех величина $VR^{1/2}$ одна и та же.

Подтвердить это свойство Галилей мог на им же открытых спутниках Юпитера. Беря нынешние значения и предполагая круговые орбиты, получим:

Спутники Юпитера	Радиус орбиты R , 10^3 км	Орбитальный период T , дней	$VR^{1/2} = 2\pi R^{3/2}/T$
<u>Ио</u>	422	1,77	30758
<u>Европа</u>	671	3,55	30748
<u>Ганимед</u>	1 070	7,16	30699
<u>Каллисто</u>	1 883	16,7	30727

Подтвердили бы это и спутники Солнца, то есть планеты (орбиты которых близки к круговым).

Так закон свободного падения, установленный в земных физических опытах, поднялся бы до астрономических высот. И так Галилей пришел бы к новому закону природы, который мог назвать *общим законом свободного падения*: ускорение свободного

падения на расстоянии R от центра небесного тела

$$g(R) = A/R^2,$$

где A – некая константа, определяемая свойствами небесного тела.

Из наблюдательных данных Галилей мог вычислить соотношения таких констант для Земли, Юпитера и Солнца:

$$A_{\text{Юпитера}} \approx 300 A_{\text{Земли}},$$

$$A_{\text{Солнца}} \approx 300\,000 A_{\text{Земли}}.$$

Глядя на эти три величины, характеризующие Землю, Юпитер и Солнце, естественно было спросить, какие различия небесных тел ведут к различиям их констант A . Из явных различий в размере, в количестве вещества (массе) и в состоянии светимости легче всего предположить, что величина A пропорциональна массе небесного тела M : $A = GM$ с неким коэффициентом G (который тоже можно грубо оценить, считая среднюю плотность Земли близкой к плотности ее твердых пород).

В результате Галилей получил бы общую зависимость сразу для всех трех небесных тел – Земли, Юпитера и Солнца:

$$g(R) = GM/R^2,$$

и здесь константа G – не простая, а фундаментальная, поскольку одинакова для Земли, Юпитера и Солнца и, судя по этому, для любого другого тела.

Это и есть общий закон свободного падения, открыть который вполне мог Галилей на его уровне знаний и умений.

Новый закон уже намекает на гравитацию Ньютона, до которой оставалось более полувека. Но для Галилея всего важнее было бы оправдание его веры в физическое единство мира – и мира подлунного, и мира надлунного. Он понял бы, что причина падения тел на Земле и причина, определяющая орбиты планет, – одна и та же. А поскольку причину падения естественно называть притяжением (к Земле), то так можно назвать и планетную силу. Мысленный спутник Земли помог бы Галилею увидеть, что свободное падение и движение планет – явления глубоко родственные.

Так он понял бы, что слова Кеплера о планетно-солнечных притяжениях не столь и ребяческие. Никакой солнечной силы, движущей планетами, конечно, нет, но притяжение есть и подчиняется вполне определенному закону. Более того, из этого закона следует и (третий) закон Кеплера, связывающий время, за которое планета проходит свою орбиту, с ее радиусом ($T^2 \sim R^3$). Значит, из закона свободного падения, установленного в земных физических опытах, следу-

ет астрономический закон, полученный Кеплером в результате многолетнего анализа множества астрономических наблюдений. Следует пока лишь для круговых орбит. Но если ускорение свободного падения известно в каждой точке пространства вокруг большого небесного тела, то можно и ставить задачу о том, как изменится круговая орбита спутника, если его толкнуть. Труднее, конечно, было заподозрить и тем более доказать, что при этом окружность превратится в эллипс. Но зато теперь Галилей мог уже принять подсказку первого закона Кеплера – об эллиптичности планетных орбит, к великой радости автора и к успокоению историков, ломающих головы над молчанием Галилея по поводу законов Кеплера.

Имея в своем распоряжении мысленный спутник, Галилей вряд ли бы остановился на достигнутом, а понял бы также, что законы Кеплера... лишь приближенные. Запуская мысленный спутник на разных расстояниях от Земли, легко дойти до места посередине между Землей и Марсом. А тогда возникнет вопрос: мы запускаем спутник Земли или Марса? Владея понятием составного движения, Галилей “сложил” бы оба ускорения свободного падения с учетом разных направлений (нынешними словами – векторно) и получил бы суммарное движение, совсем не похожее на эллипс. Отсюда следовало бы, что законы Кеплера – приближенные, они тем точнее, чем дальше находятся все массивные тела от одного, “центрального”. И возникла бы общая задача о движении

“спутника” вблизи нескольких массивных тел. Все это вело к представлению о всеобщем – “всемирном” – притяжении. Но оно уже было бы основано не на словах полуастрологического происхождения, как у Кеплера, а на физическом исследовании свободного падения вблизи поверхности Земли.

Кроме прочего, в итоге Галилей убедился бы, что был прав, взяв фундаментальной моделью планетного движения не эллипс Кеплера, а круговую орбиту. Только это простое движение позволило нам – вместе с Галилеем или вместо него – пройти путь от закона свободного падения до закона всеобщего притяжения, откуда уже рукой подать до Ньютоновой физики, если под рукой окажется человек уровня Ньютона.

Почему же Галилей не пошел по этому пути?

Вглядываясь в его многотрудную и многогранную жизнь, можно предположить, что главная причина такой незадачи – его религиозная вера. Будь он атеистом, его бы устроила формула, предложенная ему Папой Римским для спокойной научной работы, – называть свои научные исследования гипотезами. Ироничный Галилей вовсе не был фанатиком. Общественные условности его сместили, но искоренять их – не его забота. Будь он атеистом, он бы вовсе не думал о том, соответствуют ли его “гипотезы” Библии – старой ненаучной книге, которую многие люди почему-то принимают всерьез. Он бы не тратил время и силы на свои “Диалоги” и “Беседы” с такими людьми, а делал бы чисто научные работы, излагал

бы их профессионалам, предохраняя себя парой ритуальных фраз о гипотетичности науки. И тогда не отняли бы у него столько времени и сил преследования Церкви и пожизненное домашне-тюремное заключение.

Историк науки, однако, – в интересах самой же науки – поостерегся бы советовать Всевышнему лишить Галилея веры в Него. А вдруг, чем черт не шутит, эта вера каким-то образом помогла Галилею открыть закон свободного падения? Например, тем, что дала ему веру в существование подобного закона, веру, совершенно необходимую для поиска... Но к этому странному вопросу вернемся, подождав, пока Ньютон откроет закон всемирного тяготения, изобретет математические инструменты, с помощью которых выведет из этого физического закона все астрономические законы Кеплера, и создаст первую всеобъемлющую физическую теорию, которую называют классической механикой.

Сделал все это Ньютон на основе трудов Галилея, которые помимо изложения найденных Галилеем научных истин дали новый метод поиска истины. А метод дороже отдельных результатов – с его помощью можно получить и многие другие результаты. Книги Галилея, прочитанные в Европе, сделали для современной науки не меньше, чем его результаты – яркие демонстрации его метода.

Рождение теории гравитации

Вернемся из сослагательной истории в реальную, где закон всемирного тяготения носит имя Ньютона. Это непростая и невеселая история, в которой неустанно обсуждают вопрос, по праву ли этот закон носит его имя. При всей мировой славе сэра Исаака Ньютона, начавшейся при его жизни, ему давно предъявляют моральную претензию в том, что он якобы не поделился славой с Робертом Гуком, выдающимся физиком-экспериментатором. Тот очень даже претендовал на соавторство, считая, что именно он сообщил Ньютону ключевую гипотезу: притяжение планет к Солнцу, обратно пропорциональное квадрату расстояния, определяет эллиптическую форму орбиты. Сам он это доказать не мог и в 1679 году обратился за помощью к Ньютону, уже славному своей математической мощью.

История надежно подтверждает и это обращение, и тот факт, что лишь после него Ньютон написал свой знаменитый труд “Математические начала натуральной философии”, или просто “Начала”, где изложил и теорию гравитации, и общую теорию движения. Однако Ньютон претензию Гука на соавторство отвергал, указывая, что о притяжении, обратно пропорциональном квадрату расстояния, говорили до Гука, начиная с Буйо, что вообще дело не в словесных гипотезах, а в точных количественных соотношениях, и, наконец, что сам

он – Ньютон – открыл закон всемирного тяготения задолго до письма Гука, но об этом не сообщал из-за неправильного значения радиуса Земли, которое он тогда брал в свои вычисления.

Эти доводы Ньютона не убеждают многих историков, особенно любителей, которые смотрят на фундаментальную физику “сбоку” – со стороны математики или судебной психологии. В приоритетном конфликте Гука с Ньютоном действовали совершенно разные человеческие характеры и чувства, которые трудно оценить однозначно. Очевидны раздражение и досада Ньютона, но что за этим стояло: жадность к славе, личная антипатия или нежелание признать правдой неправду, пусть и “во имя мира”? Отвечая на этот вопрос, обычно меряют на свой аршин, а этот измерительный прибор у каждого действительно свой. Характер Гука, даже по свидетельствам его друзей, был далеко не ангельским. Плодовитый и разносторонний экспериментатор, он предьявлял свои авторские претензии – в самой острой форме – далеко не только Ньютону. И сочувствие к Гуку нередко питается тем, что материально и социально он был гораздо менее благополучен, чем Ньютон.

Вместо того чтобы погружаться в личностные детали этого конфликта, сосредоточимся на его научном драматизме. Оба прежде всего были людьми науки, для каждого наука – дело жизни.

Те, кто оправдывают претензии Гука, опираются на то,

что тот поставил перед Ньютоном *задачу об эллиптических орбитах*, ответ которой знал, но не мог доказать, а Ньютон доказал, проведя необходимые математические выкладки. Поэтому принимающие сторону Гука считают отговорками слова Ньютона о том, что он якобы открыл *закон всемирного тяготения* еще во время знаменитых чумных каникул 1665–1666 годов, когда из-за чумы в Лондоне 23-летний Ньютон уехал на родительскую ферму.

Еще менее серьезно сторонники Гука относятся к знаменитой истории – или легенде? – о падающем яблоке, которое якобы помогло Ньютону в его открытии. Эта история привлекла новое внимание, когда недавно Лондонское Королевское общество опубликовало рукопись одной из самых первых биографий Ньютона, написанную человеком, лично знакомым с ним. Биограф, кроме прочего, рассказал о своем визите к 83-летнему сэру Исааку в апреле 1726 года. После обеда они вышли в сад:

Мы пили чай в тени яблонь, беседа на разные темы, когда он мне рассказал, как в точно такой обстановке ему в голову пришла идея гравитации. Он был погружен в размышления, когда увидел падающее яблоко. И подумал: “Почему яблоко всегда падает отвесно вниз, к земле, а не в сторону или вверх? Конечно, причина в том, что Земля притягивает его. В веществе должна быть какая-то притягивающая сила. А суммарное притяжение вещества Земли должно быть в ее центре. Потому-то яблоко падает по направлению к

центру. И притяжение должно быть пропорционально количеству вещества. Яблоко притягивает Землю так же, как Земля притягивает яблоко". Значит, сила, подобная той, что мы называем тяжестью, простирается по всей Вселенной. <...> Так родилось поразительное открытие, которое легло в фундамент построенной им науки – к изумлению всей Европы.

Рассказ, написанный четверть века спустя после смерти Ньютона, содержит его прямую речь и мысли, откуда ясно, что рассказчика более заботит литературное качество истории, чем необходимость изложить свои воспоминания как можно точнее. Рассказчик не был ни физиком, ни историком науки, он был археологом и относил себя к “друидам” (жрецам кельтов в древности). Есть все основания принимать его свидетельство лишь условно. Во-первых, “точно такой” обстановка быть не могла – в апреле яблоки еще не падают. Во-вторых, вряд ли Ньютон объяснял гуманитария ход своих астрофизических мыслей. Еще менее вероятно, чтобы нефизик точно воспроизвел их спустя много лет. Скорее, он свои давние воспоминания скрестил с научно-популярными описаниями достижений Ньютона.

В сухом остатке простое свидетельство: падение яблока каким-то образом направило мысль Ньютона к идее всемирного тяготения. Надеюсь, я не единственный историк физики, для кого объяснение археолога-друида не работает: не видна убедительная последовательность мыслей Ньютона, в

начале которой “яблоко падает отвесно вниз”, а в конце – великий закон. Поэтому я бы рискнул предположить, что тот счастливый для Ньютона день был ветренный, а ветер – порывистый. Тогда Ньютон мог увидеть, как порыв ветра сорвал яблоко, и оно падало не отвесно вниз, а по законной Галилеевой параболе. Физик-теоретик вполне мог спросить себя: а как бы оно падало, если бы порыв ветра был сильнее, еще сильнее, гораздо сильнее?.. И этот мысленный вопрос привел бы его к открытию закона всемирного тяготения тем путем, которым в предыдущей главе прошли “мы с Галилеем”.

Для такого предположения есть несколько оснований. Из записных книжек Ньютона, относящихся к 1660-м годам, ясно, что он пришел к зависимости $1/R^2$, рассматривая именно *круговые* орбиты. О том же говорит его ссылка на неправильное значение радиуса Земли, задержавшее его мысль. И наконец, важнейшее указание содержится в первой версии его главного труда, предшественнице “Начал”. Эту версию Ньютон писал общедоступно, фактически то был научно-популярный текст. И, подводя к идее всемирного тяготения, он использовал мысленный эксперимент с пушкой, выбрасывающей снаряд в горизонтальном направлении со все большей скоростью, пока снаряд не превратится в спутник Земли. Закончив рукопись, Ньютон, однако, отложил ее, решительно изменил жанр и стал писать лаконичным языком, предназначенным лишь коллегам-профессионалам. В систематическом изложении, по примеру Евклида, не требовалось объ-

яснить и оправдывать введение новых понятий.

Удивляться надо не тому, что он изменил характер изложения, а тому, что начал с научно-популярного. Возможно, он брал пример с “Диалогов” Галилея. Но уж очень они с Галилеем различались и характерами, и обстоятельствами жизни. Галилей был общителен, красноречив, рвался в бой, стремился к публикации; Ньютон – молчалив, уединен, избегал открытых конфликтов, замыкал свои рукописи на десятилетия. У Галилея было мало коллег для общения на равных, Ньютон уже входил в научное общество, которое издавало научный журнал. Галилей знал, что за его словами бдительно следит инквизиция, Ньютон жил в условиях академической и изрядной духовной свободы. Так что у Ньютона не было резонов, подобных Галилеевым, чтобы публиковать общедоступное изложение своих идей.

К счастью, его рукопись сохранилась и была издана посмертно под названием “Трактат о Системе Мира”. Первая иллюстрация в этой книге изображает ту самую мысленную пушку:

A
T R E A T I S E
OF THE
S Y S T E M
OF THE
W O R L D.

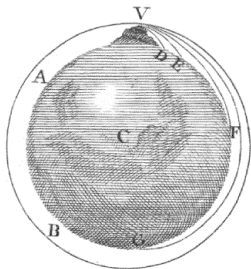
BY
Sir *ISAAC NEWTON*.

Translated into ENGLISH.



L O N D O N :

Printed for F. FAYRAM at the South Entrance under the *Royal Exchange*.
M D C C X X V I I I.



motions of projectiles. For a stone projected is by the pressure of its own weight forced out of the rectilinear path, which by the projection alone it should have pursued, and made to describe a curve line in the air; and through that crooked way is at last brought down to the ground. And the greater the velocity is with which it is projected, the farther it goes before it falls to the Earth. We may therefore suppose the velocity to be so increased, that it would describe an arc of 1, 2, 5, 10, 100, 1000 miles before it arrived at the Earth, till at last exceeding the limits of the Earth, it should pass quite by without touching it.

Возвращаясь к малоприятному конфликту между Гуком и Ньютоном, отделим закон всемирного тяготения от задачи об эллиптической орбите: первое возможно без второго. И тогда легче понять Ньютона и посочувствовать ему. Ведь он пришел к астрономическому закону всемирного тяготения, начав путь от физического явления, вполне исследованного Галилеем, – свободного падения вблизи поверхности Земли.

А его побуждали признать ценность фраз Гука, не имеющих четкого физико-математического смысла. То, что Гук, болезненно ревнивый, выдвигает свои приоритетные претензии направо и налево, – не достаточное основание, чтобы искажать истину. Максимум, что можно сделать, – это промолчать. После приоритетных претензий Гука на оптические результаты Ньютона тот замолчал до смерти Гука, замолчал на четверть века, хотя его исследования свойств света – вторая важнейшая область его достижений. Накопленные результаты Ньютон опубликовал в монографии “Оптика” лишь после смерти Гука, притом несколько раз упомянув его добрым словом. Он бы, возможно, отложил и публикацию своей теории тяготения, но книга эта издавалась по инициативе и на средства его друга и коллеги. Ньютон пошел ему навстречу и упомянул Гука наряду с другими, кто говорил о законе $1/R^2$. Это было правдой, хоть и не обязательной для изложения теории в научном стиле.

Отношение Ньютона к предшественникам, по книгам которых он учился, и к собственным исследованиям видно в его словах из записной книжки: “В науке нет иного правителя, кроме истины... Кеплеру, Галилею, Декарту следует поставить памятники из золота, на каждом написав: “Платон – друг, Аристотель – друг, но главный друг – истина”.

Мировая слава пришла к Ньютону при жизни, что выразил его современник-поэт с библейской лаконичностью: “Природа и ее законы были скрыты во тьме, когда Бог ска-

зал: “Да будет Ньютон”. И осветилось все”.

Но сам Ньютон видел себя иначе: *“Себе я кажусь ребенком, который нашел пару камешков поглаже и ракушек по красивее на берегу океана нераскрытых истин”*.

Это касалось и его главного открытия: *“Причину свойств гравитации я до сих пор не мог вывести из явлений...”*

Ньютон легко бы понял и принял два уточнения теории гравитации, ждть которых пришлось целый век. Сначала британский физик Кавендиш сумел измерить в лаборатории крошечную силу гравитационного притяжения между двумя телами известных масс. Массы он взял 350 и 1,5 килограмма, а измеренная сила притяжения оказалась равна весу песчинки. Это измерение дало возможность точно определить массу нашей планеты, а значит, как мы видели в предыдущей главе, и массы других небесных тел. И это же измерение позволило определить фундаментальную константу гравитации G в формуле законе $F = G mM/R^2$, как только такая запись появилась в начале 19-ого века.

Однако вряд ли Ньютон мог предположить, что пройдет еще два столетия, прежде чем физики узнают нечто более глубокое о гравитации. За это время физики расширили применения физики Галилея – Ньютона, не зря называемой ныне классической. Тем труднее было предположить появление новых фундаментальных понятий, сопоставимых по глубине с первыми понятиями современной физики. Метод, изобретенный Галилеем и триумфально примененный Нью-

тоном, дал новые плоды в руках Дж. Максвелла, М. Планка, А. Эйнштейна, Н. Бора и других современных физиков.

Глава 4. Загадка рождения современной физики

Вопрос Нидэма

Наука, как получение знаний о природе, не имеет даты и места рождения. Тысячи лет жила она, соединенная с техникой и другими формами народной мудрости, в самых разных культурах. Говоря о физике, однако, нечто очень важное произошло в 17-ом веке. Тогда родилась, можно сказать, новая – *современная* – наука и стала развиваться раз в сто быстрее.

Мало кто сомневается в том, что основатель современной физики – Галилей, хоть он и опирался на законы Архимеда, вдохновлялся открытием Коперника, поддерживался Кеплером, и лишь Ньютон развил его идеи до полного триумфа.

Историки спорят, однако, о вопросе Джозефа Нидэма, знаменитого китаевода:

Почему современная наука, с ее математизацией гипотез о природе и с ее ролью в создании передовой техники, возникла лишь на Западе во времена Галилея? Почему современная наука не развилась в Китайской цивилизации? Ведь в Китае до 15-го века знания о

природе применялись к практическим нуждам человека намного эффективней, чем на Западе?

Эйнштейн, отвечая на сходный вопрос, обострил его:

Развитие западной науки основано на двух великих достижениях. Греки изобрели формально-логическую систему (в геометрии Евклида), а в эпоху Возрождения открыли возможность находить причинные связи, проводя систематические опыты. Меня не удивляет, что китайские мудрецы не сделали этих шагов. Изумляет, что эти открытия были сделаны вообще.

“Чудом науки” Эйнштейн восторгался не раз, но отказался искать ответ, который не проверишь. Чудеса новой физики основаны на опытной проверке ее гипотез. История же состоялась единожды, она не воспроизводима, и гипотезы о ее причинных связях опытами не проверить.

Подобный довод не обескураживает размышляющих об истории науки, в которой драма идей переплетается с судьбами людей. Главное событие в развитии науки – рождение идеи, дело сугубо человеческое, и потому история физики – наука гуманитарная, хоть в ней и говорят о физических измерениях и математических соотношениях.

В гуманитарных делах также возможна определенность, как, например, в правосудии, решающий орган которого – коллегия присяжных, то есть обычные, не искусственные в юриспруденции граждане. Присяжным дано право выслушать доводы и, опираясь на свой здравый смысл, согласиться

с предложенным им утверждением или его отвергнуть. Подобную роль может взять на себя вдумчивый читатель.

Вопрос Нидэма прежде всего следует расширить в пространстве и во времени, чтобы говорить не об одном лишь уникальном событии – рождении современной физики. Само слово “физика” появилось в 4-ом веке до нашей эры у Аристотеля, а век спустя Архимед открыл первые физические законы, полностью сохранившие смысл доныне, – законы равновесия и плавания. В последующие две тысячи лет физика изменилась так мало, что в своих книгах Галилей опровергал Аристотеля и восхищался Архимедом. Исследования же самого Галилея, подхваченные другими, к концу 17-го века оформились в новую физику.

Новую науку стали развивать Декарт во Франции, Гюйгенс в Голландии, Ньютон в Англии, Лейбниц в Германии, Ломоносов в России, но за пределы Европы Галилеева наука почему-то не проникала, хотя в 16-ом веке Китай, Индия и мир Ислама не уступали Европе по уровню развития. В Европе освоили производство бумаги, пришедшее из Китая и ставшее предпосылкой книгопечатания, приняли десятичную систему счисления, принесенную из Индии, у арабов позаимствовали “алгебру” и пр. Сами древние греки, создав трудами Архимеда отличную физику, успокоились почему-то на достигнутом, хотя их цивилизация жила еще веков пять. Но особенно интересен пример России, где, при

отсутствии собственной научно-технической традиции, европейская наука легко пустила корни и дала плоды мирового уровня – геометрию Лобачевского и периодический закон Менделеева.

Учитывая все это, расширим вопрос Нидэма во времени и пространстве:

Что мешало греко-римским и средневековым ученым сделать следующий важный шаг после Архимеда, и почему уже после открытий Галилея ученые восточных цивилизаций так долго, вплоть до 20-го века, не включались в развитие современной науки?

Или, иными словами:

Чем Европа 16-го века помогла Галилею изобрести современную физику, а другим европейцам (и только европейцам) подхватить и мощно развивать ее после долгих веков застоя?

Историки пытались связать рождение новой науки то с запросами капитализма, то с Реформацией, якобы освятившей реальный земной опыт. Наперекор этому возникла идея о том, что главной силой Научной Революции стала “математизация природы”, а вовсе не опыты сами по себе. Пытались увидеть причину в сотрудничестве практиков и теоретиков. Чтобы проверить эти гипотезы, надо было сравнить Европу с другими цивилизациями. В таком сравнении Нидэм и пришел к своему вопросу, которому посвятил полжизни, установил массу интереснейших фактов в истории китайской ци-

визации и науки, но полного ответа на свой вопрос так и не нашел.

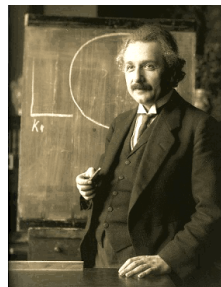
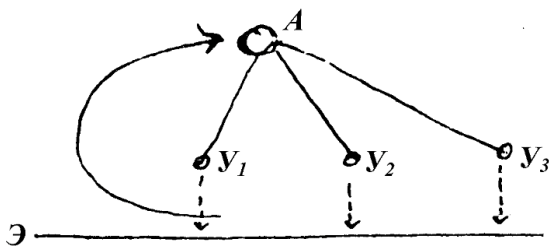
Само разнообразие предлагавшихся объяснений свидетельствует об их неубедительности. Беря за основу некую черту исторической реальности, не учитывали другие факторы. Первый триумф новой физики – в небесной механике – не давал ничего для экономики. Необходимость соединить опыт с математикой Роджер Бэкон провозгласил еще в 13-ом веке, а по сути, без философских деклараций, их соединил уже Архимед, совмещавший три профессии: математик, инженер-изобретатель и физик. Среди основателей новой науки были и католики, и протестанты. И наконец, в Китае, без капитализма, теоретики успешно сотрудничали с “технарями”, а физика не возникла.

Ответ на вопрос Нидэма должен объяснить, чем характерно время рождения новой науки, что объединяло страны, в которых она легко прижилась, и какие силы способствовали ее рождению и развитию.

Первый же взгляд на культурное пространство новой науки обнаруживает, что пространство это было христианским. Христианство, однако, возникло за 16 веков до того и успело разделиться на три непримиримые конфессии. Да и каким образом религия могла бы пробудить физику после двухтысячелетней дремы?!

Физика современная – физика фундаментальная

Прежде всего выясним суть новой физики, отличие ее от предыдущей науки. Ведь опыты и математика Галилея не выходили за пределы возможностей Архимеда, которого Галилей не зря называл “божественнейшим”. В чем Галилей вышел за эти пределы, помогает увидеть Эйнштейн, изобразивший жизнь родной науки схемой:



Здесь *аксиомы* A – основы теории – “свободные изобретения человеческого духа, не выводимые логически из эмпирических данных”. Аксиомы эти изобретает интуиция, взлетающая (дугообразной стрелой), оттолкнувшись от почвы эмпирических данных ε . Из аксиом логически выводят конкретные утверждения $У$ и приземляют их (пунктирными

стрелками), сопоставляя с данными наблюдений Э.

Аксиомы изобретают гораздо реже, чем применяют уже известные для объяснения новых явлений, но поразительные успехи современной физики обязаны именно праву изобретать новые – “нелогичные” – понятия. Это право, впервые реализованное Галилеем, предполагает веру в то, что:

Природа основана на глубинных, не очевидных, законах, которые Человек, тем не менее, способен постичь, изобретая понятия и проверяя теории, на них основанные, в опытах.

Назовем это предположение *постулатом фундаментальной науки*, поскольку оно означает веру в то, что природа – стройное мироздание, стоящее на некоем невидимом – “подземном” – фундаменте, доступном, тем не менее, познанию. Невооруженный глаз видит лишь “надземные” этажи, но чтобы понять целостный архитектурный план, физики начинают с фундамента, очам не видного. Они задают Природе вопросы в виде измерительных опытов. Измерения дают четкие ответы, позволяя подтвердить или опровергнуть математически выраженную теорию. Потому и необходим комплект из двух инструментов – опыта и математики. Но требуется и нечто большее – то, что Эйнштейн назвал “*отважнейшими измышлениями, способными связать эмпирические данные*”.

Главное, фундаментальные понятия вовсе не обязаны быть очевидными – эти “*свободные изобретения человеческого духа*” оправдываются или отвергаются в процессе по-

знания. “*Понятия нельзя вывести из опыта логически безупречным образом*”, “*не согрешишь против логики, обычно никуда и не придешь*”, – писал Эйнштейн, подразумевая логику предыдущей теории. Но, совершая первый шаг – первый взлет интуиции, другой логики физик еще и не имеет.

Плодотворность неочевидных идей в познании Вселенной обнаружил Коперник, получив убедительные следствия из абсурдной для того времени идеи о движении Земли вокруг Солнца. Успех Коперника помог Галилею изобрести метод познания, следуя которому физик волен изобретать сколь угодно неочевидные – “воображаемые” – понятия, отталкиваясь от наблюдений, если затем сумеет завершить творческий взлет интуиции надежным приземлением.

Именно таким образом Галилей открыл закон свободного падения – первый фундаментальный закон, согласно которому *в пустоте* движение *любого* тела не зависит от того, из чего оно состоит. Неочевидное и “нелогичное” понятие, которое ему понадобилось, – “пустота”, точнее – “движение в пустоте”. И понятие это он ввел вопреки величайшему тогда авторитету Аристотеля, доказавшего логически, как считалось, что пустота, то есть *ничто*, реально не существует. Галилей не воспринимал пустоту органами чувств, не проводил опытов в пустоте. Он мог лишь сопоставить эксперименты с движениями в воде и в воздухе, и это стало взлетной полосой для его изобретательного разума. Так он пришел к понятию “невидимой” пустоты, что помогло ему от-

крыть закон инерции, принцип относительности и, наконец, закон свободного падения. Тем самым он показал, как работает изобретенный им метод.

На схеме Эйнштейна проявилось ключевое отличие физики Галилея-Эйнштейна, или современной науки, от науки Архимеда – стрела изобретательной интуиции, взлетающая вверх. Все физические понятия Архимеда наглядны: форма тела, плотность вещества и плотность жидкости. И этого хватило для создания теории плавания – малыми шагами, последовательно. Подобным же образом Птолемей составил геоцентрическую теорию планетных движений. Не любую теорию, однако, можно создать, ограничиваясь лишь наглядными понятиями и малыми шагами.

Коперник совершил идейный взлет, решив исследовать, как выглядят планетные движения, если на них смотреть с “солнечной точки зрения”. А взлет Кеплера – предположение о том, что траектории планет описываются не разными комбинациями круговых циклов и эпициклов, а неким единым образом. И Коперник, и Кеплер, фактически принимая постулат фундаментальной науки, изучали по сути лишь один объект – Солнечную систему. Они опирались лишь на астрономические, “пассивные”, наблюдения, а главным их теоретическим инструментом была математика. Поэтому их можно назвать фундаментальными *астро-математиками*.

Галилей применил изобретательную свободу познания в мире явлений земных, где возможны активные систематиче-

ские опыты. Он верил в то, что оба мира – подлунный и надлунный – подвластны единым законам. Обнаружив в земных явлениях, с помощью своих опытов, фундаментальность закона инерции и принципа относительности он счел их действующими универсально во всей Вселенной и решил парадокс Коперника: почему люди не замечают огромную скорость движения Земли вокруг Солнца. А чтобы понять фундаментальность открытого им закона свободного падения, понадобился Ньютон, разглядевший в этом земном законе всеобщий закон всемирного тяготения.

Поэтому и можно назвать Галилея первым современным физиком (и астрофизиком). Можно также фундаментальную физику переднего края назвать Галилеевой, а Архимедовой назвать всю остальную физику, где к понятиям наглядно-очевидным добавляются фундаментальные понятия, уже проверенные и ставшие привычными. По примеру “пустоты” Галилея изобретались следующие фундаментальные понятия: всемирное тяготение, электромагнитное поле, кванты энергии, фотоны, пространство-время и пр.

Метод Галилея стал главным двигателем современной науки, давая новые понятия и законы природы. Начинал же Галилей с *веры* в фундаментальную закономерность природы и в способность человека к познанию.

Источник веры в фундаментальную закономерность

Размышляя о научном познании, Эйнштейн заметил: *“Невозможно построить дом или мост без использования лесов, не являющихся частью самой конструкции”*. Какие же леса помогали строителям новой науки?

Современник Галилея, Кеплер, как писал Эйнштейн, *«жил в эпоху, когда общая закономерность природы вовсе не была признанной. Как же сильно он верил в такую закономерность, если десятилетия терпеливо трудился, чтобы эмпирически исследовать планетное движение и сформулировать его математические законы!»*

Все основатели новой науки разделяли такую веру в фундаментальные законы природы и в свою способность открыть их. Вера и знание на самом деле всегда сотрудничают в науке: вера определяет начало и энергию исследования, а знание – его итог. В чем же источник такой веры?

Неожиданную подсказку обнаружил историк-марксист (и, разумеется, атеист) Э. Цильзель, исследуя происхождение выражения “закон природы”. Он обнаружил, что выражение это возникло лишь в 17-ом веке как “метафора библейского происхождения”. А до того слово “закон” имело лишь юридический и богословский смысл.

Действительно, Галилей в своих книгах о физике, говоря

по сути о законах природы, использовал слова “соотношение” или “принцип”. Слово “закон” появилось лишь в его теологических письмах, где он объяснил, что:

И Библия и Природа исходят от Бога. Библия продиктована Им и убеждает в истинах, необходимых для спасения, на языке, доступном даже людям необразованным. Природа же, никогда не нарушая законов, установленных для нее Богом, вовсе не заботится о том, доступны ли человеческому восприятию ее скрытые причины. Чтобы мы сами могли их познавать, Бог наделил нас органами чувств, разумом, языком.

Галилей тут фактически изложил постулат фундаментальной науки: *нерушимые законы управляют скрытыми причинами* в Природе, а человек *способен* их понять.

К концу 17-го века Галилеевы “законы, установленные Богом для природы”, превратились просто в “законы природы” – благодаря Декарту и Ньютону, глубоко верующим и очень авторитетным людям науки. Выражение “закон природы” вошло в общий язык верующих и неверующих, а к 20-му веку забылось и то, что оно существовало не всегда, и его библейское происхождение.

Не так важна родословная самого выражения, как роль библейского мировосприятия в мышлении основателей новой науки. Историки не сомневаются, что все основатели новой науки были верующими. Коперник имел духовное зва-

ние, Галилей и Кеплер в юности хотели стать священниками (первому не разрешил отец, второму – власти университета, в котором тот учился за казенный счет), а Ньютон о Библии написал больше, чем о физике. В своих научных исследованиях они, по выражению Кеплера, видели служение Богу. А в религии мыслили так же свободно, как и в науке, воспринимая церковные каноны столь же критично как и научные. Основателей новой науки можно объединить конфессией “Библейский Теизм”, поскольку к Библии они относились столь же серьезно, как к Природе, вырабатывая собственное понимание Библейского текста. Ньютон, например, на основании своих библейских исследований отверг догмат Троицы, а Галилей утверждал:

Когда мы узнаем нечто о природных явлениях, опираясь на опыт и надежные доказательства, это знание не следует подвергать сомнению на основе фраз из Библии, которые кажутся имеющими иной смысл. Особенно это относится к явлениям, о которых там лишь несколько слов. Ведь в Библии не упомянуты даже все планеты.

Но что же тогда в Библии могло быть столь важным для творцов современной физики – людей мощного разума, опирающихся на опыт?

Физика для верующих и неверующих

Атеисты были и в древности. Сама Библия засвидетельствовала это: «Сказал безумец в сердце своем: 'нет Бога'». Здесь слово «безумец» (в других переводах, «глупец»), конечно, отражает восприятие верующего автора и дожившую до нашего времени проблему взаимонепонимания теистов и атеистов. Но «в сердце своем» значит «в глубине души», а не просто для какого-то внешнего эффекта. Значит, уже в библейские времена были атеисты, давшие себе труд в глубине своей души обдумать вопрос о (не)бытии Божьем.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.