

MARY GRIBBIN
AND JOHN GRIBBIN

SCIENCE
A HISTORY
in 100
EXPERIMENTS



WILLIAM
COLLINS



СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	10	26. ВОДОРОД ПОМОГАЕТ ВЗЛЕТЕТЬ	79
1. ВЫТАЛКИВАЮЩАЯ СИЛА ВОДЫ	17	27. СВЕТ — ЭТО ВОЛНА	81
2. ИЗМЕРЕНИЕ ДИАМЕТРА ЗЕМЛИ	19	28. ОТКРЫВАЯ АТОМЫ	86
3. ГЛАЗ КАК КАМЕРА-ОБСКУРА	21	29. ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ НАУКИ	89
4. РАССЕЧЕНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ТЕЛА	23	30. У ИСТОКОВ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ХИМИИ	91
5. ИЗМЕРЕНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ	26	31. РАЗМЫШЛЕНИЯ О СИЛЕ ОГНЯ	94
6. ИЗМЕРЕНИЕ ИНЕРЦИИ	28	32. СЛУЧАЙНОЕ БЛУЖДЕНИЕ	96
7. КРОВООБРАЩЕНИЕ	30	33. МАГНЕТИЗМ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА	99
8. ВЗВЕШИВАНИЕ АТМОСФЕРЫ	32	34. СМЕРТЬ ВИТАЛИЗМА	102
9. СОПРОТИВЛЯЯСЬ СЖАТИЮ	34	35. КАК ДЕЛАТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО	104
10. ОТКРЫВАЯ МИКРОМИР	36	36. С БОЛЬШИМ ПОДЪЕМОМ	106
11. ВСЕ ЦВЕТА РАДУГИ	39	37. ТЕПЛО КРОВИ	108
12. СКОРОСТЬ СВЕТА КОНЕЧНА	42	38. ТРУБАЧИ В ПОЕЗДЕ	110
13. МОРСКОЙ ВИТАМИН	44	39. СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ЛЬДА	112
14. ПРОВОДНИК ДЛЯ МОЛНИИ	46	40. ПОГЛОЩЕНИЕ ЛУЧИСТОЙ ТЕПЛОТЫ	115
15. ТЕПЛОТА ЛЬДА	49	41. «ЛЕВИАФАН ИЗ ПАРСОНСТАУНА»	117
16. НА ВСЕХ ПАРАХ	51	42. АНЕСТЕЗИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ	120
17. ДЫХАНИЕ РАСТЕНИЙ И ЧИСТЫЙ ВОЗДУХ	54	43. ОТ СВЕТА ОГНЯ К СВЕТУ ЗВЕЗД	123
18. ПОЗНАВАЯ СОЛНЕЧНУЮ СИСТЕМУ	57	44. ЛУЧШЕ ПРОФИЛАКТИКА, ЧЕМ ЛЕЧЕНИЕ	126
19. ЖИВОТНАЯ ТЕПЛОТА, И НИКАКОЙ ЖИВОТНОЙ МАГИИ	60	45. ТОЧНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ СВЕТА	128
20. ПОДЕРГИВАНИЕ ЛЯГУШЕК И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТОЛБЫ	63	46. СМЕРТЬ БАКТЕРИЯМ!	132
21. ВЗВЕШИВАНИЕ ЗЕМЛИ	66	47. РАСЦВЕТ ЭВОЛЮЦИОННОЙ ТЕОРИИ	135
22. ПУШКИ И ТЕПЛОТА	68	48. БЕНЗОЛ И ТАНЕЦ ЗМЕЙ	138
23. ПЕРВАЯ ВАКЦИНА	70	49. МОНАХ И ГОРОХ	141
24. КАК ОЩУТИТЬ НЕВИДИМЫЙ СВЕТ	73	50. НИЧТО И ЕГО ВАЖНАЯ РОЛЬ	143
25. КОСМИЧЕСКИЕ ОБЛОМКИ	76	51. ПОЧУВСТВОВАТЬ СЖАТИЕ	145
		52. СКОРОСТЬ СВЕТА ПОСТОЯННА	148

53. ИСКРА ЖИЗНИ ДЛЯ РАДИО	150	79. ОТКРЫТИЕ РОЛИ ДНК	224
54. БЛАГОРОДНЫЕ ГАЗЫ И БЛАГОРОДНЫЙ ЛОРД	152	80. ПРЫГАЮЩИЕ ГЕНЫ	226
55. РОЖДЕНИЕ БИОХИМИИ	156	81. АЛЬФА-СПИРАЛЬ	229
56. НА СЦЕНЕ ПОЯВЛЯЮТСЯ РЕНТГЕНОВСКИЕ ЛУЧИ	158	82. БЛЕНДЕР ДЛЯ ДНК	231
57. НА СЦЕНУ ВЫХОДИТ ЭЛЕКТРОН	161	83. ДВОЙНАЯ СПИРАЛЬ	236
58. ОБНАРУЖЕНИЕ РАДИОАКТИВНОСТИ	163	84. ИЗГОТОВЛЕНИЕ МОЛЕКУЛ ЖИЗНИ	239
59. ВЫШИБАНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ СВЕТОМ	165	85. МАЗЕРЫ И ЛАЗЕРЫ	242
60. ПАВЛОВСКИЙ РЕФЛЕКС	167	86. МАГНИТНЫЕ ПОЛОСЫ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ ОКЕАНСКОГО ДНА	245
61. ПУТЕШЕСТВИЕ К ЦЕНТРУ ЗЕМЛИ	170	87. ОБНАРУЖЕНИЕ ЧАСТИЦЫ- ПРИЗРАКА	248
62. ВНУТРИ АТОМА	172	88. ЖИЗНЕННО НЕОБХОДИМЫЙ ВИТАМИН	251
63. ЛИНЕЙКА ДЛЯ ВСЕЛЕННОЙ	175	89. ПЛАНЕТА, КОТОРАЯ ДЫШИТ	254
64. ОТКРЫТИЕ НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ	178	90. ЭХО БОЛЬШОГО ВЗРЫВА	257
65. ЭВОЛЮЦИЯ В ДЕЙСТВИИ	180	91. ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ И ЧАСЫ	260
66. ПРОНИКАЯ В ПРИРОДУ КРИСТАЛЛОВ	184	92. ПУСКАЯ ВОЛНЫ ПО ВСЕЛЕННОЙ	262
67. СВЕТ ИЗ ТЬМЫ	187	93. КАМЕРТОН ДЛЯ ЛЕДНИКОВЫХ ПЕРИОДОВ	266
68. ЭЛЕКТРОННЫЕ ВОЛНЫ И КВАНТОВЫЙ ДУАЛИЗМ	189	94. МИР НЕЛОКАЛЕН	270
69. О ШЕРШАВОМ И ГЛАДКОМ	192	95. ГЛАВНЫЙ КВАНТОВЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ	274
70. РЕВОЛЮЦИЯ АНТИБИОТИКОВ	196	96. УСКОРЯЮЩАЯСЯ ВСЕЛЕННАЯ	276
71. РАСЩЕПЛЕНИЕ АТОМА	199	97. КАРТА ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ГЕНОМА	278
72. КАК СДЕЛАТЬ ВИТАМИН С	202	98. ПЯТЬЮ ТРИ — ПЯТНАДЦАТЬ	282
73. ИЗУЧЕНИЕ БЕЛКОВ	204	99. КАК СДЕЛАТЬ ВЕЩЕСТВО ТЯЖЕЛЕЕ	284
74. ИСКУССТВЕННАЯ РАДИОАКТИВНОСТЬ	207	100. ИЗ ЧЕГО СОСТОИТ ВСЕЛЕННАЯ	289
75. КОТ В МЕШКЕ	212	ЭКСПЕРИМЕНТ 101	292
76. РАСПАД ТЯЖЕЛЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	214	ПРИМЕЧАНИЯ И БИБЛИОГРАФИЯ	295
77. ПЕРВЫЙ ЯДЕРНЫЙ РЕАКТОР	217	БЛАГОДАРНОСТИ	297
78. ПЕРВЫЙ ПРОГРАММИРУЕМЫЙ КОМПЬЮТЕР	220		





Один из двух детекторов гравитационных волн LIGO [Laser Interferometer Gravitational-Wave Detector Observatory — комплекс детекторов гравитационных волн с лазерным интерферометром]. В ходе работы комплекса сравниваются результаты измерений, проводимых на двух системах детектирования — в Хэнфолде (штат Вашингтон) и Ливингстоне (штат Луизиана). Эти участки разделяет 3000 км. Каждый объект представляет собой L-образную структуру, внутри которой — сверхвысокий вакуум. Длина каждой стороны — 4 км. Лазерные интерферометры применяются для поиска небольших физических изменений, вызванных гравитационными волнами. LIGO действует с 2002 года, а его более совершенная модификация aLIGO — с 2015 года. 11 февраля 2016 года специалисты объявили, что LIGO обнаружил гравитационные волны. Сигнал поймали 14 сентября 2015 года: он возник в результате столкновения двух черных дыр. Аэрофото системы детектирования, расположенной в Ливингстоне

ВВЕДЕНИЕ

Наука без экспериментов — ничто. Нобелевский лауреат физик Ричард Фейнман однажды заметил: «Новые законы природы мы обычно ищем так. Вначале выдвигаем догадку о том или ином законе. Потом рассчитываем последствия: что было бы, если бы наша догадка оказалась верна и такой закон действительно существовал. Затем сопоставляем результат наших вычислений с реальным положением дел в природе, с экспериментальными данными или с тем, что нам уже известно о мире из опыта, и напрямую сравниваем наши выкладки с наблюдениями, чтобы понять, работают ли они. Если они не согласуются с экспериментальными данными, значит, они ошибочны. И неважно, сколь красива выдвинутая догадка, неважно, сколь умен выдвигающий, кто он такой, как его зовут: *если догадка расходится с экспериментом, она неверна*» [1].

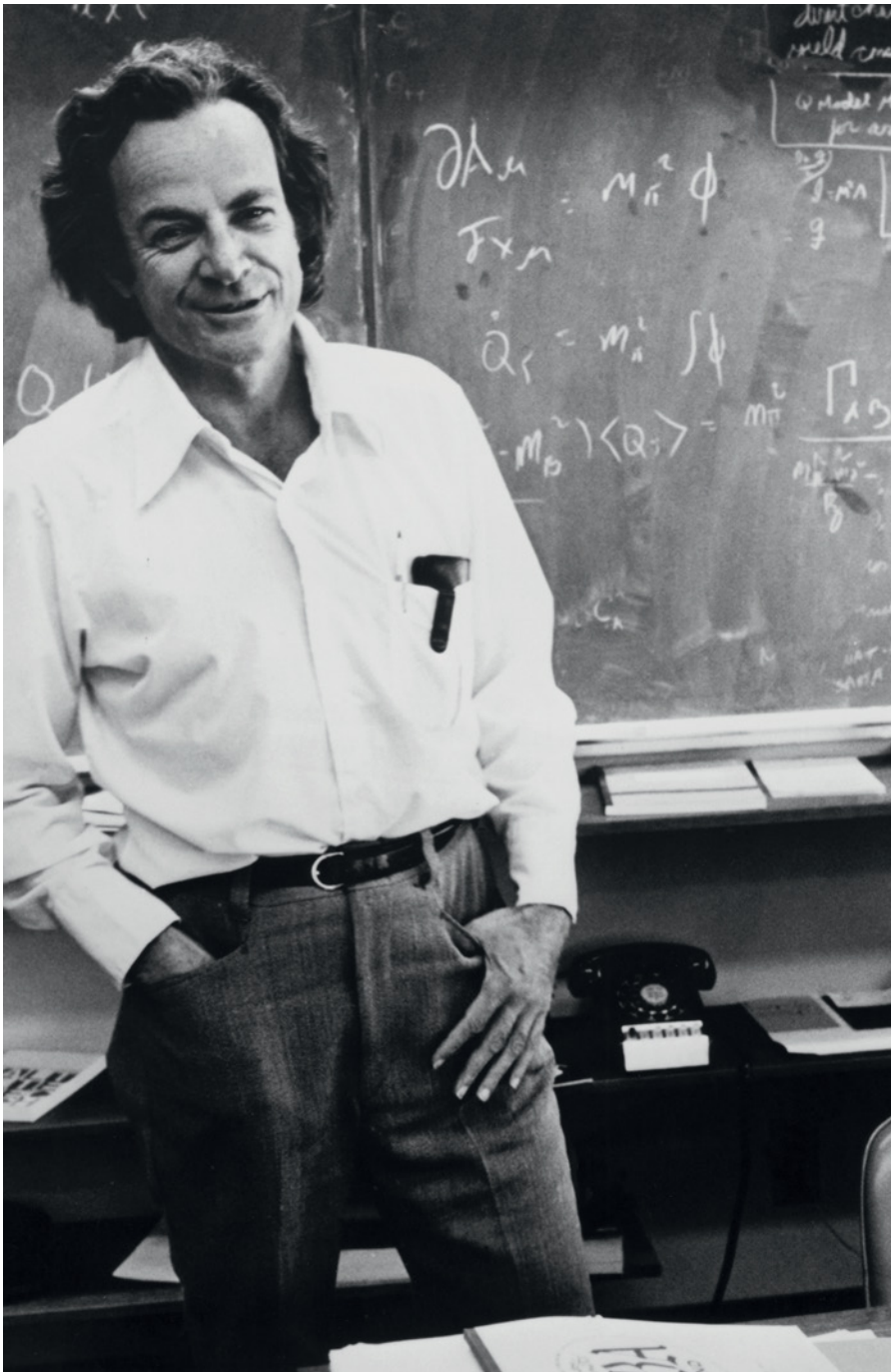
Утверждение «То, что расходится с экспериментом, неверно» — вероятно, самое простое изложение сути науки. Случается, что некоторые недоумевают, почему сама по себе наука возникла далеко не сразу. В конце концов древние греки были не глупее нас, и кое-кто из них обладал и любопытством, и досугом, позволявшим вволю философствовать о природе мира. Однако за немногими исключениями только этим они и занимались — философствованием. Нет-нет, мы не собираемся принижать философию, у нее свое почтенное место в списке достижений человечества. Но философия — не наука. Так, эти философы обсуждали, одновременно ли достигнут земли тяжелый и легкий предметы, в одно и то же время сброшенные с одной и той же высоты, или, быть может, более тяжелый предмет будет падать быстрее. Одна-

ко эти мыслители не проверяли свои идеи, сбрасывая предметы разной массы с высокой башни: этот эксперимент проведут лишь в XVII веке (хотя сделает это, вопреки распространенным представлениям, не Галилей, см. с. 28). Да, только на рубеже XVI—XVII веков английский врач и ученый* Уильям Гильберт (см. с. 26) впервые четко изложил сущность научного метода, позже столь сжато выраженную Фейнманом. В 1600 году, во время написания книги «De magnete», Гильберт заявлял, что его работа (касающаяся магнетизма) представляет собой «новую разновидность философствования», и добавлял: «Если кто-либо находит уместным не разделять выраженные здесь мнения и не принимать иные из моих парадоксов, пусть они

* Сам термин «ученый» (*scientist*) возник много позже, но для удобства мы все-таки будем его использовать, говоря обо всех мыслителях и естествоиспытателях («натурфилософах») былых веков.

Уильям Гильберт (1544–1603), английский врач и физик. В 1600 году опубликовал свой труд «De magnete» («О магнетизме»), пионерское исследование магнетизма, содержащее первое описание научного метода и оказавшее огромное влияние на Галилея





Американский физик
Ричард Фейнман
(1918–1988)

все же отметят великое множество разнообразных экспериментов и открытий... которые мы проделали и которые мы продемонстрировали им, причем это стоило нам немалых трудов, а также бессонных ночей и великих денежных затрат. Возрадуйтесь этим опытам и, если сумеете, обратите их на более достойные цели... Возможно, многое в наших рассуждениях и гипотезах окажется весьма нелегко принять, ибо это расходится с общепринятым



**Микроскоп Роберта Гука
(ручной работы)**

мнением; но я нисколько не сомневаюсь, что по прошествии времени им придадут больше убедительности сами же опыты» [2].

Иными словами, *если это расходится с экспериментом, значит, это неверно*. Упоминание «великих денежных затрат» тоже вполне актуально: похоже, в наши дни научный прогресс зачастую требует создания дорогостоящих инструментов, которые способствуют изучению вещества на уровне мельчайших его частиц (взять хотя бы Большой адронный коллайдер в ЦЕРНе) или — как автоматические орбитальные обсерватории — помогают понять, что случилось во время Большого взрыва, породившего нашу Вселенную. Здесь ясно видна еще одна ключевая особенность науки, возникшая сравнительно недавно: она потребовала (и требует до сих пор) техники и технологии. Собственно, между наукой и технологией существует своего рода симбиоз (или, если хотите, синергетическое взаимодействие): они постоянно

подпитывают друг друга. Примерно в то же время, когда Гильберт писал свой труд, линзы, созданные для очков, адаптировали для телескопов и с их помощью стали изучать, в частности, небеса. Это побудило разрабатывать все более и более совершенные линзы, что, в свою очередь, помогло и людям с плохим зрением.

А вот более яркий пример — уже из XIX века. Паровые машины поначалу разрабатывали в основном методом проб и ошибок. Само существование паровых двигателей вдохновило ученых на исследование происходящего внутри этих устройств: зачастую это делалось просто из любопытства, а не с сознательным намерением сконструировать более удачное устройство на паровой тяге. Так родилась термодинамика, а ее развитие позволило создавать более эффективные паровые машины: такая связь теории с практикой естественна и неизбежна.

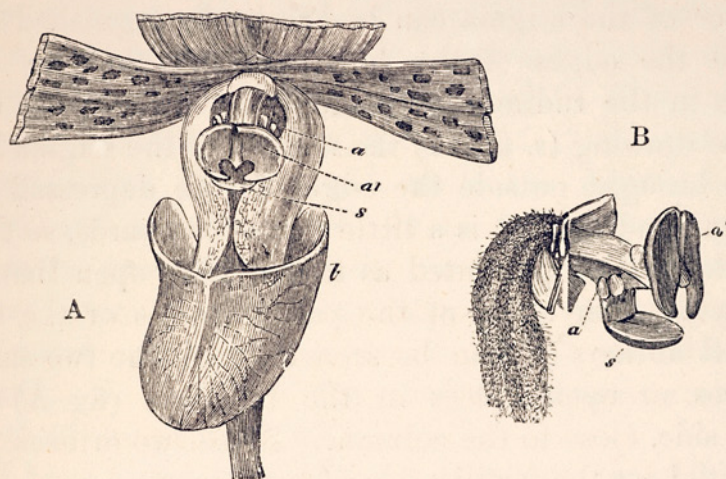
Однако наиболее поразительный пример того, какую важную роль играет технология для развития науки, гораздо менее очевиден. Многие очень удивляются, узнав, что без эффективного вакуумного насоса (за прошедшие эпохи он принимал немало обличий) было бы невозможно изучать «катодные лучи» в вакуумированных стеклянных трубках (в XIX веке) или обнаружить, что эти «лучи» на самом деле представляют собой потоки частиц (электронов), вырвавшихся из атома, который долго считали единым и неделимым целым. Если же говорить о самой что ни на есть современности, то следует отметить, что трубы ускорителей Большого адронного коллайдера представляют собой самую огромную вакуумную систему в мире, причем вакуум в ней даже лучше вакуума «пустого» космического пространства. Без вакуумных насосов мы не смогли бы узнать о существовании бозона Хиггса (см. с. 284). Да и вообще без них мы столько не узнали бы

о субатомном мире и не сумели бы даже предположить, что такая частица может существовать.

Но мы *знаем*, что атомы и даже субатомные частицы существуют, и это знание носит гораздо более фундаментальный характер, чем предвидения древнегреческих философов, умозрительно рассуждавших о подобных вещах, поскольку мы способны (и, что столь же важно, хотим и готовы) ставить опыты для проверки наших идей. Догадки, о которых говорил Фейнман, наука именует гипотезами. Ученые смотрят на окружающий мир и строят гипо-



Fig. 35.



CYPRIPEDIUM.

Иллюстрация Чарльза Дарвина из его книги «Опыление орхидей»: *Cypripedium* (*Paphiopedilum*, венерин башмачок). Вверху — фотография одного из первых сортов сэндфордских орхидей

тезы о том, что в нем происходит. К примеру, они выстраивают такую гипотезу: тяжелый и легкий предметы, брошенные с высоты в один и тот же момент, достигнут земли в разное время. Затем исследователи начинают сбрасывать предметы с высокой башни и обнаруживают, что их гипотеза неверна. Есть и альтернативная гипотеза: тяжелые и легкие предметы падают с одной и той же скоростью. Эксперимент подтверждает ее справедливость, после чего гипотеза повышается в чине: теперь она считается теорией. Теория — это гипотеза, успешно прошедшая экспериментальную проверку. Зная человеческую натуру, можно не удивляться, что этот процесс далеко не всегда проходит гладко. Сторонники пошатнувшейся гипотезы порой отчаянно пытаются найти способ как-то ее подтвердить и объяснить происходящее, не принимая доводов эксперимента. Но в долгосрочной перспективе правда всегда выплывает наружу, а ложь умирает — хотя бы потому, что ученые, цепляющиеся за такие гипотезы, смертны.

Те, кто не принадлежит к числу ученых, часто путают гипотезу и теорию — во многом из-за того, что многие ученые сами повинны в слишком небрежном использовании этих терминов в обыденных разговорах. Если в повседневном обиходе говорится о том, что «у меня есть теория» чего-нибудь (к примеру, почему одни любят соленую намазку «Мармит», а другие нет), на самом деле это просто догадка (гипотеза): в науке слово «теория» имеет иное значение. Критики дарвиновской теории, ничего не понимающие в науке, часто пренебрежительно говорят, что «это всего лишь теория», подразумевая: «Моя догадка не хуже, чем у него». Но дарвиновская теория естественного отбора выросла на основе наблюдаемого факта эволюции, и она объясняет, как идет эволюция. Что бы там ни думали такие критики, это больше, чем просто гипотеза (догадка), поскольку ее проверяли экспериментально и она эту проверку выдержала. Дарвиновская теория эволюции путем естественного отбора — «всего лишь» теория в том же смысле, в каком и ньютоновская теория всемирного тяготения — «всего лишь» теория. Ньютон исходил из наблюдаемых фактов, то есть полученных опытным путем или путем наблюдений сведений о том, как объекты падают и как объекты вращаются вокруг Земли и Солнца, и уже на этой основе выдвинул идею о том, как действует гравитация (та самая, которая описывается в выведенном им законе тяготения, где она обратно пропорциональна квадрату расстояния). Это подтвердили эксперименты (и наблюдения, которые мы в этой книге тоже будем относить к категории экспериментов).

История с гравитацией — еще один пример того, как работает наука. Теория Ньютона поначалу успешно прошла все экспериментальные проверки, но с усовершенствованием техники наблюдений обнаружилось, что она не в состоянии объяснить некоторые особенности орбиты Меркурия, ближайшей к Солнцу планеты, движущейся в области высокой гравитации, то есть сильного гравитационного поля. В XX веке Альберт Эйнштейн выдвинул идею,

которая стала основой его общей теории относительности, объяснявшей все, что объясняла Ньютонова теория, но еще и орбитальное движение Меркурия, а кроме того, верно предсказавшей искривление света при его прохождении близ Солнца (см. с. 187). Теория Эйнштейна до сих пор остается лучшей из гравитационных теорий, которые имеются в нашем распоряжении, в том смысле, что она наиболее полная. Но это не значит, что теорию Ньютона нужно отвергнуть. Она по-прежнему идеально работает в своих пределах — например, описывая, как объекты движутся под действием гравитации в не самых экстремальных условиях (в рамках так называемого «приближения слабого поля»). Она отлично подходит для расчета параметров вращения Земли вокруг Солнца или траектории космического зонда, который отправили на свидание с кометой.

Вопреки представлениям, которые иногда внушают школьникам и студентам, наука не всегда развивается путем революций — если не считать нескольких очень редких случаев. Нет, это здание строится по кирпичику, на основе того, что уже было сделано раньше. Эйнштейнова теория достраивает ньютоновскую, но не вытесняет ее. Идея о том, что атомы — твердые шарики, отскакивающие друг от друга, замечательно работает, если вы хотите рассчитать давление газа в сосуде, но ее приходится модифицировать, если вы хотите рассчитать перескоки электронов в атоме, порождающие цветные полосы светового спектра. Никакой эксперимент никогда не сможет доказать, что теории Эйнштейна или Дарвина «ошибочны» в том смысле, что от них нужно отказаться или начать выстраивать их заново. Однако эксперименты могут показать, что эти теории неполны — точно так же, как удалось показать неполноту теории Ньютона. Новые теории гравитации или эволюции, превосходящие своих предшественниц, должны будут объяснять и то, что объясняют уже существующие теории, и многое другое.

И так считаем не только мы. В своей книге «Квантовая теория» Поль Дирак (пожалуй, величайший гений среди пионеров квантовой науки) пишет: «Оглядываясь на развитие физики, можно увидеть, что она являет собой постепенное развитие, состоящее из многих маленьких шажков, — при некотором количестве больших скачков. Эти большие скачки обычно состоят в преодолении того или иного предрассудка... А затем физик должен заменить этот предрассудок чем-то более точным, чем-то таким, что приводит к формированию совершенно нового взгляда на природу» [3].

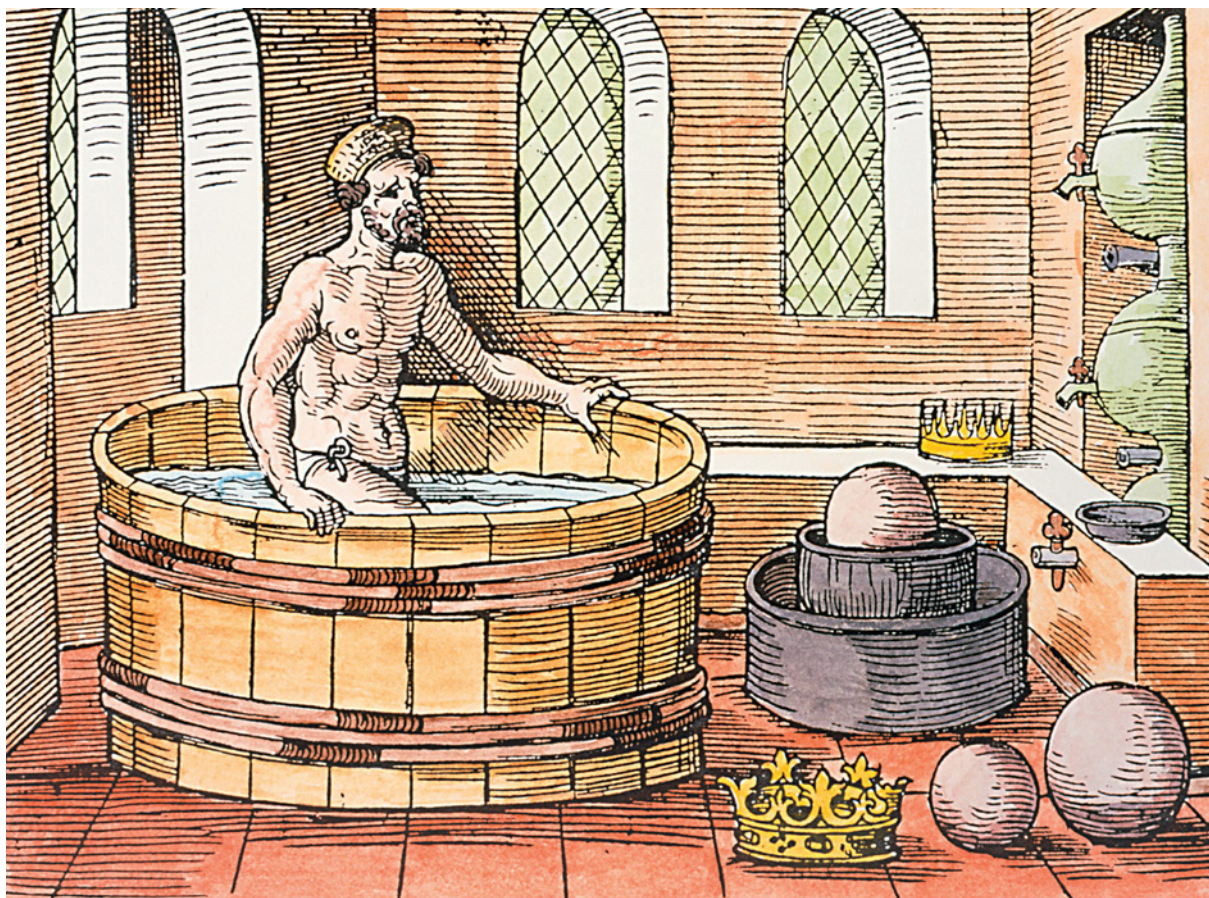
Все это должно быть ясно из подборки экспериментов, которую мы составили, чтобы показать историю роста науки, — начиная с некоторых редкостных опытов давних времен (все-таки и до XVII века проводились кое-какие исследования, не сводившиеся к абстрактным умствованиям) и заканчивая современными открытиями, касающимися того, из чего же по большей части состоит Вселенная. Наш выбор поневоле субъективен. К тому же он ограничен тем, что нам пришлось отобрать ровно 100 экспериментов: есть масса других опытов, которые мы могли бы включить

в книгу. Однако при подборе материала для книги обнаружилось довольно очевидное свойство, которое не имеет отношения к субъективному выбору, а является собой еще один пример того, как работает наука. Некоторые представленные здесь эксперименты идут как бы косяком: на протяжении небольшого отрезка времени в одной и той же области науки проводится несколько значимых опытов (например, в области атомной/квантовой физики). Когда ученые «преодолевают предрассудок», происходит прорыв. Он приводит к появлению новых идей (Фейнман назвал бы их догадками, но в данном случае разница принципиальна: это догадки, основанные на новой информации, «информированные» догадки) и новых экспериментов, следующих друг за другом буквально по пятам, едва лопнет очередной шов, сдерживавший развитие науки.

Проблема для неспециалиста состоит в том, что информация, на основании которой делаются такие догадки, сама по себе базируется на всем корпусе существующих научных знаний — на чередующихся экспериментах, уходящей в прошлое на столетия. В основе работ по созданию вакуума в Большом адронном коллайдере — труды Эванджелисты Торричелли, который занимался своими изысканиями еще в XVII веке (см. с. 32). Но Торричелли не мог бы и представить себе существование бозона Хиггса, не говоря уж о каких-то опытах, призванных обнаружить эту частицу. Первые шаги на этом пути зачастую сравнительно легко понять даже неученому — во многом благодаря успехам науки на протяжении всех этих лет. Нам теперь кажется очевидным, что предметы различной массы будут падать с одной и той же скоростью, точно так же как древним казалось очевидным, что скорость их падения будет разной. Но когда речь заходит о бозоне Хиггса или о составе Вселенной, справедливость тех или иных представлений может показаться далеко не очевидной — если только у вас нет диплома (а еще лучше — ученой степени или двух) в области физики. На каком-то уровне новые идеи приходится принимать на веру. Однако залог этого доверия — то, что все в научном мировоззрении основано на эксперименте. Под термином «эксперимент» мы подразумеваем и наблюдение явлений, предсказанных теориями и гипотезами, например то же искривление света, проходящего поблизости от Солнца (см. с. 187). Если некоторые идеи, описанные здесь, покажутся вам явно противоречащими здравому смыслу, вспомните слова Гильберта: некоторые идеи трудно принять, ибо они «расходятся с общепринятым мнением»; однако «по прошествии времени им придадут больше убедительности опыты». *Но помните — если идея расходится с экспериментом, значит, она неверна!*

Древнегреческий математик и физик Архимед (287–212 годы до н. э.) в ванне. Архимед показал, что на тело, погруженное в жидкость, действует выталкивающая сила, равная весу вытесненной телом жидкости (закон Архимеда)

Один из первых — и самых знаменитых — научных экспериментов провел Архимед, живший в III веке до н. э. О биографии Архимеда известно мало. По-видимому, он был родственником сиракузского тирана Гиерона II (Сиракузы расположены на острове Сицилия) и после многих странствий стал его придворным астрономом и математиком. Согласно легенде, некий ювелир изготовил для правителя новую корону (вероятно, в форме лаврового венка) из слитка золота. Гиерон намеревался отправить ее в один из храмов — как приношение богам. Но царь заподозрил, что ювелир украл часть золота, заменив его серебром (металлом более дешевым), чтобы корона весила столько же, сколько исходный золотой слиток. Дело было очень серьезным — ведь, возможно, ювелир не только обманул властителя, но и нанес обиду богам, устроив так, чтобы им принесли в дар более дешевую вещь. И вот Гиерон поручил Архимеду выяснить, сделана ли корона из чистого золота. При этом, разумеется, ее не разрешалось повреждать. Несколько дней Архимед мучительно размышлял, как выполнить столь слож-



ное задание царя. Но как-то раз, залезая в наполненную до краев ванну, он заметил, как выплескивается вода, замещаемая его телом. Этот сюжет дошел до нас в повествовании древнеримского архитектора Витрувия: он изложил его в книге, написанной через два столетия после смерти Архимеда. Мы не знаем, откуда Витрувий ее взял, но именно благодаря ему в истории науки появилась эта очаровательная картинка: Архимед, понявший, как ему проверить корону, в возбуждении выбегает на улицу голый и мокрый, радостно крича: «Эврика!» («Нашел!»).

Архимед осознал, что объем воды, вытесненной из ванны, равен объему его тела, погруженного в воду. У серебра плотность меньше, чем у золота. А значит, если корона сделана из сплава серебра с золотом, она должна быть больше, чем изделие из чистого золота, чтобы масса оставалась одной и той же. А объем короны он мог вычислить, не повреждая ее, а просто погрузив в воду и определив, сколько жидкости вытеснилось.

Никто, конечно, точно не знает, каким образом Архимед провел свой опыт. Наиболее вероятный метод основан на одном наблюдении, которое он изложил в своей книге «О плавающих телах». В ней Архимед объяснял, что выталкивающая сила (сила плавучести), то есть сила, действующая снизу вверх на объект, помещенный в воду (или любую другую жидкость), равна весу вытесненной жидкости. Это и называют законом Архимеда. Разумеется, вес вытесненной воды пропорционален ее объему.

Очевидный способ использовать этот принцип для проверки чистоты короны (Архимед наверняка к нему и пришел): сбалансировать корону и слиток чистого золота того же веса над емкостью с водой. Затем балансир-коромысло, к которому привешены эти два груза, двигают вниз, чтобы и корона, и образец чистого золота погрузились в воду, но сам балансир должен оставаться над водой. Если оба предмета сделаны из чистого золота, они будут вытеснять одинаковый объем (а значит, и вес) воды, на них будет действовать одна и та же выталкивающая сила, и балансир останется в равновесии. Но если плотность короны меньше, чем у слитка золота, у нее будет больший объем, она будет вытеснять больше жидкости и обладать большей плавучестью, чем чистое золото, так что коромысло таких весов сильнее наклонится там, где висит золото. Изящество эксперимента в том, что вам даже не надо измерять объем короны или объем воды, который она вытесняет: нужно лишь посмотреть, будет ли коромысло наклонено.

По-видимому, это и произошло. Архимед проделал такой же (или очень похожий) опыт и обнаружил, что ювелир и в самом деле обманул тирана. Примерно через пять столетий после Витрувия историю пересказали в латинской поэме «Carmen de ponderibus et mensuris» («Песнь о мерах и весах»), где описывается применение такого вот гидростатического коромысла, а в манускрипте XII века под названием «Mappa clavícula» (зд. «Ключ к тайнам ремесел») даются подробные инструкции насчет того,

как проводить взвешивание этим методом, дабы рассчитать долю серебра в такой короне, изготовленной жутьническим путем.

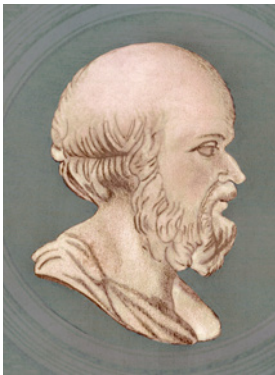
Закон Архимеда объясняет и то, почему плавает корабль, сделанный из стали. Сплошной кусок стали вытесняет сравнительно небольшой объем воды (гораздо меньше его собственного веса) и тонет. Но если такое же количество стали образует полый корпус корабля или даже просто лодки (вроде рыбацкого коракла*), вытесняется больший объем воды, он весит больше, чем эта сталь, а значит, создается достаточная выталкивающая сила для того, чтобы такое транспортное средство плавало.

Первую попытку научным образом определить диаметр Земли предпринял в III веке до н. э. древнегреческий ученый Эратосфен Киренский, хранитель Александрийской библиотеки, славившийся познаниями во многих науках. Он был современником и другом Архимеда. В своем эксперименте Эратосфен использовал результаты собственных наблюдений, сделанных в Александрии, и данные, полученные в городе Сиене (ныне это Асуан), хотя сам он там никогда не бывал.

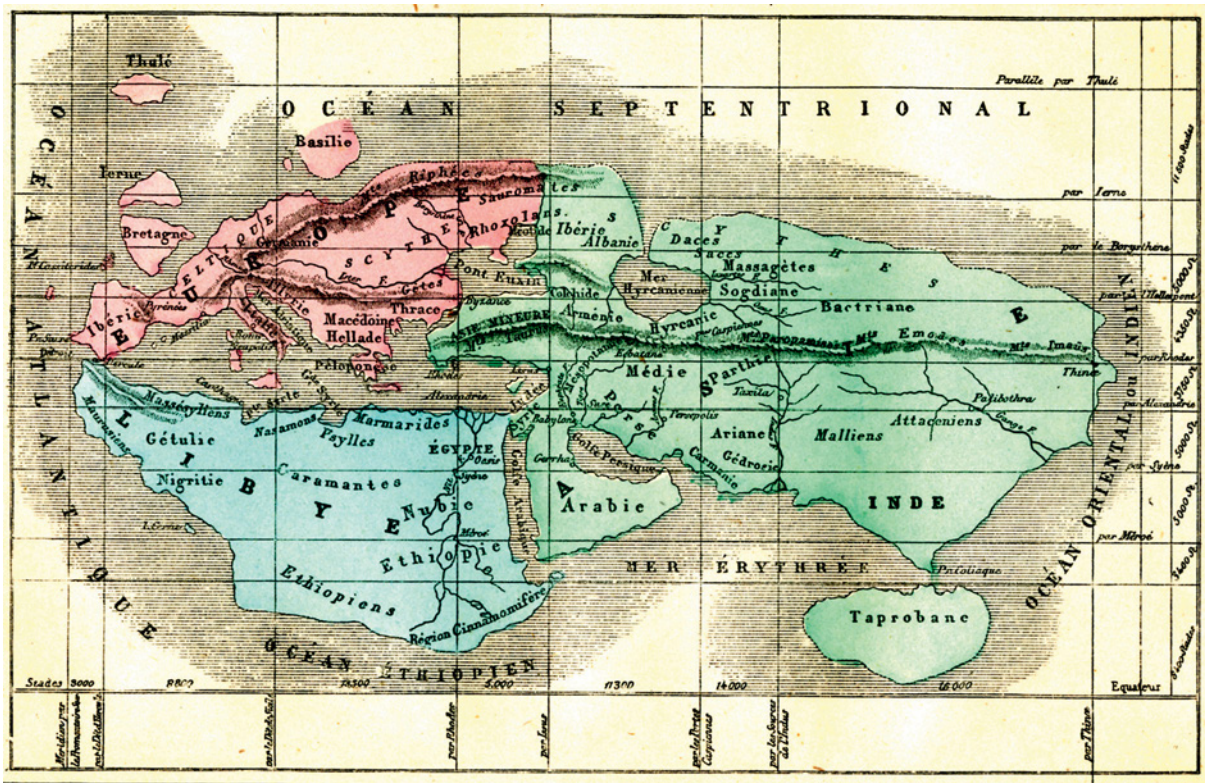
Эратосфен выяснил, что каждый раз в день летнего солнцестояния, когда Солнце поднимается в небе выше, чем в остальные дни года, в Сиене (южнее Александрии) светило наше оказывается прямо над головой. Путешественники рассказывали, что в Сиене в этот день отражение Солнца можно увидеть на дне глубокого колодца. Но в Александрии даже в летнее солнцестояние Солнце никогда не бывает прямо над головой. И Эратосфен решил, что причина этого в том, что Земля имеет круглую форму. Он провел тщательные измерения того угла, на который Солнце отстоит от вертикали во время летнего солнцестояния, и выяснил, что его величина — одна пятидесятая часть окружности, то есть $7^{\circ}12''$. На основании простых геометрических выкладок мудрый грек заключил: расстояние между Александрией и Сиеной составляет одну пятидесятую длины окружности Земли — если предполагать, что Сиена лежит строго на юг от Александрии (на самом деле это не совсем так).

Даже во времена Эратосфена люди хорошо знали расстояние между Сиеной и Александрией (в современных единицах измерения это около 800 км). Египетские документы оценивали его в 5000 стадиев. Эратосфен проверил эту величину, расспрашивая погонщиков верблюдов, за какое время они добирались из Сиены до Александрии (в некоторых источниках утверждается, что он нанял специального человека, чтобы тот пешком прошел от одного

Эратосфен (ок. 276–194 до н. э.)



* Коракл — рыбацья лодка, сплетенная из ивняка и обтянутая кожей или брезентом (широко использовалась в Ирландии и Уэльсе). — *Здесь и далее прим. перев.*



«Мир Эратосфена»: копия (1886) карты мира, составленной древнегреческим географом, математиком и астрономом Эратосфеном

города до другого, считая количество шагов, но это, возможно, легенда). Отсюда он получил величину 694 стадиев на градус, которую округлил до 700. Умножение на 360 дало длину окружности Земли — 252 000 стадиев (собственно, он мог просто умножить 5000 на 50, чтобы получить «ответ», равный 250 000, но он, скорее всего, предпочел более сложный путь).

Сколько же это в современных нам единицах? К сожалению (для нас), у греков и египтян стадий несколько отличался. Вероятно, Эратосфен, будучи греком, использовал греческую систему, в которой 1 стадий равен 185 м. А значит, рассчитанная им окружность Земли составила 46 620 км — всего на 16,3% больше реальной величины. Если же (правда, это маловероятно) он предпочитал египетский стадий, равный 157,5 м, он получил бы 39 690 км — всего на 2% меньше, чем реальная длина окружности Земли (40 008 км). Но в любом случае достижение поражает.

И это отнюдь не единственное впечатляющее достижение Эратосфена. На основании сведений, найденных в книгах Александрийской библиотеки, он составил трехтомный труд под названием «Geographika» с картами и описаниями всего известного в его времена мира. Для того чтобы точно указывать, где находится то или иное место, он использовал сетки пересекающихся линий, похожих на теперешние линии широты и долготы. Кроме того, он придумал многие термины, которыми до сих пор пользуются картографы. В «Geographika» было названо более 400 городов

и показано, где они расположены. К сожалению, сама книга ныне утрачена, но некоторые ее части удалось восстановить благодаря ссылкам на нее, которые содержатся в других трудах. Оценка размеров Земли была описана Эратосфеном во втором томе его фундаментального труда. По словам Птолемея, Эратосфен измерил наклон земной оси (это связано и с измерением длины окружности планеты) весьма точно — получив значение $11/83$ от 180° , то есть $23^\circ 51' 15''$ (это и в самом деле очень хороший результат). А еще Эратосфен составил календарь, где учитывались високосные годы, и пытался установить хронологию литературных и политических событий начиная с осады Трои.

Эратосфен брался за многие отрасли знания и даже получил прозвище «Бета», поскольку (если верить его современникам) в каждой сфере он был пусть и не первым, но вторым. В математике этот многосторонний ученый отметился изобретением способа поиска простых чисел — «сита Эратосфена». Чтобы применить сей несложный метод, нужно составить список (или таблицу) всех чисел, среди которых вы хотите провести поиск простых (скажем, от 1 до 1000). Затем следует вычеркнуть из списка всё, что делится на 2, то есть на первое простое число (вычеркиваем 4, 6, 8 и т. п., но не саму двойку), и убедиться, что самое маленькое из следующих невычеркнутых чисел — простое (если оно не простое, значит, вы допустили ошибку). Если оно простое, вычеркивайте из списка все числа, которые на него делятся (но не само это число). И так далее. Когда вы доберетесь до конца списка, невычеркнутые числа как раз и составят набор простых чисел. В общем, недаром древнегреческий географ Страбон (ок. 64 до н. э. — ок. 24 н. э.) называл Эратосфена лучшим математиком среди географов и лучшим географом среди математиков.

В эпоху между закатом античной цивилизации и европейским Возрождением, в столетия, названные историками Темными веками, научное знание сохранялось и пополнялось не в Европе, а в арабском мире. Греческие тексты переводили на арабский, а позже — с арабского на латынь: благодаря этому они и стали позже известны европейцам. Но арабы не только хранили античные знания, но и проводили собственные научные исследования. Величайшим ученым Средневековья, арабским Ньютоном, называют Абу Али аль-Хасана ибн аль-Хайсама. В средневековой Европе его называли Альхазеном. Чем он только ни занимался! И математикой, и физикой, и механикой, и астрономией. В 1572 году, спустя пять веков после смерти Альхазена, его труд «Opticae thesaurus» («Оптический тезаурус») опубликовали в Европе на латыни. Он оказал большое влияние на «натурфилософов», положивших начало научной революции в Европе.