

Геннадий Горелик
КТО ИЗОБРЕЛ СОВРЕМЕННУЮ ФИЗИКУ?

Геннадий Горелик

КТО ИЗОБРЕЛ СОВРЕМЕННУЮ ФИЗИКУ?

От маятника Галилея
до квантовой гравитации



издательство **аст**

Москва

УДК 53(091)
ББК 22.3г
Г68

Издание осуществлено при поддержке
Фонда некоммерческих программ Дмитрия Зимина “Династия”

Художественное оформление и макет АНДРЕЯ БОНДАРЕНКО

Горелик, Геннадий

Г68 Кто изобрел современную физику? От маятника Галилея до квантовой гравитации / ГЕННАДИЙ ГОРЕЛИК. — Москва : АСТ: CORPUS, 2013. — 334 с. [2 с.]

ISBN 978-5-17-080251-7

Современная наука родилась сравнительно недавно — всего четыре века назад, в эпоху Великой научной революции. Причины этой революции и отсутствие ее европейских аналогов до сих пор не имели признанного объяснения. А радикальность произошедшего 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.

По словам академика РАН, лауреата Нобелевской премии В.Л. Гинзбурга, Геннадий Горелик “является выдающимся историком физики. Он доказал это своими статьями и книгами, последняя из которых посвящена биографии А.Д. Сахарова в контексте советско-американской истории водородной бомбы”.

УДК 53(091)
ББК 22.3г

ISBN 978-5-17-080251-7

- © Г. Горелик, 2013
- © А. Бондаренко, художественное оформление, макет, 2013
- © ООО “Издательство Астрель”, 2013
Издательство CORPUS ®



Династия

Фонд некоммерческих программ

“Династия”

основан в 2002 году

Дмитрием Борисовичем Зиминым,
почетным президентом компании “Вымпелком”.

Приоритетные направления деятельности Фонда —
развитие фундаментальной науки и образования
в России, популяризация науки и просвещение.

В рамках программы по популяризации науки

Фондом запущено несколько проектов.

В их числе — сайт elementy.ru, ставший одним
из ведущих в русскоязычном Интернете

тематических ресурсов,

а также проект “Библиотека “Династии” —
издание современных научно-популярных книг,
тщательно отобранных экспертами-учеными.

Книга, которую вы держите в руках,

выпущена в рамках этого проекта.

Более подробную информацию о Фонде “Династия”
вы найдете по адресу

www.dynastyfdn.ru.

Оглавление

Предисловие	11
Глава 1. Как Галилей изобрел современную физику?	
С Архимедом против Аристотеля	13
Как Галилей повернул ход истории	18
Первый современный физик?	24
Глава 2. Первый астрофизик во Вселенной	
Астрономические картины	28
Астрофизика, астрономия и астрология	35
Рождение экспериментальной астрофизики	41
Вера и знание	49
Скорость света — первая фундаментальная константа ..	54
Глава 3. Гравитация — первая фундаментальная сила	
С небес на землю и обратно	61
Мог ли Галилей открыть закон всемирного тяготения? .	66
Рождение теории гравитации	74
Глава 4. Загадка рождения современной физики	
Вопрос Нидэма	81
Физика современная и физика фундаментальная	84
Источник веры в фундаментальную закономерность ..	88

Постулаты и предрассудки Библейской цивилизации . . .	91
<i>Пред-рассудок</i> свободы	96
Глава 5. Первая и единая теория поля	
Атомы, физика и этика	101
Вглубь микромира и во всю ширь Вселенной	107
Что было в самом начале?	111
“Великий фундаментальный закон прогресса”?	116
Электричество, магнетизм и электромагнетизм	121
От силовых линий Фарадея до поля Максвелла	124
Глобальное электромагнитное объединение	130
Глава 6. Начало квантовой эпохи	
Профессор, не желавший делать открытия	136
Фото-эффектная роль h	141
Атом, который понял Бор	143
Драма квантовых идей	148
Новая вероятность	152
Глава 7. Пространство-время Эйнштейна	
Что = Где + Когда	156
Принцип относительности и поиск абсолютного	163
Теория относительности или закон всемирного тяготения?	167
Гравитация — геометрия пространства-времени	174
Как приходит мирская слава	181
Глава 8. Открытие Вселенной	
Новый физический объект — Вселенная	186
Александр Фридман: “Вселенная не стоит на месте”	191
Закон красного смещения	199
Жорж Леметр, астрофизик в сутане	203
Расширяется Вселенная или стареют фотоны?	209
Три фундаментальные константы c , G , и h	212
Звуки физики Джаз-банда	216

Глава 9. Как не состоялась ch-революция и родилась cGh-проблема	
Квантовая гравитация во Вселенной 1916 года	223
В ожидании ch -революции	227
Альфа, бета, Гамов и “Новый кризис теории квант” . .	230
ch -контрреволюция	237
Матвей Бронштейн и проблема cGh -теории	244
Критерии правильной теории и квантовые границы гравитации	248
Галилей, 1937	251
Глава 10. Физики в Горячей Вселенной	
“Работа в области теории взрыва”	259
Георгий Гамов — прадед водородной бомбы	264
Незаконное рождение Горячей Вселенной	268
Подарок судьбы Андрея Сахарова	270
Симметрии асимметричной Вселенной	274
Три условия для ранней Вселенной	280
Гравитация как упругость вакуума	286
“Мировая наука и мировая политика” в 1967 году . .	290
Теоретик-изобретатель	294
Послесловие. Три вопроса о прошлом и будущем	
13,7?	300
“...Квантовая гравитация физически бессмысленна”? . .	306
Кризис фундаментальной физики?	310
Исторический источник оптимизма	316
<i>Благодарности</i>	323
<i>Хронология важнейших событий, упомянутых в книге</i> . .	324
<i>Основные источники</i>	329

Предисловие

Обитатели интернета — а это уже около трети 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 праматери пережить всех не ее потомков и образовать наш вид — Хомо Сапиенс, то бишь Человек разумный. Одним из преимуществ нашей праматери был, вероятно, 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 прошедшего 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, почувствуем 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 шестнадцатом 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



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

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.

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 погрузился 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 разно-

образии 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 здравым 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 навел 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 столько 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, которыми 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.

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” —



Портрет Галилео Галилея.
Художник Оттавио Леони, 1624 г.

это “ничто”, а ничто и не заслуживает никаких обсуждений). 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. 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 впрямую 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 движение. 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 ускорение — 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 вверх 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 — Сагредо — 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, ко-

тору 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 шестнадцатом веке — ситуация была совершенно 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 полвека. 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 более проникательные умы, чтобы проникнуть в более удаленные области обширной и превосходной науки”, и что “таким образом познание может охватить все области природных явлений”.