Леонард Млодинов

# Прямоходящие мыслители

## Путь человека от обитания на деревьях до постижения мироустройства

*Млодинову удается рассказывать о науке и понятно, и увлекательно.*

***Стивен Хокинг***

LIVE BOOK

## Annotation

Два фактора – прямохождение и зарождение мышления – когда-то стали мощным толчком для эволюции нашего вида. Посудите сами: всего пару миллионов лет назад мы жевали коренья и только учились ходить прямо, а теперь управляем самолетами, шлем мгновенные сообщения и исследуем воду на Марсе.

Леонард Млодинов – с его великолепным чувством юмора и даром объяснять сложные вещи простым языком – приглашает читателей всех возрастов в увлекательное путешествие по истории нашей цивилизации.

---

- Леонард Млодинов
  - 
  - Благодарности
  - Часть I
    - Глава 1
    - Глава 2
    - Глава 3
    - Глава 4
    - Глава 5
  - Часть II
    - Глава 6
    - Глава 7
    - Глава 8
    - Глава 9
  - Часть III
    - Глава 10
    - Глава 11
    - Глава 12
  - Эпилог
  - Список иллюстраций
- notes
  - 1
  - 2
  - 3
  - 4
  - 5

- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30
- 31
- 32
- 33
- 34
- 35
- 36
- 37
- 38
- 39
- 40
- 41
- 42
- 43
- 44

- 45
- 46
- 47
- 48
- 49
- 50
- 51
- 52
- 53
- 54
- 55
- 56
- 57
- 58
- 59
- 60
- 61
- 62
- 63
- 64
- 65
- 66
- 67
- 68
- 69
- 70
- 71
- 72
- 73
- 74
- 75
- 76
- 77
- 78
- 79
- 80
- 81
- 82
- 83

- 84
- 85
- 86
- 87
- 88
- 89
- 90
- 91
- 92
- 93
- 94
- 95
- 96
- 97
- 98
- 99
- 100
- 101
- 102
- 103
- 104
- 105
- 106
- 107
- 108
- 109
- 110
- 111
- 112
- 113
- 114
- 115
- 116
- 117
- 118
- 119
- 120
- 121
- 122

- 123
- 124
- 125
- 126
- 127
- 128
- 129
- 130
- 131
- 132
- 133
- 134
- 135
- 136
- 137
- 138
- 139
- 140
- 141
- 142
- 143
- 144
- 145
- 146
- 147
- 148
- 149
- 150
- 151
- 152
- 153
- 154
- 155
- 156
- 157
- 158
- 159
- 160
- 161

- 162
- 163
- 164
- 165
- 166
- 167
- 168
- 169
- 170
- 171
- 172
- 173
- 174
- 175
- 176
- 177
- 178
- 179
- 180
- 181
- 182
- 183
- 184
- 185
- 186
- 187
- 188
- 189
- 190
- 191
- 192
- 193
- 194
- 195
- 196
- 197
- 198
- 199
- 200

- 201
- 202
- 203
- 204
- 205
- 206
- 207
- 208
- 209
- 210
- 211
- 212
- 213
- 214
- 215
- 216
- 217
- 218
- 219
- 220
- 221
- 222
- 223
- 224
- 225
- 226
- 227
- 228
- 229
- 230
- 231
- 232
- 233
- 234
- 235
- 236
- 237
- 238
- 239

- 240
- 241
- 242
- 243
- 244
- 245
- 246
- 247
- 248
- 249
- 250
- 251
- 252
- 253
- 254
- 255
- 256
- 257
- 258
- 259
- 260
- 261
- 262
- 263
- 264
- 265
- 266
- 267
- 268
- 269
- 270
- 271
- 272
- 273
- 274
- 275
- 276
- 277
- 278

- 279
- 280
- 281
- 282
- 283
- 284
- 285
- 286
- 287
- 288
- 289
- 290
- 291
- 292
- 293
- 294
- 295
- 296
- 297
- 298
- 299
- 300
- 301
- 302
- 303
- 304
- 305
- 306
- 307
- 308
- 309
- 310
- 311
- 312
- 313
- 314
- 315
- 316
- 317

- 318
- 319
- 320
- 321
- 322
- 323
- 324
- 325
- 326
- 327
- 328
- 329
- 330
- 331
- 332
- 333
- 334
- 335
- 336
- 337
- 338
- 339
- 340
- 341
- 342
- 343
- 344
- 345
- 346
- 347
- 348
- 349
- 350
- 351
- 352
- 353
- 354
- 355
- 356

- 357
- 358
- 359
- 360
- 361
- 362
- 363
- 364
- 365
- 366
- 367
- 368
- 369
- 370
- 371
- 372
- 373
- 374
- 375
- 376
- 377
- 378
- 379
- 380
- 381
- 382
- 383
- 384
- 385
- 386
- 387
- 388
- 389
- 390
- 391
- 392
- 393
- 394
- 395

- 396
- 397
- 398
- 399
- 400
- 401
- 402
- 403
- 404
- 405
- 406
- 407
- 408
- 409
- 410
- 411
- 412
- 413
- 414
- 415
- 416
- 417
- 418
- 419


---

# Леонард Млодинов
# Прямоходящие мыслители. Путь человека от обитания на деревьях до постижения мироустройства

*Саймону Млодинову*

Leonard Mlodinow

The Upright Thinkers
*The Human Journey from Living in Trees to Understanding the Cosmos*

*Перевод с английского Шаши Мартыновой Оформление серии Владимира Камаева*

*Издательство Livebook сердечно благодарит Александра Евгеньевича Баранчикова за бесценные советы и рекомендации по тексту перевода этой книги.*

*The Upright Thinkers – Copyright © Leonard Mlodinow*
*This edition published by arrangement with Writers House LLC and Synopsis Literary Agency*

# Благодарности

За долгие годы записи своих соображений мне посчастливилось познакомиться с научной мыслью многих моих друзей – ученых из различных областей науки и ее истории, а также тех, кто читал фрагменты многочисленных черновиков рукописи и предлагал конструктивную критику. Я особенно благодарен Ралфу Адолфзу, Тодду Брану, Джеду Бэкуолду, Питеру Грэму, Синтии Хэррингтон, Стивену Хокингу, Марку Хиллери, Мишель Джэффи, Тому Лайону, Стэнли Оропезе, Алексею Млодинову, Николаю Млодинову, Оливии Млодинов, Сэнди Перлисс, Маркусу Пёсселю, Бет Рэшбом, Рэнди Рогелу, Фреду Роузу, Пилар Райен, Эрхарду Зайлеру, Майклу Шермеру и Синтии Тейлор. Я также в долгу перед моим агентом и другом Сьюзен Гинзбёрг – за ее руководство в составлении книги и во всех аспектах ее издания, и, что не менее важно, за обильные вином ужины, во время которых это руководство и осуществлялось. Неимоверно помог мне еще один человек – мой терпеливый редактор Эдвард Кастенмайер, сопровождавший работу над книгой ценными критическими замечаниями и предложениями, на протяжении всей эволюции этого текста. Благодарю я и Дэна Фрэнка, Эмили Джильерано и Энни Никол из издательства «Пенгуин Рэндом Хаус» и Стэйси Тесту из «Райтерз Хаус» – за помощь и совет. И, наконец, громадное спасибо еще одному моему круглосуточному редактору по вызову – моей жене Донне Скотт. Она неустанно читала черновик за черновиком, каждый абзац текста, и предлагала глубокие и ценные соображения и замечания – вдобавок к мощной поддержке, коя тоже частенько сопровождалась вином, однако (почти) никогда – раздражением. Эта книга зрела в моем сознании с тех самых пор, когда я еще ребенком начал беседовать о науке со своим отцом. Разговоры эти всегда были ему интересны, и он делился со мной своей житейской мудростью. Хотелось бы думать, что, доживи он до этой книги, она показалась бы ему ценной.

# Часть I
# Прямоходящие мыслители

*Самый красивый и глубокий опыт человек может получить от ощущения таинства. Такова основа и религии, и любого серьезного свершения в искусстве и науке. Тот, кто не испытал этого, кажется мне если не мертвецом, то, по крайней мере, – слепцом.*

*Альберт Эйнштейн, «Мое кредо», 1932 г.*

# Глава 1
# Наше стремление знать

Как-то раз отец рассказал мне про одного своего знакомого по концлагерю Бухенвальд, истощенного узника с математическим образованием. О людях можно судить, исходя из того, о чем они сразу думают, когда слышат «пи». Для «математика» это отношение длины окружности к ее диаметру. Спроси я отца с его семью классами образования, он бы сказал, что это телефонный гудок. Однажды, несмотря на разделявшую их пропасть, узник-математик предложил отцу математическую загадку. Отец ломал над ней голову несколько дней, однако решить не смог. Вновь наткнувшись на того заключенного, он спросил его, какова же отгадка. Ответа не получил – математик сказал, что отец должен найти решение сам. Немного погодя отец еще раз обратился к нему, но заключенный держался за отгадку, будто за золотой самородок. Отец попытался пренебречь своим любопытством, но не сумел. Кругом зловоние и смерть, а он сделался совершенно одержим этой загадкой. В конце концов узник-математик предложил отцу сделку: он выдаст ему ответ в обмен на корку хлеба. Не знаю, сколько тогда весил отец, но при освобождении лагеря американцами в нем было восемьдесят пять фунтов[1]. Тем не менее, отцова потребность завладеть отгадкой оказалась настолько сильна, что он расстался с хлебом.

Отец рассказал эту историю, когда мне было под двадцать, и она произвела на меня сильное впечатление. Семья отца сгинула, имущество конфисковали, тело морили голодом, изматывали и били. Нацисты отняли у него все осязаемое, но в нем уцелело стремление думать и рассуждать. Он оказался в заточении, но ум его был на воле – и волей этой пользовался. Я тогда осознал, что поиск знания присущ человеку больше любых других устремлений, и что мою страсть понимать мир питают те же инстинкты, что и у отца – хоть и в совершенно других обстоятельствах.

Пока я – в колледже и далее – изучал науку, отец расспрашивал меня не столько о подробностях изучаемого, сколько о глубинном значении его: откуда взялись те или иные воззрения, почему они кажутся мне красивыми и что говорят о нас, людях. Эта книга, написанная много десятилетий спустя, – моя попытка наконец ответить на те вопросы.

* * *

Несколько миллионов лет назад мы, люди, выпрямились во весь рост, наши мышцы и скелеты изменились так, чтобы мы могли в этой позе перемещаться – что, в свою очередь, освободило нам руки, – и мы принялись трогать окружающие предметы и манипулировать ими; расширилось и наше поле обзора, и мы смогли разглядывать все вокруг на большем расстоянии. Однако вместе с возвышением нашего положения в пространстве возвысилось и наше положение над другими животными, что позволило нам исследовать мир не только посредством зрения, но и мысленно. Мы не только прямоходящие – мы еще и мыслители.

Достоинство рода человеческого – в нашем стремлении знать, а наша видовая уникальность отражена в достигнутых тысячелетними усилиями успехах в разгадке таинства – таинства природы. Древний человек, дай ему микроволновку, чтобы разогреть мясо зубра, мог бы подумать, будто армия трудолюбивых богов, каждый размером с горошину, разводит в печи под пищей крошечный костер, а потом по волшебству исчезает, стоит открыть дверцу. Но истина и в самом деле волшебна: за всё в нашей Вселенной – от работы этой самой микроволновки до естественных чудес мира вокруг – отвечает несколько простых и нерушимых абстрактных законов.

По мере развития нашего понимания природного мира мы перешли от восприятия приливов как явлений, управляемых некой богиней, к пониманию, что это сила притяжения луны; мы бросили думать, что звезды – это боги в небесах, и осознали, что эти небесные тела – ядерные горнила, излучающие фотоны. Ныне мы понимаем, как устроено изнутри наше Солнце, расположенное в миллионах миль от нас, и устройство атома, что в миллиарды раз меньше нас самих. Мы разобрались и в этих, и в других природных явлениях, и это – чудо. Но не только. Это еще и захватывающее сказание – прямо-таки былинное.

Какое-то время назад я целый сезон проработал в команде телесериала «Звездный путь. Следующее поколение»[2]. На первом сценарном собрании за столом собрались все сценаристы и продюсеры, и я изложил замысел серии, который воодушевлял меня самого, потому что он основывался на подлинной астрофизике солнечного ветра. Все взоры сосредоточились на мне, новеньком, физике, а я увлеченно объяснял подробности и их научную подоплеку. На все про все у меня ушла минута, я закончил и с большой гордостью и удовлетворением глянул на своего начальника – насупленного немолодого продюсера, когда-то работавшего в полиции Нью-Йорка в

отделе расследования убийств. Он коротко обратил ко мне до странности непроницаемое лицо и с немалым нажимом сказал: «А ну заткнись, умник хренов!»

Преодолев смущение, я осознал, что он в самом деле немногословно сообщил мне: меня наняли за способности рассказчика, а не для того, чтобы я тут вечерний класс по физике звезд вел. Я хорошо усвоил урок и с тех пор во всем, что пишу, его учитываю. (Еще один его памятный совет: почуешь, что тебя собираются увольнять, – отключи обогрев бассейна.)

Наука, попав не в те руки, может быть, как это хорошо известно, скучной. А вот история нашего знания и того, как мы его обрели, не скучна совсем. Она невероятно захватывающа. Она полна открытий, не менее завораживающих, чем серия «Звездного пути» или наш первый полет на Луну, в ней полно персонажей столь же пылких и находчивых, как те, каких мы знаем в искусстве, музыке и литературе, искателей, чье неутолимое любопытство привело наш биологический вид от его зарождения в африканской саванне к обществу, в котором мы теперь живем.

Как им это удалось? Как, поначалу едва умея ходить прямо и питаясь орехами, ягодами и кореньями, какие удавалось собрать голыми руками, мы научились водить самолеты, слать молниеносные сообщения в любую точку глобуса и создавать в громадных лабораториях условия, в каких существовала юная Вселенная? Эту историю я и хочу поведать, ибо знать ее – значит, понимать свое человеческое прошлое.

* * *

Избитая это фраза – «мир нынче плоский». Однако, хоть расстояния и различия между странами фактически уменьшаются, различия между сегодняшним и завтрашним – растут. Во времена возникновения первых городов, то есть примерно шесть тысяч лет назад, на дальние расстояния быстрее всего было перемещаться на верблюдах, со скоростью несколько миль в час. Где-то тысячу-две лет назад изобрели колесницу[3], и скорость возросла примерно до двадцати миль в час. Лишь в XIX веке паровой двигатель позволил странствовать быстрее, к концу столетия – со скоростью аж до ста миль в час. Чтобы перейти от бега со скоростью десять миль в час к ста милям в час, человечеству потребовалось два миллиона лет, однако ускориться вдесятеро – до тысячи миль в час на самолете – мы смогли за пятьдесят лет. А к 1980-м люди освоили скорость в семнадцать тысяч миль в час – на космических челноках.

Эволюция технологии в других областях являет схожее ускорение. Возьмем средства связи. Вплоть до XIX века информационное агентство «Рейтер» передавало биржевые сообщения из города в город с помощью почтовых голубей[4]. Затем, к середине XIX века, получил широкое распространение телеграф, а в XX веке – телефон. Однако проводная телефония отвоевала 75 % потенциального рынка за восемьдесят один год, наземным телефонным линиям это удалось за двадцать восемь лет, а смартфону – за тринадцать. В последние годы сначала электронная почта, а потом СМС-связь почти вытеснили телефонные разговоры как средство общения, а сам телефон все больше применяется не для звонков, а как карманный компьютер.

«Современный мир, – сказал экономист Кеннет Боулдинг, – столь же отличен от того, в котором я родился, сколь отличается он от мира времен Юлия Цезаря»[5]. Боулдинг родился в 1910-м, умер в 1993-м. Перемены, произошедшие у него на глазах, – и многие другие, случившиеся позднее, – плоды науки и порожденной ею техники. Эти перемены – гораздо бо́льшая часть человеческой жизни, чем когда-либо прежде, и наши успехи и на работе, и в обществе все более определяются нашей способностью принимать и осваивать новшества. Ибо в наши дни даже тем, кто не работает в области науки или техники, приходится прикладывать усилия и модернизироваться, чтобы выдерживать конкуренцию. И потому природа первооткрывательства – тема, важная для всех.

Чтобы разобраться, где именно мы сейчас находимся, и обрести надежду на понимание того, куда направляемся, необходимо знать, откуда мы пришли. Величайшие победы в интеллектуальной истории человечества – письмо и математика, натурфилософия, различные науки – обычно представляют отдельно друг от друга, словно между ними нет никакой связи. Но такой подход означает сосредоточение на деревьях, а не на лесе. По самой его сути в нем не учтено единство человеческого знания. Развитие современной науки, к примеру, частенько воспеваемое как труд «отдельных гениев» вроде Галилея или Ньютона, не происходило в общественном или культурном вакууме. Коренится оно в подходе к знанию, предложенному древними греками: это развитие происходит от главных вопросов, поставленных религией, всегда – вместе с новыми взглядами на искусство, окрашено уроками алхимии и было бы невозможно без развития общества, начиная с мощного становления величайших европейских университетов и заканчивая бытовыми изобретениями вроде почтовой системы, связавшей друг с другом соседние города и страны. Греческое

просвещение, в свою очередь, возникло из поразительных интеллектуальных прозрений и изобретений Месопотамии и Египта.

Вот почему рассказ о том, как человечество научилось понимать мироздание, не состоит из отдельных сценок – из-за взаимных переплетений и влияний. Это связное повествование – как в лучших романах, единое целое, чьи части разнообразно взаимосвязаны, и начинается оно с возникновения самого человечества. Обзор этой одиссеи открытий я и излагаю далее.

Наша экскурсия начинается с развития человеческого ума до его современного вида и включает в себя важнейшие эпохи и поворотные точки, в которых этот ум обретал новые мировоззрения. Попутно я опишу некоторых поразительных персонажей, чьи исключительные личные качества и способы мышления сыграли важную роль в возникновении нового.

Как и многие другие, это сказание – драма в трех частях. Первая охватывает миллионы лет, очерчивает эволюцию человеческого мозга и его склонности задаваться вопросом «Почему?» Эти «почему» подтолкнули нас к первым духовным исследованиям и привели в итоге к развитию письма и математики, а также к понятию «закон» – обязательному инструменту науки. Вообще говоря, эти наши «почему» породили и философию – осознание, что материальный мир устроен по законам подобия и логики, которые, в принципе, подвластны пониманию.

На следующем этапе нашего странствия мы узнаем, как родились всамделишные науки. Это сказ о революционерах, владевших даром видеть мир по-другому, и о терпении, выдержке, таланте и отваге, какие потребовались им, чтобы годами или даже десятилетиями развивать свои идеи. Пионеры науки – Галилей, Ньютон, Лавуазье, Дарвин – сражались с привычным образом мышления своего времени долго и трудно, и потому их истории неизбежно – баллады о личной борьбе, в которой ставки порой равны самой жизни.

И наконец, как и во многих хороших историях, в нашей возникает неожиданный поворот сюжета, стоит героям найти причину думать, что странствие того и гляди завершится. Не успело человечество уверовать, будто постигло все законы природы, как, по странному сюжетному ходу, Эйнштейн [Айнштайн][6], Бор, Гейзенберг [Хайзенберг] и другие мыслители обнаружили незримую область сущего, применительно к которой выработанные законы оказалось потребно переписать. «Иной» мир с его иномирными законами имеет масштабы настолько малые, что его нельзя наблюдать впрямую, – это микрокосм атома, управляемый законами

квантовой физики. Именно из-за этих законов и происходят стремительные и всё ускоряющиеся перемены, которые мы переживаем в современном обществе, поскольку понимание кванта позволило нам разработать компьютеры, мобильные телефоны, телевизоры, лазеры и интернет, визуализации медицинских исследований, генетические карты и в целом – огромную часть новой техники, революционизировавшей современную жизнь.

Первая часть книги охватывает миллионы лет, вторая – сотни, а третья – всего лишь десятки, что отражает экспоненциальное ускорение в накоплении человеческого знания, а также и то, что вылазки наши в этот странный новый мир начались совсем недавно.

* * *

Одиссея открытий длится уже много эпох, но мотивы нашего похода за пониманием мира неизменны, поскольку происходят из нашей же человеческой природы. Один из таких мотивов известен всякому, кто работает в области нововведений и открытий: трудно воспринимать мир или идею, отличные от мира и идей, нами уже постигнутых.

В 1950-х годах Айзек Азимов, один из величайших и наиболее изобретательных фантастов в истории, написал трилогию «Основание» – цикл романов, действие которых происходит в далеком будущем. В этих книгах мужчины ежедневно отправляются на работу, а женщины сидят дома. Прошло всего несколько десятилетий, и такое видение будущего уже ушло в прошлое. Я заговорил об этом потому, что вот она, иллюстрация почти универсального ограничения человеческой мысли: наше творчество стиснуто рамками привычного мышления, произрастающего из убеждений, которые мы не в силах отринуть или же никогда не подвергали сомнению.

Допускаешь перемены – будь готов жить с их последствиями, а это непросто; эта тема также будет не раз возникать в нашей истории. Нас, людей, перемены иногда ошеломляют. Они многого требуют от наших умов, вытаскивают нас за пределы обжитого, ломают наши мыслительные привычки. Перемены порождают путаницу и растерянность. Они вынуждают нас давать отставку старым способам мышления, и отставка эта – не наш выбор, а нечто, нам навязанное. Более того, перемены, происходящие из-за прогресса науки, опровергают системы верований, от которых зависит громадное множество людей – а также, возможно, их профессиональный успех и быт. В результате новые научные

представления частенько наталкиваются на сопротивление, гнев и осмеяние.

Наука – душа сегодняшней техники, корень современной цивилизации. На ней зиждутся многие политические, религиозные и нравственные установки наших дней, а соображения, служащие фундаментом науки, все стремительнее преображают общество. Как верно то, что наука играет ключевую роль в формировании общего устройства человеческого мышления, верно и то, что особенности человеческой мысли играли ключевую роль в формировании наших научных теорий. Ибо наука, как отмечал Эйнштейн, «субъективна и психологически обусловленна, как любая другая область человеческой деятельности»[7].

Эта книга – попытка описать развитие науки именно в таком духе – как и интеллектуальное, и культурно обусловленное предприятие, порождающее идеи, которые лучше всего постигать изучением сформировавших их личных, психологических, исторических и общественных обстоятельств. Такой взгляд на науку проливает свет не только на само это начинание, но и на природу творчества и первооткрывательства, да и в целом на суть человечности.

# Глава 2
# Любопытство

Чтобы разобраться в истоках науки, нам нужно вглядеться в истоки самого человечества. Мы, люди, единственные, кто располагает и способностью, и желанием понимать себя и свой мир. Это величайший дар, благодаря которому мы обособлены от других животных, и поэтому же мы изучаем мышей и морских свинок, а не они нас. Стремление знать, размышлять и творить, проявляемое на протяжении тысячелетий, обеспечило нас методами выживать и создавать для себя самих уникальную экологическую нишу. Применяя в первую очередь силу интеллекта, а не мышц, мы в большей мере придали форму нашей среде обитания, нежели позволили ей придать форму нам – или, тем более, нас одолеть. За миллионы лет мощь и творческая способность наших умов преодолела препятствия, испытывавшие нашу силу и проворство наших тел.

Когда мой сын Николай был мальчишкой, он держал в домашних питомцах мелких ящериц – в Южной Калифорнии их можно ловить вручную. Мы заметили: стоило нам приблизиться к этим зверькам, они сначала замирали, а потом, когда мы тянулись к ним, улепетывали. Наконец мы поняли: если взять большую коробку, ею можно накрыть ящерицу сверху прежде, чем та бросится наутек, после чего подсунуть кусок картона под коробку и тем осуществить поимку. Лично я, когда иду по темной пустынной улице и замечаю кого-нибудь подозрительного, не замираю на месте – я тут же перехожу на другую сторону. Так что можно сказать уверенно: встреть я двух пристально глядящих на меня исполинских хищников с громадной коробкой, я бы предположил худшее и тут же удрал. Ящерицы же создавшееся положение не обдумывают. Они действуют, повинуясь исключительно инстинкту. Несомненно, этот инстинкт миллионы лет служил им верой и правдой, пока не появился Николай с коробкой – тут-то инстинкт ящерицу и подвел.

Мы, люди – может, и не вершина физического творения, однако способны дополнять инстинкты разумом и, что самое важное для наших целей, задаваться вопросами о своем окружении. Таковы начальные требования к научной мысли – и главные характеристики нашего биологического вида. Тут-то и начинается наше приключение: со становления человеческого мозга с его уникальными дарованиями.

Мы называем себя «гуманоидами», однако слово это описывает не

только нас, *Homo sapiens sapiens*, но и весь род *Homo*. Этот род включает в себя другие виды – *Homo habilis* (Человек умелый) и *Homo erectus* (Человек прямоходящий), хотя эти наши родственники давно сгинули. В соревновании на первенство под названием «эволюция» все остальные виды людей оказались негодными. Лишь мы, благодаря силе ума, (пока) способны преодолевать препятствия в выживании.

*Представление художника о Protungulatum*

Не так давно человек, занимавший пост президента Ирана, говорят, сказал, что евреи произошли от мартышек и свиней. Как же греет душу, когда фундаменталист какой-либо религии признает эволюцию, и поэтому я не спешу его критиковать, но вообще-то евреи – равно как и все остальные люди – произошли не от мартышек и свиней, а от крупных обезьян и крыс или, по крайней мере, от крысоподобных существ[8]. Именуемая в научной литературе *Protungulatum donnae*, наша прапрапра-и-так-далее-бабушка, предок всех родственных нам приматов и всех нам подобных млекопитающих, похоже, была симпатичной зверюшкой с пушистым хвостом и весила не больше полуфунта.

Ученые считают, что эти крошечные существа принялись сновать в

своей среде обитания примерно шестьдесят шесть миллионов лет назад – вскоре после того, как в Землю врезался астероид шести миль в поперечнике. Это катастрофическое столкновение выбросило в атмосферу достаточно обломков, чтобы затмить свет солнца на довольно протяженное время – и спровоцировало накопление достаточного объема парниковых газов, чтобы, когда пыль осела, температура взлетела будь здоров. Двойной удар – тьма, а следом жара – уничтожил примерно 75 % всех растительных и животных видов, но нам он принес удачу – создал экологическую нишу, в которой могут выживать и даже процветать живородящие животные, и их при этом не съедают прожорливые динозавры и другие хищники. В последующие десятки миллионов лет возникали и исчезали все новые и новые биологические виды, но одна ветвь фамильного древа *Protungulatum* развилась в наших предков – крупных обезьян и мартышек, после чего продолжила ветвиться и произвела на свет наших ближайших ныне живущих родственников – шимпанзе, бонобо (шимпанзе-пигмеев) и, наконец, вас, читатель этой книги, и ваших собратьев-людей.

Ныне большинство людей вполне устраивает, что у их бабушки был хвост и она ела насекомых. Меня самого это не просто устраивает – я восхищен и заворожен нашими предками, историей нашего выживания и культурной эволюции. Думаю, то, что наши древние прародители были крысами и обезьянами, – один из великолепнейших фактов природы: на нашей изумительной планете, если прибавить к крысе шестьдесят шесть миллионов лет, получатся ученые, которые изучат крысу и тем самым постигнут свое собственное происхождение. А по ходу дела мы еще и развили культуру, историографию, религию и науку и заменили гнездовья из веток, в которых обитали наши предки, на сверкающие небоскребы из бетона и стекла.

Скорость этого интеллектуального развития стремительно возрастает. Природе на создание «обезьяны», от которой произошли все люди, потребовалось около шестидесяти миллионов лет, на остаток нашей физической эволюции ушло всего несколько миллионов лет, а наша культурная эволюция состоялась всего за десять тысяч. Говоря словами психолога Джулиана Джейнса [Джейнза], кажется, что «вся жизнь развивалась до определенной точки, а затем внутри нас повернулась под нужным углом и попросту рванула в разные стороны»[9].

Мозг животных поначалу развивался по простейшей из причин – чтобы лучше обеспечивать движение. Способность двигаться в поисках пищи и укрытия и спасаться от врагов у животных, разумеется, – одна из определяющих черт. Оглядываясь на первые шаги эволюционного пути к

животным вроде нематод, червей и моллюсков, мы обнаружим, что самые ранние предшественники мозга обеспечивали управление движением, возбуждая мышцы в нужном порядке. Но толку в движении без возможности воспринимать окружающую среду немного, и потому простейшие животные худо-бедно чуяли, что находится вокруг них: клетки, реагировавшие на определенные химические вещества, например, или на кванты света, отправляли электрические импульсы нервам, которые контролировали движения. Ко времени появления *Protungulatum donnae* эти химически– и фоточувствительные клетки развились в органы обоняния и зрения, а нервный узел, управлявший движениями, превратился в мозг.

Никто не знает, как именно в мозгах наших предков были устроены функциональные составляющие, но даже в мозге современного человека больше половины нейронов занято контролем движения и обслуживанием пяти органов чувств. Та часть нашего мозга, которая отличает нас от «низших» животных, напротив, относительно мала и появилась недавно.

Одни из первых почти-людей бродили по земле всего три-четыре миллиона лет назад[10]. Мы о том не ведали, покуда в один испепеляюще жаркий день 1974 года антрополог Доналд Йохансон из Берклийского Института исследования происхождения человека не наткнулся на крохотный фрагмент кости руки, торчавший из выжженного грунта в пересохшем овраге в Эфиопии. Йохансон и его студент быстро накопали там же еще костей – бедренных и реберных, а также позвонков и даже кусок челюсти. Короче говоря, они нашли почти полскелета самки. У нее был женский таз, маленький череп, короткие ноги и длинные вислые руки. На выпускной бал такую вряд ли позовешь, но эта 3,2-миллионолетняя дама, похоже, – наша связь с прошлым, промежуточный биологический вид и, возможно, предок, от которого произошел весь наш род.

Йохансон назвал этот новый вид *Australopithecus afarensis*, что означает «южная обезьяна Афара»: Афар – область Эфиопии, в которой был обнаружен этот скелет. Ученый дал имя и костям – назвал скелет Люси, в честь песни «Битлз» «Люси в небесах с алмазами», она звучала по радио в археологическом лагере, где Йохансон и его команда праздновали находку. Энди Уорхол говорил, что всем выпадает пятнадцать минут славы, и миллионы лет спустя получила свое и эта женщина. Точнее, половина ее – все остальное так и не нашли.

Поразительно, сколько всего антропологи могут понять даже по половине скелета. Крупные зубы Люси и челюсти, приспособленные перемалывать трудную пищу, подсказывают, что она блюла вегетарианскую диету, состоявшую из жестких кореньев, семян и фруктов с твердой

оболочкой[11]. Устройство скелета таково, что, похоже, у Люси был большой живот – чтобы помещался длинный кишечник, потребный для переваривания растительной пищи, необходимой, чтобы выживать. Самое же главное вот что: устройство ее позвоночника и коленей подсказывает, что ходила она, более-менее выпрямившись, а кость другого представителя ее вида, которую Йохансон с коллегами нашел неподалеку, но уже в 2011 году, помогает восстановить вид стопы со сводом, приспособленным для хождения – в отличие от стопы, удобной для лазанья по деревьям[12]. Биологический вид, к которому принадлежала Люси, начинал с жизни на деревьях, но спустился на землю, что позволило его членам кормиться и в лесу, и в полях, и пользоваться новыми наземными источниками пищи – богатыми на белки кореньями и корнеплодами. Этот образ жизни, как многие считают, и породил весь род *Homo*.

Вообразите: в соседнем от вас доме живет ваша мама, ее мама – в следующем доме, и так далее. Линия предков человека не настолько прямая, однако, отставив в сторону усложнения, интересно представить себе поездку по такой улице – назад во времени, мимо поколений предков. В таком случае пришлось бы проехать почти четыре тысячи миль, чтобы добраться до дома Люси, волосатой женщины трех футов семи дюймов росту и шестидесяти пяти фунтов веса, которая показалась бы вам больше похожей на шимпанзе, нежели на вашу родственницу[13]. Примерно на полпути к ней вы бы проехали дом предка, удаленного от Люси на 100 000 поколений – это первый вид, достаточно похожий на современных людей устройством скелета и, как полагают ученые, мозга, чтобы считать его принадлежащим роду *Homo*[14]. Ученые назвали этот двухмиллионолетний вид человека *Homo habilis*, или Человек умелый.

Человек умелый обитал в бескрайней африканской саванне в те времена, когда леса из-за климатических изменений отступали. Жить на тех травянистых равнинах было непросто – там обитало множество жутких хищников. Менее опасные конкурировали с Человеком умелым за ужин, более опасные пытались поужинать Человеком умелым. Выживать Человеку умелому приходилось смекалкой – мозг у него был побольше, размером с некрупный грейпфрут. По фруктово-салатной шкале мозговой увесистости это меньше, чем наша дыня, но зато вдвое больше апельсинки Люси[15].

Сравнивая различные биологические виды, мы по опыту знаем, что обычно есть какая-никакая связь между интеллектуальными возможностями и средним весом мозга относительно размеров тела. По

размерам мозга Человека умелого можно сделать вывод, что он был интеллектуально развитее Люси и ей подобных. Нам повезло: мы можем вычислять размер мозга и общий вид людей и других приматов, даже если тот или иной вид давно вымер, поскольку мозги обустраиваются в черепах плотно, а значит, обнаружив череп примата, мы, по сути, имеем слепок мозга, в этом черепе когда-то располагавшегося.

Чтобы не прослыть поборником оценки ума по размеру шляпы, добавлю: ученые, говоря, что могут прикинуть разумность по относительному размеру мозга, имеют в виду размеры мозга у разных биологических видов. Размеры мозга у представителей одного и того же вида сильно различаются, однако внутри этого вида размеры мозга впрямую с развитием интеллекта не связаны[16]. К примеру, мозг современного человека в среднем весит три фунта. При этом мозг английского поэта лорда Байрона весил примерно пять фунтов, а французского писателя и лауреата Нобелевской премии Анатоля Франса – чуть больше двух; мозг Эйнштейна весил 2,7 фунта. Известен и случай человека по имени Дэниэл Лайонз, умершего в 1907 году в сорок один год. У него был нормальный вес тела и нормальная интеллектуальная развитость, однако при вскрытии оказалось, что его мозг нагрузил чашу весов всего на 680 граммов, то есть примерно на полтора фунта. Мораль этой истории такова: внутри одного и того же биологического вида архитектура мозга, то есть природа связей между нейронами и их группами, куда важнее размеров мозга.

Мозг Люси был лишь немногим больше, чем у шимпанзе. Куда важнее другое: форма ее черепа подсказывает, что возросшая умственная мощь сосредоточилась в областях мозга, занятых переработкой сенсорных данных, тогда как лобная, височная и затылочная доли, отвечающие за абстрактное мышление и речь, остались относительно неразвитыми. Люси стала шагом к роду *Homo*, но пока до него не доросла. А вот Человек умелый – тот да.

*Homo habilis*

Как и Люси, Человек умелый держался прямо и применял руки, чтобы перетаскивать различные предметы, но, в отличие от Люси, Человек умелый применил свободу рук к экспериментам с окружающей средой[17]. И так вышло, что примерно два миллиона лет назад *Homo habilis* Эйнштейн или мадам Кюри или, что вероятнее, несколько древних гениев, трудясь независимо друг от друга, произвели первое величайшее открытие в истории человечества: если под углом стукнуть один камень вторым, можно отколоть острый кусок, похожий на нож. Умение лупить одним камнем по второму не очень-то похоже на зарю общественной и культурной революции. Разумеется, производство битого камня блекнет на фоне изобретения электрической лампочки, интернета или печенья с шоколадной крошкой. Но таков был наш первый крошечный шаг к осознанию, что мы можем понять природу и приспособить ее для своих нужд – и полагаться при этом на свои мозги: они могут наделить нас силой, которая дополняет, а часто и превосходит возможности наших тел.

Для существа, никогда прежде не видавшего никаких инструментов,

своеобразный великанский зуб, который можно взять в руку и резать или измельчать им что-нибудь – судьбоносное изобретение, оно и впрямь помогло полностью изменить человеческую жизнь. Люси и ее сородичи были вегетарианцами, а микроскопические исследования изношенности зубов Человеков умелых и следы разделывания на костях, найденных рядом с их скелетами, сообщают, что *Homo habilis*, благодаря каменным резакам, добавили к своему рациону мясо[18].

Вегетарианство Люси и ее биологического вида обусловливало сезонный недостаток растительного питания. Смешанная диета помогла человеку разумному преодолеть эту трудность. А поскольку в мясе питательные вещества представлены в большей концентрации, мясоедам нужно меньше еды, нежели вегетарианцам. За кочаном брокколи, напротив, не нужно гоняться, а вот добыча животной пищи может быть довольно трудной – если нет смертельного оружия, которого Человеку умелому не хватало. В результате Человек умелый выискивал мясо на трупах, брошенных другими хищниками – саблезубыми тиграми, например, которые мощными передними лапами и мясницкими зубами убивали добычу, нередко значительно превосходившую посильный для них объем пищи. Но и такое собирательство может быть трудным, если, подобно Человеку умелому, приходится конкурировать за мясо с другими животными. Поэтому, когда в следующий раз соберетесь бухтеть из-за получасового ожидания свободного столика в любимом ресторане, вспомните: чтобы добыть еду, вашим предкам приходилось сражаться с бродячими стаями свирепых гиен.

В стараниях добывать пищу острые камни Человека умелого упростили задачу отделения остатков плоти от костей и помогли уравнять шансы с животными, которым аналогичные инструменты были даны с рождения[19]. Стоило этим приспособлениям возникнуть, как они тут же завоевали популярность и полюбились человечеству где-то на пару миллионов лет. Вообще-то именно россыпь таких камней, обнаруженная рядом с окаменелыми останками *Homo habilis*, вдохновила само название этого вида – «Человек умелый», а дал его Луис Лики с коллегами в начале 1960-х годов. С тех пор эти каменные резаки стали обнаруживаться на археологических раскопках в таком изобилии, что приходилось прямо-таки смотреть под ноги, чтоб на какой-нибудь из них не наступить.

* * *

От заостренных камней до трансплантации печени – путь неблизкий, однако, судя по тому, как *Homo habilis* применял свои инструменты, его ум уже превзошел возможности любого из наших ныне живущих родичей-приматов. Например, бонобо, даже после нескольких лет обучения, не могут свободно применять простые каменные приспособления, какие были в ходу у Человека умелого[20]. Недавние снимки человеческого мозга показывают, что способность проектировать, создавать и использовать приспособления возникла благодаря эволюционному развитию особой системы нейронов левого полушария, отвечающей за «применение инструментов»[21]. Увы, встречаются редкие случаи сбоев этой системы, при которых люди с повреждениями в ней мало чем превосходят бонобо [22]: они в состоянии определять предметы, но – подобно мне, пока я не выпил утром кофе, – не понимают, как применять даже простейшие приспособления вроде зубной щетки или расчески.

Невзирая на усовершенствованные мыслительные способности, этот более чем двухмиллионолетний вид людей, Человек умелый – лишь тень современного человека: все еще маломозглый и плюгавый, с длинными руками и лицом, какое в силах любить только хозяин зоопарка. Но стоило появиться *Homo habilis*, как – по геологическим меркам, вскоре – возникло еще несколько видов *Homo*. Важнейший из них – и специалисты в этом более-менее единодушны – прямой предок нашего с вами вида, *Homo erectus*, или Человек прямоходящий, появившийся в Африке примерно 1,8 миллионов лет назад[23]. Судя по останкам скелетов, вид Человек прямоходящий был гораздо больше похож на современных людей, нежели Человек умелый, – не просто потому, что осанкой удался, а потому, что был он крупнее и выше, почти пять футов ростом, с длинными конечности и гораздо более поместительным черепом, что позволило увеличиться лобным, височным и затылочным долям мозга.

У нового укрупненного черепа были последствия и для деторождения. Производителям автомобилей при перепроектировании старой модели уж точно не приходится ломать голову, как пропихнуть новую «хонду» через выхлопную трубу предыдущей модели. Зато природа о таких вещах заботиться вынуждена, и потому в случае Человека прямоходящего перепроектирование головы поставило насущный вопрос: самки *Homo erectus* должны были сделаться крупнее своих предшественниц, чтобы на свет могли появляться башковитые дети. И поэтому вышло так, что самки Человека умелого были всего на 60 % крупнее самцов, а средняя самка Человека прямоходящего весила на целых 85 % тяжелее самца.

Новые мозги стоили своего веса: Человек прямоходящий ознаменовал собой резкий и потрясающий сдвиг в эволюции людей. *Homo erectus* воспринимали мир и преодолевали трудности не так, как их предшественники. Особенно важно вот что: они стали первыми людьми с талантами воображения и планирования и смогли создать сложные каменные и деревянные приспособления – тщательно выделанные ручные топоры, ножи и резаки, для изготовления которых требуются дополнительные инструменты. Ныне мы считаем, что обязаны развитием науки и техники, искусства и литературы мозгу, однако способность мозга придумывать сложные инструменты оказалась для нашего вида куда важнее – она взрастила в нас склонность, помогшую в самом выживании.

Применяя более сложные приспособления, Человек прямоходящий мог охотиться, а не только обирать чужую добычу, и мяса в рационе от этого прибавилось. Если бы рецепты приготовления телятины в современных поваренных книгах начинались с фразы: «Догоните и забейте теленка», большинство людей предпочло бы рецепты из сборника «Баклажанные радости». Но в истории человеческой эволюции новообретенная способность охотиться – громадный скачок вперед, позволивший человеку потреблять больше белка и меньше зависеть от значительных объемов растительной пищи, прежде необходимых для выживания. Человек прямоходящий, вероятно, – еще и первый биологический вид, заметивший, что, если тереть различные материалы друг об друга, создается тепло; он же обнаружил, что от тепла возникает огонь. А с огнем Человеку прямоходящему стало доступно то, что не умеет ни одно животное: греться в условиях климата, слишком холодного для выживания.

Охочусь я у прилавка мясника, а мои представления о том, как применять инструменты, сводятся к звонку плотнику, но меня почему-то утешает, что происхожу я от вполне рукастых ребят – хоть у них и были выпирающие лбы и зубы, какими можно перегрызть палку. Но куда важнее другое: новые достижения ума помогли Человеку прямоходящему распространиться из Африки по Европе и Азии и выживать как виду более миллиона лет.

*** * ***

Развитие наших умственных способностей позволило нам создавать сложные орудия охоты и забоя дичи, но они же породили и другую острую

потребность, ибо гонять по саванне и валить какое-нибудь крупное и прыткое животное сподручнее всего коллективом охотников. Так, задолго до того, как мы, люди, взялись собирать звездные баскетбольные и футбольные команды, возникла у нашего рода нужда развить общественные навыки и умение планировать, чтобы собираться вместе и объединенными усилиями добывать антилоп и газелей. Новый образ жизни Человека прямоходящего, таким образом, обеспечил лучшие возможности выживания тем, кто ловчее всех умел договариваться и строить планы. И здесь тоже мы убедимся, что истоки современного человека – в африканской саванне.

Ближе к концу владычества Человека прямоходящего, то есть примерно полмиллиона лет назад, *Homo erectus* развился в новую разновидность – *Homo sapiens*, с еще большей интеллектуальной мощью. Эти первые, или «архаические», *Homo sapiens* все еще не были теми, кого мы опознали бы как современных людей: тела у них были крепче, а черепа – крупнее и толще, однако мозг пока меньше, чем сейчас у нас. Анатомически современные люди классифицируются как подвид *Homo sapiens*, который, похоже, возник не раньше 200 000 до н. э.

Мы чуть не вымерли: недавние поразительные результаты анализа ДНК, произведенного генетическими антропологами, показывают, что приблизительно 140 000 лет назад случилась некая катастрофа – быть может, связанная с изменением климата, – и поголовье людей, в те поры обитавших целиком в Африке, из-за нее почти сошло на нет. В тот период все население нашего подвида резко сократилось до каких-то нескольких сотен – мы сделались, как это ныне именуется, «видом на грани вымирания», подобно горным гориллам или синему киту. Исаак Ньютон, Альберт Эйнштейн и все, о ком вы когда-либо слышали, а также миллиарды других людей, живущих ныне в мире, – все происходят от тех жалких выживших нескольких сотен[24].

Та смертельная опасность, в которой мы оказались, была, возможно, знаком того, что новый подвид с мозгом крупнее, чем у предшественников, все еще недостаточно умен, чтобы выдержать гонку. Но следом мы пережили еще одно преображение, и как раз оно дало нам потрясающие новые умственные способности. Судя по всему, это случилось не из-за изменений нашей физической анатомии и даже не благодаря переменам в анатомии мозга, а потому что преобразилась сама работа мозга. Как бы то ни было, именно эта метаморфоза позволила нашему виду плодить ученых, художников, теологов и, вообще говоря, людей, мыслящих, как мы.

Антропологи описывают это последнее преображение ума как

развитие «современного человеческого поведения». Под «современным поведением» они понимают не хождение по магазинам или питие опьяняющих напитков на спортивных состязаниях: они имеют в виду способность к сложному символьному мышлению – разновидности умственной деятельности, которая в конце концов породила нашу нынешнюю культуру. В отношении того, когда именно это случилось, существуют некоторые противоречия, но в целом принято считать, что этот переход произошел примерно за сорок тысяч лет до новой эры[25].

Ныне все мы – подвид *Homo sapiens sapiens*, Человек разумный разумный. (Такое именование достается тем, кто сам его себе выбирает.) Но перемены, приведшие к мозгам такого размера, как у нас, обходятся нам недешево. С точки зрения энергопотребления мозг современного человека – второй после сердца самый затратный орган в теле[26].

Вместо того, чтобы наделять нас столь энергоемкими мозгами, природа могла бы одарить нас мускулатурой помощнее – мышцы потребляют в десять раз меньше калорий на единицу своей массы. Но природа решила не делать наш вид самым физически приспособленным[27]. Мы, люди, не очень-то сильны – да и не самые проворные. Наши ближайшие родственники, шимпанзе и бонобо, отвоевали себе экологическую нишу благодаря способности тащить предметы с силой, превышающей тысячу двести фунтов, а также зубам до того острым и стойким, что ими можно грызть самые крепкие орехи. У меня же, напротив, даже с попкорном бывают трудности.

Не мышечной массой, а могучим черепом силен человек, и потому люди – неэффективные потребители пищевой энергии: наши мозги, составляющие всего 2 % массы тела, используют примерно 20 % потребляемых нами калорий. И, тогда как другие животные выживают в суровых условиях джунглей или саванны, мы, похоже, лучше приспособлены сидеть по кафе и пить мокко. Но сидение это не стоит недооценивать. Ибо когда сидим, мы думаем – и задаемся вопросами.

В 1918 году немецкий психолог Вольфганг Кёлер опубликовал книгу под названием «Исследование интеллекта человекоподобных обезьян»[28], которой суждено было стать классикой. Кёлер описывал эксперименты, поставленные им над шимпанзе во время его директорства в отделении Прусской академии наук на Тенерифе, на Канарских островах. Кёлер стремился понять, как шимпанзе решают поставленные перед ними задачи – к примеру, как добыть пищу, размещенную за пределами досягаемости, – и его эксперименты показывают, сколько общих умственных талантов у нас

с другими приматами[29]. Но в противопоставление поведения шимпанзе нашему эта книга рассказывает о многих наших дарованиях, компенсирующих нашу же физическую немощь.

Один из экспериментов Кёлера особенно показателен. Он закрепил банан на потолке и отметил: шимпанзе могли сообразить, как поставить ящики один на другой, чтобы вскарабкаться повыше и добыть лакомство, но, похоже, не представляли, какие силы в этом процессе задействованы. К примеру, они пытались ставить ящик на ребро или, если на дно клетки помещали камни, и ящики от этого переворачивались, шимпанзе не догадывались эти камни убрать.

В усложненной версии эксперимента шимпанзе и человеческих детей от трех до пяти лет отроду учили складывать в стопку Г-образные блоки и награждали за успехи. Затем исходные блоки втихаря заменили на утяжеленные – сложенные из них стопки рушились. Шимпанзе, применяя метод проб и ошибок, в тщетной попытке заслужить награду некоторое время продолжали с ними возиться, но не уделили внимания изучению новых неустойчивых блоков. Человеческие дети тоже не смогли решить поставленную задачу (на самом деле, она и не могла быть решена), однако не сдались просто так. Они изучили новые блоки – попытались определить, почему ничего не получается[30]. Мы, люди, ищем ответы с юных лет – ищем теоретического понимания того, что нас окружает, задаемся вопросом «почему?».

Любой, кто имел дело с маленькими детьми, знает, до чего они любят вопрос «почему?». В 1920-х годах психолог Фрэнк Лоример проиллюстрировал это практикой: четыре полных дня он наблюдал четырехлетнего мальчика и записывал все «почему?», произнесенные ребенком за это время[31]. Итого их вышло сорок, в том числе «Почему у лейки две ручки?», «Почему у нас брови?» и – мой любимый – «Почему у тебя нет бороды, мама?». Человеческие дети по всему миру берутся задавать вопросы в очень юном возрасте, еще лепеча и не владея грамотной речью. Само вопрошание настолько важно для нашего биологического вида, что у него есть универсальный показатель: во всех языках, и в тоновых, и в нетоновых, в вопросительных фразах интонация повышается[32]. В некоторых религиозных традициях вопрошание рассматривается как высшая форма внимания, а в науке и промышленности способность правильно поставить вопрос – возможно, величайший человеческий талант. Шимпанзе и бонобо же могут научиться простейшим символам и применять их в общении со своими наставниками, могут даже

отвечать на вопросы, однако сами их никогда не задают. Физически они сильны, однако – не мыслители.

* * *

Кроме врожденного стремления понимать окружающую среду мы, похоже, интуитивно понимаем, как работают законы физики – или, во всяком случае, обретаем это чутье в очень раннем возрасте. Мы словно внутренне понимаем, что у всех событий есть причина – другое событие, – а также наделены зачаточной интуицией в отношении законов, которые после тысячелетних усилий человечества были сформулированы Исааком Ньютоном.

В лаборатории изучения процессов познания у детей, Университет Иллинойса, ученые посвятили тридцать лет исследованию физической интуиции у младенцев: матерей с детьми усаживали у помоста или за стол и наблюдали за реакцией младенцев на демонстрируемые процессы. Научный вопрос был поставлен так: что знают младенцы о физическом мире и когда именно они это узнали? Выяснилось, что владение определенным чутьем на проявление физических законов есть один из ключевых аспектов человеческого, даже в младенчестве.

В одной серии экспериментов шестимесячного ребенка усадили перед горизонтальными рельсами, приделанными к наклонному пандусу[33]. В низу пандуса поместили игрушечного жука на колесиках. Вверху положили цилиндр. Затем цилиндру давали скатиться по пандусу, а ребенок с интересом наблюдал, как тот, добравшись до низа, толкает жука, и жук проезжает примерно полпути по рельсам – пару футов. Следом шла вторая часть эксперимента, интересная исследователям: что будет, если воспроизвести предыдущие действия, но с цилиндром другого размера? Сможет ли ребенок предсказать, что жук проедет расстояние, пропорциональное размерам цилиндра?

Первый же встречный вопрос, возникший у меня, когда я узнал об этом эксперименте: как нам узнать, что там в своей голове прогнозирует младенец? Лично мне ой как непросто понимать, о чем думают мои дети, которым уже давно за десять, а то и за двадцать, и они умеют разговаривать. Знал ли я хоть что-то, когда они только и умели, что улыбаться, строить рожи и пускать слюни? По правде говоря, если какое-то время побыл рядом с младенцем, и впрямь начинаешь приписывать ему мысли, основываясь на его выражении лица, но подтвердить научно, верны

ли твои догадки, затруднительно. Допустим, личико у ребенка сморщилось, как чернослив, – это потому что у него колики или потому что по радио объявили о падении биржевых показателей на пятьсот пунктов? Я знаю, что и у меня выражение лица в обоих случаях было бы такое же, а с детьми единственный критерий оценки – внешний вид. Однако для определения, что там прогнозирует ребенок, у психологов есть специальная процедура. Они демонстрируют ребенку некую последовательность событий, после чего замеряют, как долго ребенок наблюдает происходящее. Если события развиваются не так, как ребенок ожидал, он будет смотреть дольше, и чем неожиданнее исход, тем дольше взгляд.

В эксперименте с пандусом психологи показали одной половине детей второе столкновение жука с цилиндром, в котором цилиндр был вдвое крупнее, чем в первом случае, а второй половине – вдвое меньше. В обеих группах, однако, хитрые ученые подстроили так, чтобы жук проехал дальше, чем при первом столкновении, – прямо до самого конца рельсов. Младенцы, наблюдавшие в действии больший цилиндр, никакой особенной реакции на событие не выказали. Зато младенцы, увидевшие, что жук уехал дальше после столкновения с меньшим цилиндром, глазели на жука дольше, создавая впечатление, будто, умей они чесать в затылке, – чесали бы.

Знание того, что сильные столкновения откатывают жуков на колесиках дальше слабых, еще не делает вас ровней Исааку Ньютону, но, как показывает этот эксперимент, люди в самом деле имеют определенное врожденное понимание физического мира: сложное интуитивное чутье в отношении окружающей среды, подпитанное нашей встроенной любознательностью, развито в людях гораздо больше, чем у других биологических видов.

За миллионы лет наш вид развился и преуспел, обрел мощный ум, а сами мы всегда старались узнать о своем мире как можно больше. Развитие ума современного человека для понимания природы было необходимо, но недостаточно. И потому следующая глава нашей истории – сказ о том, как мы начали задаваться вопросами о нашем окружении и объединяться, чтобы на них ответить. Это сказ о развитии человеческой культуры.

# Глава 3
# Культура

Те из нас, кто смотрится по утрам в зеркало, видит то, что мало кто из животных распознает: себя. Кто-то из нас улыбается своему отражению и шлет себе поцелуй, есть и такие, кто стремится скрыть этот кошмар косметикой или бритьем и не выглядеть неряхой. Так или иначе по сравнению с животными человек реагирует на свое отражение необычно. А все потому, что где-то на пути эволюции мы, люди, начали осознавать себя самих. Но важнее другое: мы стали отчетливо понимать, что лицо, наблюдаемое в отражении, со временем покроется морщинами, зарастет волосами в неловких местах и, что еще хуже, перестанет существовать. Иными словами, мы впервые осознали свою смертность.

Наш мозг – ментальное «компьютерное железо», и ради выживания у нас развилась способность мыслить символами, задавать вопросы и рассуждать. Но «железо», стоит им обзавестись, можно применять много к чему, и, по мере того как воображение *Homo sapiens sapiens* скакнуло вперед, осознание, что все мы умрем, помогло повернуть нам мозги к экзистенциальным загадкам вроде «Кто главный в космосе?». Как таковая загадка эта ненаучная, однако дорожка к вопросам «Что есть атом?» началась с подобных раздумий, не говоря уже о более личных – «Кто я?» и «Можно ли мне изменить окружающую среду себе в угоду?». Именно превзойдя свое животное происхождение, мы, люди, сделали следующий шаг, чтобы стать биологическим видом, отличительная черта которого – думать и задавать вопросы.

Перемена в человеческом мыслительном процессе, приведшая нас к размышлению о таких предметах, назревала, возможно, десятки тысяч лет, начавшись примерно сорок тысяч лет назад или около того, когда наш подвид начал демонстрировать поведение, которое мы считаем современным. Но до полной зрелости дело дошло лишь двенадцать тысяч лет назад – где-то под конец последнего ледникового периода. Ученые именуют период от двух миллионов лет назад до этой точки палеолитом, или древнекаменным веком, а последующие семь-восемь тысяч лет – неолитом, или новокаменным веком. Названия происходят от греческих слов «палайо» (древний), «нео» (новый) и «литос» (камень). Обе эпохи характеризуются применением каменных приспособлений. Хотя поразительное изменение, приведшее нас из палеолита в неолит, мы

называем «неолитической революцией», дело не в каменных инструментах. Дело в том, как именно мы думаем, какие вопросы задаем и что в нашем существовании считаем значимым.

* * *

Люди времен палеолита часто мигрировали и, как мои сыновья-подростки, шли туда, где еда. Женщины собирали растения, семена и яйца, а мужчины, в основном, охотились и обдирали чужую брошенную добычу. Эти кочевники перемещались каждый сезон, а иногда и каждый день, пожитков имели немного, двигались за потоком щедрот природы, терпели ее суровость и выживали ее милостью. И все равно изобилия любых мест хватало лишь из расчета один человек на квадратную милю[34], и потому почти весь каменный век люди прожили в маленьких бродячих группах, обычно не более сотни человек. Понятие «неолитическая революция» возникло в 1920-х годах для описания перехода от такого образа жизни к новому бытованию, когда люди начали обустраивать небольшие деревни от одного до десяти дворов и переключились с собирательства еды на ее производство.

С этим переходом произошла и подвижка от простого отклика на окружающую среду к деятельному влиянию на нее. Люди, зажившие в этих селениях, теперь не просто полагались на дары природы, а собирали материалы, в первозданном виде не имевшие ценности, и переделывали их в полезные предметы. Например, эти люди строили дома[35] из дерева, глиняных брикетов и камня, создавали инструменты из самородной металлической меди, сплетали из ветвей корзины, скручивали в нити волокна, изготовленные из льняной соломы и других растений, а также из шкур животных, и плели из них одежду, которая была гораздо легче, пористее и проще в стирке, чем облачения из цельных шкур, которые человек носил прежде. А еще эти люди лепили из глины и обжигали горшки и кувшины, в которых можно было готовить еду или хранить ее излишки.

На первый взгляд, изобретение предмета вроде глиняного кувшина кажется не мудренее осознания, что носить воду в кармане затруднительно. И действительно, до недавнего времени многие археологи считали, что неолитическая революция – лишь приспосабливание с целью упростить себе жизнь. Климатические перемены конца последнего ледникового

периода, то есть десять-двенадцать тысяч лет назад, привели к вымиранию многих крупных животных и изменили маршруты миграции остальных. Это, как прежде считалось, ухудшило пищевое довольствие людей. Бытовали и соображения, что многие люди наконец доросли до понимания, что охотой и собирательством уже не прокормишься. В рамках такого представления оседлая жизнь и разработка сложных инструментов и других приспособлений – реакция на стечение обстоятельств.

Но с этой теорией есть неувязки. Начать с того, что недоедание и болезни оставляют следы в костях и зубах. Тем не менее, в 1980-х годах исследования останков скелетов никакого такого ущерба не выявили, а это может означать, что люди того времени от недостатка питания не страдали – напротив: палеонтологические свидетельства говорят нам о том, что у первых земледельцев было больше проблем с позвоночником, хуже зубы, сильнее выражены анемия и недостаток витаминов[36]. Они и умирали раньше, чем их предшественники – люди-собиратели. Более того, становление земледелия, похоже, происходило постепенно, а не в результате какого-нибудь большого климатического потрясения. Да и к тому же во многих первых поселениях не обнаружено никаких следов ни окультуренных растений, ни одомашненных животных.

Мы склонны считать первоначальный образ жизни человечества, связанный с поисками еды, эдакой суровой борьбой за выживание наподобие реалити-шоу, в котором уморенные голодом участники живут в джунглях и вынуждены есть крылатых насекомых и помет летучих мышей. Разве не проще была бы жизнь собирателей, располагай они инструментами и семенами из «Домашнего депо» и сажай брюкву? Необязательно: исходя из исследований немногих оставшихся охотников и собирателей, живших в нетронутых девственных районах Австралии и Африки аж до 1960-х годов, кочевые сообщества многотысячелетней давности наслаждались «материальным изобилием»[37].

Обычная кочевая жизнь состоит из временной оседлости и проживания на одном и том же месте, пока ресурсы на досягаемом от стоянки расстоянии не истощатся. Когда это случается, собиратели уходят. Поскольку все имущество необходимо переносить на себе, кочевникам мелкие предметы ценнее крупных, они довольствуются минимумом материальных благ и в целом почти не проявляют собственничества. Эти особенности кочевой культуры сделали кочевников бедными и нуждающимися в глазах западных антропологов, в XIX веке начавших изучать этот период жизни человечества. Но кочевники, как правило, не

заняты изнурительной борьбой за пропитание и за выживание в целом. На самом деле, как показывают исследования племени сан[38] (также именуемого бушменами) в Африке, их собирательская деятельность продуктивнее сельскохозяйственной у европейских фермеров времен перед Второй мировой войной, а более широкое изучение групп охотников-собирателей с XIX и до середины XX века демонстрирует, что средний кочевник трудился ежедневно по 2–4 часа. Даже в выжженной африканской области Добе, где годовой объем осадков всего шесть-десять дюймов, пищевые ресурсы, как выяснилось, «и разнообразны, и обильны». Примитивное земледелие, напротив, требует многих часов потогонного труда: земледельцам приходится перетаскивать камни и валуны, снимать дерн и вскапывать тугую почву, применяя для этого простейшие орудия.

Подобные соображения наводят на мысль, что старые теории о том, почему человек перешел к оседлости, – еще не всё. Ныне многие считают, что неолитическая революция была не в первую очередь переворотом, подстегнутым практическими причинами, а скорее умственной и культурной революцией, питаемой ростом человеческой духовности. Эта точка зрения подтверждается одним из поразительнейших археологических открытий нашего времени – замечательным свидетельством, показывающим, что новый подход человека к природе не следовал за развитием оседлого образа жизни, а, скорее, предвосхищал его. Это открытие – впечатляющее сооружение под названием Гёбекли-Тепе, что, пока это место не раскопали, по-турецки означало «Пузатый холм».

* * *

Гёбекли-Тепе[39] расположен на вершине холма на юго-востоке современной Турции, в провинции Урфа[40]. Это потрясающее сооружение выстроено 11 500 лет назад, за 7000 лет до Великой пирамиды, геркулесовыми усилиями не оседлых людей времен неолита, а охотников-собирателей, еще не оставивших кочевой образ жизни. Но поразительнее всего в нем его назначение. Предвосхищая еврейскую Библию примерно на 10 000 лет, Гёбекли-Тепе, судя по всему, был религиозным прибежищем.

Колонны Гёбекли-Тепе образуют круги диаметром до шестидесяти пяти футов. У каждого круга есть две дополнительные Т-образные колонны в центре – в виде гуманоидных фигур с продолговатыми головами и длинными, худыми телами. Высочайшая из этих колонн – восьмидесяти

футов высотой. Ее возведение требовало доставки больших камней, некоторые весом до шестнадцати тонн. Тем не менее постройку произвели еще до изобретения металлических инструментов, колеса и прежде, чем люди научились одомашнивать животных и использовать их как тягловую силу. Более того, в отличие от позднейших религиозных сооружений, Гёбекли-Тепе построили до того, как люди стали жить в городах, где можно было упорядочить мобилизацию рабочих рук. Как писал об этом журнал «Нэшнл Джиогрэфик», «обнаружить, что охотники-собиратели возвели Гёбекли-Тепе равносильно открытию, что кто-то собрал “Боинг-747” при помощи перочинного ножика».

Первыми на это сооружение наткнулись ученые-антропологи из Университета Чикаго и Стамбульского университета при исследованиях региона в 1960-х годах. Они заметили обломки известковых глыб, торчавшие из земли, но, сочтя их остатками заброшенного византийского кладбища, не уделили им должного внимания. Антропологическое сообщество широко зевнуло. Прошло три десятилетия. В 1994 году местный крестьянин наткнулся плугом на то, что впоследствии оказалось верхушкой громадной погребенной колонны. Клаус Шмидт, археолог, работавший в том же районе и когда-то читавший доклад Чикагского университета, решил все же взглянуть. «После минутного осмотра я понял, каков мой выбор: либо уйти и никому ничего не сказать, либо провести остаток жизни, работая над этой находкой»[41], – сказал он. Выбрал последнее и трудился на этих раскопках вплоть до своей кончины в 2014 году.

*Развалины Гебекли-Тепе*

Поскольку Гёбекли-Тепе старше письменности, никаких священных текстов, чья расшифровка пролила бы свет на проводившиеся в этом сооружении ритуалы, нет. Вывод, что Гёбекли-Тепе было местом поклонения, основан на сравнении с позднейшими религиозными постройками и практиками. К примеру, на колонах Гёбекли-Тепе высечены различные животные, но, в отличие от наскальных рисунков палеолита, это не образы добычи, которой питались строители сооружения, и они не связаны с охотой или другими повседневными делами. Это изображения устрашающих существ – львов, змей, диких кабанов, скорпионов и зверя, похожего на шакала с разверстой грудной клеткой. Их считают символическими или мифическими персонажами – животными, которым позднее начали поклоняться.

Древние люди посещали Гёбекли-Тепе из большой приверженности: постройка находится в полной глуши, и никто до сих пор не обнаружил ни единого признака человеческого обитания в этих местах, за всю историю человечества – ни источников воды тут, ни строений, ни очагов. Зато археологи обнаружили кости тысяч газелей и туров, которых, похоже, приносили сюда с дальних охот. Чтобы добраться до Гёбекли-Тепе, необходимо было предпринять паломничество, и, по некоторым признакам, сюда сходились охотники-собиратели из мест, расположенных аж в шестидесяти милях.

Гёбекли-Тепе «доказывает, что сначала произошли социокультурные изменения, а земледелие зародилось позже», говорит археолог Стэнфордского университета Иэн Ходдер. Возникновение группового религиозного ритуала[42], иными словами, похоже, послужило важной причиной начала оседлости людей, а религиозные центры стягивали кочевников, и так, на основе общих верований и знаковых систем, наконец возникли поселения. Гёбекли-Тепе возвели во времена, когда по Азии еще рыскали саблезубые тигры[43], а всего несколькими веками ранее вымер наш последний родственник не из вида Человек разумный – трехфутовый охотник и создатель инструментов *Homofloresiensis*[44], похожий на хоббита. И все же древние строители, похоже, уже перешли от практических вопросов жизни к вопросам духовным. «Можно убедительно доказать, – говорит Ходдер, – что Гёбекли-Тепе – подлинная колыбель сложных неолитических сообществ»[45].

Другие животные тоже решают простые задачи насыщения едой, другие животные тоже применяют простые приспособления. Но есть одна деятельность, которая не наблюдается ни в каком, даже зачаточном виде ни у одного животного, кроме человека, – постижение собственного существования. Поэтому, когда люди позднего палеолита и раннего неолита отвлеклись от простого выживания и заинтересовались «не насущными» откровениями о себе самих и своем окружении, был сделан один из наиболее значимых шагов в истории человеческого интеллекта. Если Гёбекли-Тепе – первая или, по крайней мере, первая нам известная церковь человечества, она заслуживает особого места в истории и религии, и науки, поскольку запечатлевает скачок нашего экзистенциального сознания, начало эры, в которой люди взялись прилагать большие усилия, чтобы ответить на главные вопросы о мироздании.

*** * ***

Природе на создание человеческого ума, способного задавать экзистенциальные вопросы, потребовались миллионы лет, но стоило этому произойти, как всего за крошечную толику этого времени наш вид развил культуры, преобразившие образ и жизни, и мысли человека. Люди неолита начали жить оседло[46], в маленьких деревнях, а по мере того, как они изнурительным трудом добивались большего производства пищи, селения их укрупнились, и плотность населения сильно возросла – от одного до

сотни человек на квадратную милю.

Наиболее впечатляющее громадное неолитическое селение – Чатал-Гуюк[47], построенное около 7500 года до н. э. на равнинах центральной Турции, всего в нескольких сотнях миль от Гёбекли-Тепе. Анализ животных и растительных останков показывает, что обитатели селения охотились на диких копытных, свиней и лошадей и собирали дикие корнеплоды, травы, желуди и фисташки, а земледелием занимались мало. Что еще удивительнее, инструменты и приспособления, найденные в жилищах, говорят о том, что их обитатели строили и чинили свои дома сами и создавали произведения искусства для себя самих. Разделения труда, судя по всему, не существовало. Применительно к небольшой стоянке кочевников это не удивительно, однако в Чатал-Гуюке проживало до восьми тысяч человек – примерно две тысячи семей – и все они, по словам одного археолога, «занимались своими делами».

По этой причине археологи не считают Чатал-Гуюк и похожие неолитические деревни городами или даже городками. До появления первого города оставалось еще несколько тысячелетий. Разница между деревней и городом не только в размерах[48]. Она проявляется в общественных отношениях внутри населения, поскольку эти отношения зависят от средств производства и распределения. В городах есть разделение труда, а это значит, что отдельные люди и семьи обеспечивают

себе еду и услуги, полагаясь друг на друга. Централизуя распределение нужных всем различных продуктов и услуг, город дает своим обитателям возможность не делать все необходимое самостоятельно, что, в свою очередь, позволяет им заниматься специализированной деятельностью. К примеру, если город становится центром, в котором сельскохозяйственные излишки, собранные земледельцами, проживающими рядом с городом, могут быть распределены между жителями, люди, которые в противном случае практиковали бы собирательство (или земледелие), могут развивать ремесло или делаются жрецами. Однако в Чатал-Гуюке, хотя жители и обитали по соседству, они, судя по сохранившейся утвари, занимались прикладными делами более-менее независимо друг от друга.

Если бы каждой семье требовалось быть автономной – если бы нельзя было добыть мясо у мясника, починить трубы силами сантехника, а намоченный телефон заменить в ближайшем магазине «Эппл», сделав вид, что аппарат не роняли в унитаз, – зачем тогда селиться стенка к стенке, деревней? Связывало и объединяло людей в селениях вроде Чатал-Гуюка, видимо, то же, что тянуло неолитических кочевников к Гёбекли-Тепе: зачатки общей культуры и общие религиозные верования.

Осмысление человеческой смертности стало примечательной чертой этих ранних культур. В Чатал-Гуюке, например, есть свидетельства ранней культуры смерти и умирания, и она сильно отличается от бытовавшей у кочевников. Кочевникам в своих долгих странствиях по холмам и через бурные реки не с руки было таскать с собой больных или слабых. И потому в кочевых племенах, когда приходит пора двигаться с места, стариков, слишком ослабевших для похода, оставляют на стоянке. Обитатели Чатал-Гуюка и других незапамятных деревень Ближнего Востока поступали строго наоборот. Семьи со всеми родственниками зачастую держались вместе не только в жизни, но и после смерти: в Чатал-Гуюке мертвых хоронили под полом жилья[49]. Младенцев иногда закапывали под порогом у входа в комнату. Под одной деревней на раскопках обнаружили семьдесят тел. В некоторых случаях, через год после захоронения, обитатели вскрывали могилу и ножом отсекали покойнику голову – для дальнейшего использования в ритуальных целях[50].

Жителей Чатал-Гуюка не только заботила их смертность, но у них появилось еще одно новое чувство – человеческого превосходства. В большинстве сообществ охотников-собирателей к животным относятся с большим уважением, словно охотник и его добыча – напарники. Охотники не стремятся подчинить добычу, а устанавливают с животными, которые

отдадут свои жизни охотнику, своеобразную дружбу. В Чатал-Гуюке, однако, в настенных росписях отображены люди, подманивающие и травящие быков, диких кабанов и медведей. Люди уже не воспринимают себя партнерами животным – они властвуют над ними и пользуются ими так же, как ветками для плетения корзин[51].

Это отношение со временем приведет к одомашниванию животных[52]. За следующие две тысячи лет были приручены овцы и козы, а следом крупный рогатый скот и свиньи. Поначалу происходила избирательная охота – люди прореживали дикие стада, добиваясь возрастного и полового равновесия, и защищали их от естественных хищников. Однако постепенно люди взяли на себя ответственность за все стороны жизни животных. Поскольку домашним животным больше не требовалось о себе заботиться, они развили новые физические свойства, а также и поведение, мозги у них уменьшились, разума убавилось. Растения тоже подпали под человеческую опеку – пшеница, ячмень, чечевица и горох, среди прочих, – и стали предметом заботы не собирателя, но садовника.

Изобретение земледелия и одомашнивание животных катализировало новые интеллектуальные рывки, связанные с увеличением эффективности этих предприятий. Люди стремились теперь постичь правила и закономерности природы – чтобы ими пользоваться. Так зародилось то, что впоследствии стало наукой, но в отсутствие научных методов и понимания преимуществ логического мышления, волшба и религиозные представления смешивались, а иногда и подавляли эмпирические наблюдения и теории с целью более практической, нежели у современной чистой науки: помочь людям присвоить власть над силами природы.

Люди начали задавать новые вопросы о природе, и великое распространение неолитических поселений дало новые возможности на них отвечать. Поход за знанием перестал быть делом единиц или малых групп – теперь можно было объединять вклады множества умов. Вот так люди, хоть и почти оставив охоту и собирательство пищи, объединили усилия в охоте на знания и собирательстве идей.

* * *

В аспирантуре темой моей докторской диссертации стала разработка нового метода нахождения приближенных решений нерешаемых квантовых уравнений, описывающих поведение атомов водорода в сильном

магнитном поле вблизи нейтронных звезд – самых плотных и маленьких из всех известных нам во Вселенной. Понятия не имею, почему я выбрал именно эту тему; похоже, не понимал этого и мой научный руководитель, быстро потерявший к ней интерес. Я потратил целый год на разработку различных новых методик приближения, которые одна за другой оказались для решения поставленной мной задачи ничем не лучше уже существовавших и, следовательно, докторскую степень мне бы не заработали. И вот однажды я разговорился с уже защитившим диссертацию научным сотрудником, чей кабинет был напротив моего. Он трудился над новым подходом к пониманию элементарных частиц под названием кварки, которые бывают трех «цветов». (Такое обозначение применительно к кваркам не имеет ничего общего с бытовым определением «цвета».) Затея заключалась в следующем: представить (математически) мир, в котором существует бесчисленное множество цветов, а не всего три. Беседуем мы о кварках, никак не относящихся к моей работе, и тут мне в голову приходит мысль: а что, если мою задачу можно решить, представив, что мы живем не в трех-, а в бесконечномерном мире?

Если эта идея кажется странной и «от фонаря» – все верно. Но, повозившись с математикой, мы обнаружили, как ни удивительно, что, хоть задача эта в пределах всамделишного мира и не решалась, одолеть ее все-таки можно, перенеся в пространство с бесконечным числом измерений. Когда я добыл решение, мне «всего-то» осталось понять, как нужно видоизменить ответ, чтобы он учитывал трехмерность нашего мира, – и дело в шляпе.

Метод показал свою мощь: я теперь мог произвести вычисления на любом конверте и получить результаты куда более точные, чем в сложных компьютерных расчетах, применяемых другими. После года бесплодных усилий я в итоге сделал бо́льшую часть того, что в итоге стало моей докторской диссертацией на тему «большое N-расширение», всего за несколько недель, и за следующий год мы с тем доктором наук подготовили серию статей[53], применив эту идею к другим условиям и видам атомов. А позднее один химик, нобелевский лауреат по имени Дадли Хёршбак, прочел о нашем методе в журнале с захватывающим названием «Физика сегодня». Хёршбак переименовал эту методику в «пространственное масштабирование»[54]и взялся применять ее в своей области исследования. Не прошло и десятилетия, как случилась целая научная конференция, посвященная исключительно этому методу. Я рассказываю эту историю не потому, что она демонстрирует, как выбрать дурацкую задачу, ухлопать на

нее год впустую и все равно выкрутиться, сделав интересное открытие, а для того, чтобы показать: человеческое стремление знать и придумывать новое – не череда отдельных личных усилий, а объединенное намерение, общественная деятельность, которой для успеха необходимо, чтобы люди проживали в селениях, где одни умы могут много общаться с другими.

Эти другие умы можно обнаружить и в настоящем, и в прошлом. Обильны мифы о гениях-отшельниках, перевернувших наши представления о мире или явивших человечеству чудесные подвиги изобретательства в области техники, но все они – художественный вымысел. К примеру, Джеймс Ватт [Джеймз Уотт], развивший представление о лошадиной силе, чья фамилия теперь – название единицы мощности, по легенде, ухватил идею парового двигателя внезапным вдохновением, какое снизошло на него, пока он наблюдал за паром, вылетавшим из чайника. На самом же деле Ватт пришел к замыслу изобретенного им устройства, починяя предыдущую версию этого изобретения, которое уже было в ходу лет пятьдесят, прежде чем он приложил к ней руку[55]. Так же и Исаак Ньютон не изобрел физику, сидя в чистом поле один-одинешенек и наблюдая за падающими яблоками, – он много лет собирал данные об орбитах планет, накопленные другими. Не вдохнови его случайное посещение астронома Эдмунда Галлея [Эдмонд Халли[56]] (прославившегося кометой), который задал некий интриговавший его математический вопрос, Ньютон никогда не написал бы свои «Математические принципы»[57], содержащие знаменитые законы движения, – труд, за который его почитают и поныне. Эйнштейн тоже не смог бы свести воедино теорию относительности, если б не докопался до старых математических теорий, описывающих природу искривленного пространства, а помогал ему друг-математик Марсель Гроссман. Ни один из великих мыслителей не добился бы таких грандиозных успехов, сиди он в вакууме, – все полагались на других людей и на уже накопленное человеческое знание, их вскормили и придали им форму культуры, в которые они были погружены. Да и не только наука и техника развиваются на основе былых трудов – то же и в искусстве. Т. С. Элиот говорил даже так: «Незрелые поэты подражают… зрелые – воруют, а хорошие преобразуют в нечто лучшее или хотя бы во что-то другое»[58].

«Культура» определяется как поведение, знание, идеи и ценности, приобретаемые от живущих вокруг, и в разных местах культура очень своя. Мы, современные люди, действуем в согласии с культурой, в которой выросли, а также извлекаем из нее значительную часть своего знания, и это

правда в существенно большей мере, нежели для других биологических видов. На самом деле, недавние исследования дают понять, что люди даже эволюционно приспособлены обучать других людей[59].

Это не означает, что другие животные виды не проявляют признаков культуры. Проявляют. К примеру, исследователи, изучающие отдельные группы шимпанзе[60], обнаружили: в точности как люди в разных частях света довольно успешно определяют американца в человеке, который за рубежом ищет рестораны, где подают молочные коктейли и чизбургеры, так же можно, наблюдая за шимпанзе, исключительно по их поведению определить, откуда эти животные происходят. Если коротко: исследователи смогли определить тридцать восемь традиций, отличающих шимпанзе из разных сообществ. Шимпанзе из Кибале, Уганда, из Гомбе, Нигерия, и из Махале, Танзания, скачут под проливным дождем, таскают за собой ветки и хлопают ладонями по земле. Шимпанзе из лесов Таи, Кот-Д’Ивуар, и из Боссоу, Гвинея, раскалывают орехи коула, положив их на деревяшку и стуча по ним плоским камнем. Другие группы шимпанзе, как сообщается, путем передачи культуры научились применять целебные растения. Во всех случаях культурная деятельность не инстинктивна и не переизобретается в каждом следующем поколении, а есть навык, приобретаемый молодью через подражание матерям.

Лучше прочих задокументирован пример открытия и передачи культуры знания между животными, выявленный на маленьком японском острове Кодзима[61]. В начале 1950-х годов тамошние зоотехники кормили макак, бросая им сладкий картофель на пляжный песок. Обезьяны тщательно стряхивали песок с картофелин и только потом ели. И вот однажды в 1953 году восемнадцатимесячная самка по имени Имо додумалась отнести свою картофелину к воде и ополоснуть ее. Так получилось не только смыть хрустевший на зубах песок, но и пища стала соленее и вкуснее. Вскоре друзья Имо переняли ее уловку. Погодя подтянулись и матери, а затем и самцы, за исключением пары стариков – обезьяны не учили друг друга, а просто смотрели и повторяли. За несколько лет практически все сообщество приобрело привычку мыть еду. Более того, прежде макаки избегали воды, а теперь стали с ней играть. Эти повадки передавались из поколения в поколение, и так продолжалось десятилетиями. Как и прибрежные сообщества людей, эти макаки развили свою отчетливую культуру. С годами ученые обнаружили признаки культуры у многих других биологических видов, причем очень разных – у косаток, ворон и, конечно, у других приматов[62].

Нас, людей, отличает вот что: мы – единственные животные, способные развивать знания и нововведения прошлого. Однажды кто-то заметил, что круглые предметы катаются, и изобрел колесо. У нас возникли телеги, мельничные колеса, шкивы и, конечно, рулетка. Шимпанзе Имо же, напротив, никак на знания предшественников не опиралась, равно как и другие шимпанзе не развивали полученный ею опыт. Мы, люди, разговариваем между собой, учим друг друга, стараемся улучшить старые замыслы и обмениваемся соображениями и вдохновением. Шимпанзе и другие животные – нет. Как говорит археолог Кристофер Хеншилвуд, «шимпанзе могут показать другим, как охотиться на термитов, но улучшить метод не могут – они не предлагают друг другу: “Давай потыкаем чем-нибудь другим”, – они просто повторяют одно и то же действие»[63].

Антропологи называют развитие культуры на базе прежде накопленного (почти без потерь) эффектом храповика[64]. Этот эффект – ключевое различие между культурами людей и других животных, и возник он в новых оседлых сообществах, где желание быть среди себе подобных мыслителей и вместе обдумывать общие вопросы стало подпиткой накапливающемуся развитому знанию.

Археологи иногда сравнивают культурные нововведения с вирусами[65]. Чтобы процветать, идеи и знания, подобно вирусам, нуждаются в определенных условиях, в данном случае – общественных. Когда нужные условия соблюдены – как в больших сообществах с крепкими внутренними взаимосвязями, – отдельные представители общества могут заражать друг друга идеями, а культура – распространяться и эволюционировать. Придумки полезные или попросту обеспечивающие дополнительные удобства выживают и порождают новое поколение затей.

Современные компании, успех которых зависит от инноваций, прекрасно это сознают. «Гугл», вообще-то, сделал из этого целую науку: в кафетерии компании расставлены длинные столы – чтобы люди усаживались вместе, а очередь за едой устроена так, чтобы сотрудники проводили в ней по три-четыре минуты, то есть она не слишком длинная и никого не раздражает настолько, чтобы обедать лапшой быстрого приготовления из стакана, но достаточно продолжительная, чтобы людям хотелось друг с другом поболтать. Или возьмем «Лаборатории Белла»[66] – компанию, которая между 1930-ми и 1970-ми годами была самой инновационной организацией в мире, она породила множество ключевых нововведений, в том числе транзистор и лазер, благодаря которым состоялся современный цифровой век. В «Лабораториях Белла»

коллективные исследования ценились настолько высоко, что здания компании проектировались с целью максимально увеличить вероятность случайных встреч сотрудников, а в должностные обязанности одного работника входили ежегодные поездки в Европу – он служил переносчиком научных идей между Старым Светом и Соединенными Штатами. Так «Лаборатории Белла» демонстрировали понимание, что общение в крупных интеллектуальных группах увеличивает вероятность рождения новаторских замыслов. Эволюционный генетик Марк Томас писал о производстве новых идей так: «Дело не в том, насколько вы умны. Дело в том, насколько хороши ваши связи с другими людьми»[67]. Взаимосвязанность – ключевой механизм культурного храповика и один из даров неолитической революции.

* * *

Однажды вечером, вскоре после отцова семьдесят шестого дня рождения, мы с ним отправились прогуляться после ужина. На следующий день он собирался в больницу на операцию. Он уже несколько лет болел – страдал предиабетом, а также пережил инсульт, инфаркт и, что хуже всего с его точки зрения, маялся хронической изжогой – и диетой, исключающей практически все, чем ему нравилось питаться. И вот шагали мы неспешно, и тут он оперся на трость, возвел глаза к небу и отметил, как трудно ему принять, что, быть может, это его последний взгляд на звезды. И принялся излагать мне соображения, посетившие его в преддверии вероятной близкой кончины.

Здесь, на земле, сказал он мне, жизнь наша беспокойна и суматошна. Эта жизнь оделила его в юные годы бедами Холокоста, а в старости – аортой, кою, вопреки ее врожденным ТТХ, опасно вздуло. Небеса, сказал он, всегда казались ему вселенной, подчиняющейся совершенно другим законам, царством планет и солнц, что двигаются безмятежно по своим вечным орбитам и выглядят совершенными и несокрушимыми. Об этом мы с ним часто беседовали. Эта тема обычно всплывала, когда я излагал ему свои последние приключения в физике, а он спрашивал меня, в самом ли деле я верю, что атомы, из которых состоит человек, подвластны тем же законам, что и атомы остальной Вселенной – неодушевленной, мертвой. Сколько бы раз ни ответил я ему утвердительно – да, верю, что оно так и есть, – он все равно не был убежден.

Я подумал, что ввиду его размышлений о собственной смерти он

может быть менее всего склонен верить в безличные законы природы, а обратится, как частенько бывает с людьми в такое время, к мыслям о любящем Боге. Заговаривал отец о Боге редко, поскольку, хоть и вырос в вере в традиционного Бога и хотел бы продолжать в него верить, однако ужасы, которым он стал свидетелем, помешали этому стремлению. Однако смотрел он в ту ночь на звезды, а я думал, что, может, он и впрямь ищет милости Бога.

Отец же, напротив, сообщил мне кое-что удивительное. Он надеялся, что насчет законов физики я действительно прав, сказал он, поскольку теперь его утешает вероятность, что, невзирая на неразбериху человеческого существования, он сотворен из того же материала, что и безупречные, романтические звезды.

Мы, люди, думали об этом по крайней мере со времен неолитической революции и до сих пор не имеем ответов, однако стоило нам прозреть до таких экзистенциальных вопросов, следующей вехой на пути человека к знанию стало создание инструментов – умственных, помогающих отвечать на эти вопросы.

Первые умственные инструменты не производят сильного впечатления. Ни тебе математического анализа, ни научного метода. Эти базовые приспособления мыслительного ремесла при нас уже так долго, что мы склонны забывать: они не всегда были частью нашего склада ума. Однако, чтобы прогресс начался, нам пришлось подождать возникновения профессий, занятых добычей знания, а не пропитания, изобретения письменности, чтобы это знание хранить и им обмениваться, создания математики, которая станет языком науки, и, наконец, рождения представлений о законах. Эти события сопоставимы по масштабу и преобразующей силе с так называемой научной революцией XVII века, и случились они скорее не благодаря отдельным героям, думавшим великие мысли, а как постепенно накапливавшийся побочный продукт жизни первых настоящих городов.

# Глава 4
# Цивилизация

Исаак Ньютон подарил нам, среди прочего, золотые слова: «Если я и видел дальше других, то потому, что стоял на плечах у исполинов». Эта фраза – из его письма 1676 года, адресованного Роберту Гуку [Хуку], ею он подчеркивал, что в своих трудах применил результаты работы Гука, а также Рене Декарта. (Гук позднее станет Ньютону заклятым врагом.) Ньютон, разумеется, извлек пользу из соображений своих предшественников; разумеется, пользу он извлек и из самой этой фразы, в которой сообщает, что извлек пользу, – в 1621 году викарий Роберт Бёртон писал: «Карлик, стоящий на плечах исполина, способен видеть дальше самого [исполина]»; далее, в 1651 году, поэт Джордж Герберт [Херберт] писал: «Карлик на плечах исполина видит дальше их обоих»; а в 1659-м писал пуританин Уильям Хикс: «Пигмей на исполинских плечах видит дальше самого [исполина]». В XVII веке, похоже, карлики и пигмеи верхом на громилах были расхожим образом интеллектуального труда[68].

Предшественники, о которых говорил Ньютон и остальные, были из сравнительно недавнего прошлого. Мы же склонны забывать о роли, которую сыграли поколения за тысячи лет до нас. Но даже если нам хотелось бы считать себя сегодняшних развитыми, мы сделались такими лишь благодаря фундаментальным преобразованиям, состоявшимся, когда неолитические деревни стали первыми настоящими городами. Абстрактное знание и методики мышления, развитые древними цивилизациями, сыграли решающую роль в формировании наших представлений о Вселенной – и нашей способности эти представления расширять.

* * *

Первые города не возникли в одночасье – кочевники не решили в один прекрасный день сбиться в кучу и сразу приняться за охоту и собирательство куриных ножек, упакованных в пенопласт и целлофан. Преобразование деревень в города происходило постепенно, естественно, и началось после того, как укоренился оседлый земледельческий образ жизни, и заняло это сотни или даже тысячи лет. Такая неспешная эволюция оставляет пространство для интерпретаций, когда и какая именно деревня

впервые сделалась городом. И все же чаще всего именуют первыми городами селения 4000 года до н. э. на Ближнем Востоке[69].

Вероятно, самым выдающимся из этих городов и самой значимой силой урбанизации был великий город-крепость Урук на территории современного Ирака, близ города Басра[70]. Хотя первой областью, где возникли города, стал Ближний Восток, в землях этих жизнь была не из простых. Первые поселенцы шли к воде. Может показаться, что это ошибка: бо́льшая часть территорий здесь – пустыня. Но, пусть климат и неблагоприятный, зато география подходящая. В середке пролегает протяженная низина, по которой протекают реки Тигр и Евфрат, а также их притоки, благодаря которым возникла богатая плодородная равнина. Эта равнина именуется Месопотамией, от греческого «междуречье». Первые

поселения – деревни, ограниченные в размерах руслами рек. Позднее, после 7000 года до н. э., земледельческие общины разобрались, как рыть каналы и водохранилища и таким способом расширять проникновение рек, продовольствия стало больше, и урбанизация смогла наконец начаться.

Ирригация – дело непростое. Не знаю, пробовали вы копать канавы или нет, а я вот пробовал – пытался проложить трубу для поливки газона. Первая часть этого процесса – покупка лопаты – далась мне легко. А вот дальше начались трудности. Я занес свой прекрасный инструмент повыше над землей и опустил его с такой уверенностью в себе, что он, завибрировав, отпружинил от твердой почвы. В конце концов я смог довести дело до конца, лишь обратившись к высшему авторитету – дядьке с бензиновым канавокопателем. Жизнь современных городов зависит от всевозможных экскаваций, но редко же мы ими любуемся. Ирригационные каналы древнего Ближнего Востока – многие мили в длину и до семидесяти пяти футов в ширину, и копали их простыми инструментами без всякой помощи машин, – вот подлинное чудо древнего мира.

Чтобы привести воду в поля вдали от естественных речных русл, требовался изнурительный труд сотен, если не тысяч людей, а также проектировщики и надсмотрщики – направлять процесс. Земледельцы вложились в это групповое усилие по нескольким причинам. Во-первых, общественное давление. Во-вторых, объединение усилий – единственный способ обеспечить водой свои собственные земли. Но, какой бы ни была мотивация, усилия земледельцев не пропали втуне. Излишки продовольствия и оседлая жизнь означали, что семьи теперь могут прокормить больше детей – и больше детей выживет. Рождаемость увеличилась, детская смертность сократилась. К 4000 году до н. э. население стремительно прибывало. Деревни расширились до городков, городки стали городами, а города разрослись.

Урук, выстроенный за болотами у Персидского залива, был самым успешным из ранних городов. Он главенствовал в своем регионе, сильно превосходя в размерах все прочие селения. Хотя численность обитателей древних городов оценить довольно трудно, судя по сооружениям и останкам, обнаруженным археологами, в Уруке, похоже, обитало от пятидесяти до ста тысяч жителей – десятикратное приращение по сравнению с Чатал-Гуюком[71]. По нашим понятиям Урук – маленький город, но для своего времени он был Нью-Йорком, Лондоном, Токио, Сан-Паулу.

Обитатели Урука пахали поля плугами-сеялками – особым и трудным в обращении инструментом, который сыплет семена в борозду по мере

вскапывания. Они осушили болота и вырыли каналы, соединенные сотнями канав. На орошаемых землях обильно росли зерновые культуры и садовые фрукты – в основном, ячмень, пшеница и финики. Жители держали овец, ослов, крупный рогатый скот и свиней, ловили рыбу и птицу в заболоченных землях рядом, а в реках – черепах. Они доили коз и буйволиц, а также обильно пили пиво, производимое из ячменя. (Химический анализ древней глиняной посуды подтверждает существование пива еще за 5000 лет до н. э.).

Все это значимо для нас потому, что становление профессий требовало нового понимания материалов, химических веществ, циклов жизни и потребностей различных растений и животных[72]. Производство продовольствия породило рыбаков, земледельцев, пастухов и охотников. Ремесленничество из частичной занятости в каждом хозяйстве превратилось в полноценное дело отдельного класса умельцев, владеющих особыми навыками. Хлеб стал продуктом пекарей, пиво – пивоваров[73]. Возникли таверны, а с ними и их держатели, среди которых попадались и женщины. Из того, что осталось от одной мастерской, где, судя по всему, работали с расплавленными металлами, можно сделать вывод о существовании металлургов. Гончарное дело тоже, похоже, стало профессией: тысячи простых плошек со скошенным краем, которые, судя по всему, производили массово и стандартного размера, – возможно, еще не магазин «всё по девяносто девять центов», но уже централизованное керамическое производство.

Другие специализированные работники посвящали себя изготовлению одежды. Уцелевшие творения того периода изображают прях, и антропологи обнаружили фрагменты шерстяных тканей. Более того, судя по животным останкам, примерно в те времена пастухи начали держать гораздо больше овец, нежели коз. Поскольку козы дают больше молока, увеличение поголовья овец в стадах, возможно, отражает возросший интерес к шерсти. Вдобавок, по найденным костям понятно, что пастухи забивали овец в их преклонном возрасте, что не лучшее решение, если забой производят ради мяса, зато мудрое, если овцу держат ради шерсти[74].

Все эти сформировавшиеся профессии – большая радость всем, кто хотел пива или молока и посуды, из которой их пить, но они к тому же воплощают достославную веху в истории человеческого интеллекта: объединенные усилия новых умельцев подтолкнули беспрецедентный взрыв постижения. Да, то было знание, добытое по чисто практическим

причинам и переплетенное с мифом и ритуалом. И да, рецепты пива включали в себя наставления, как вымолить благосклонность богинь, властвовавших над производством пива и над радостями, им доставляемыми. В журнале «Нейчер» об этом не пишут, и все же таков был зачаточный материал, из которого позднее вырастет научное знание, которое искали ради него самого.

* * *

Вдобавок к развитию профессий, чьей целью было создание предметов, существовала и горстка специальностей, возникших примерно тогда же и ориентированных не на физический труд или производство питания и материальных благ, а на деятельность ума.

Говорят, мы ощущаем большую связь с людьми своей профессии, чем с членами почти любой другой группы. В большинстве практических дел я почти такой же никудышный, как и в копании канав, и мое главное достоинство в мире труда – способность без устали весь день сидеть и думать, и, к счастью, у меня есть возможность продолжать и дальше двигаться по этому пути. И потому я ощущаю связь с теми древними купцами знания. Пусть они исповедовали многобожие и суеверия, они мне братья – и родня всем нам, тем, кому выпала честь зарабатывать на жизнь мышлением и исследованием.

Новые «интеллектуальные» профессии развились потому, что городской образ жизни, возникший в Месопотамии той эпохи, требовал какой-никакой централизации, а это означало создание систем и правил, а также сбор и запись сведений.

К примеру, урбанизация предполагала развитие систем обмена – а также органа, который бы следил за этим обменом; возросшее, но сезонное производство продуктов питания нуждалось в общественной системе хранения; а поскольку земледельцы и люди, зависящие от их труда, в отличие от кочевых племен, не могут попросту бросить свое жилье в случае нападения, значит, возникает необходимость в народной дружине или армии. Скажу больше: месопотамские города-государства вели постоянные междоусобные войны за землю и источники воды.

Был и большой спрос на организованную рабочую силу для выполнения общественных задач. Вокруг городов, чтобы отпугнуть потенциальных нападающих, уж во всяком случае требовалось возводить толстые стены. Нужно было строить и дороги – чтобы обеспечить

движение нового транспорта на свеже-изобретенных колесах, а земледелию необходимы были все более масштабные оросительные системы. И, конечно, само существование централизованного руководства требовало постройки больших зданий, чтобы бюрократам было где размещаться.

А тут еще и нужда в силах правопорядка[75]. Когда население точек оседлости составляло всего десятки или сотни людей, все вполне могли друг друга знать лично. Но когда население возросло до тысяч, где уж тут всех знать, и потому людям часто приходилось общаться с незнакомцами, что изменило суть человеческих конфликтов. Как меняется групповая динамика по мере расширения группы, уже давно исследуют антропологи, психологи и нейробиологи, но на простейшем уровне довольно просто понять, что происходит. Если мне предстоит встречаться с кем-нибудь постоянно, лучше сделать вид, что он мне симпатичен, даже если это не так. А делать вид, что вам кто-то нравится, в общем случае означает, что вы не станете бить этого человека по голове глиняной табличкой с целью умыкнуть его козу. Но если я человека не знаю и предполагаю, что пути наши более никогда не пересекутся, мысль о вкуснейшем козьем сыре может оказаться слишком соблазнительной. В результате конфликты теперь возникали не только среди родственников, друзей или знакомых, но между чужими друг другу людьми, и потому требовалось создание формальных методов разрешения конфликтов, а также полиции, что, в свою очередь, стало еще одной движущей силой формирования централизованного аппарата управления.

Кто они были – правители первых городов планеты, люди, обеспечившие возможность любых централизованных действий? Жители Месопотамии считали влиятельными фигурами тех, кто посредничал между ними и их богами, кто помогал им выполнять религиозные обязательства и отправлять ритуалы.

Месопотамцы, в отличие от нас, не проводили границы между церковью и государством – в Месопотамии они были нераздельны. Каждый город был обиталищем бога или богини, и каждый бог или богиня покровительствовали тому или иному городу. Жители каждого города верили, что их существованием управляют боги, и строили свой город как обитель богов[76]. А если город приходил в упадок, жители верили: это оттого, что их покинули боги. Так религия стала не просто системой верований, скреплявшей общество, а исполнительной силой, насаждавшей правила. Более того, благодаря страху перед богами религия оказалась полезным инструментом поддержания покорности. «Блага получал бог

города и распределял их между людьми, – писал исследователь Ближнего Востока Марк Ван Де Миероп. – Храм, дом бога, был центральным учреждением, обеспечивавшим работу всей системы… Храм, расположенный в городе, был фокусной точкой всего»[77]. В результате на верхушке урукского общества возникло место священника-царя, чье влияние проистекало из его роли в храме.

Влияние означает власть, но действенность правителя зависит от его способности собирать данные. К примеру, если религиозной правящей общности нужно было надзирать за обменом товаров и труда, собирать налоги и добиваться исполнения договоров, ей требовались люди, которые могли бы собирать, обрабатывать и хранить данные, связанные с этими действиями. В наши дни мы представляем себе правящую бюрократию наделенной интеллектуальной мощью футбольной команды первой спортивной лиги колледжей, но именно из первых правящих бюрократий специализированный интеллектуальный класс и возник. И именно ради их бюрократических нужд зародились и развились важнейшие методы мышления – чтение, письменность и арифметика.

Мы считаем эти навыки самыми простыми, осваиваем их, как только вырастаем из подгузников, еще до овладения первым смартфоном. Но простыми они кажутся лишь потому, что очень давно их кто-то изобрел, и с тех пор эти умения передают учителя, берущие на себя заботу учить нас. В древней Месопотамии, носи там кто-нибудь звание профессора, они были бы профессурой чтения, письма, счета и сложения и имели бы дело с самими передовыми – для своего времени – предметами исследования и дальнейшего обучения им других людей.

* * *

Разительное отличие между нами и миллионами других видов животных на Земле состоит в том, что один человеческий ум способен очень сложно и изощренно влиять на мысли другого. Разновидность власти над мыслью, о которой я говорю, проявляется через речь. Другие животные могут подавать друг другу сигналы страха или опасности, голода или симпатии, а в некоторых случаях способны сообщить всё это и нам, но они не умеют разбираться в абстрактных понятиях и не могут осмысленно выстроить более нескольких слов одно за другим. Шимпанзе в силах выбрать по команде карточку с нарисованным на ней апельсином, а попугай – допечь вас бесконечно повторенной фразой: «Полли хочет

крекер». Но их способность превзойти выполнение простых запросов, команд, предупреждений и определений практически равна нулю[78].

Когда в 1970-х годах исследователи научили шимпанзе языку знаков – чтобы разобраться, могут ли эти животные освоить внутреннее устройство грамматики и синтаксиса, лингвист Ноам Хомский [Ноум Чомски] отметил: «Вероятность того, что обезьяна выкажет речевые способности, такова же, как и у существования затерянного острова с разновидностью нелетающих птиц, ждущих, когда человек научит их летать»[79]. Прошло несколько десятилетий, и стало ясно, что Хомский был прав.

В точности так же, как птицы не изобретали летания, а птенцам не нужно посещать летную школу и набирать навыки, речь представляется для человека естественной – но исключительно для человека. Нашему виду, чтобы выжить в дикой природе, пришлось научиться сложному общинному поведению, и, как я все время напоминаю своим детям-подросткам, – тыканье пальцами и хрюканье мало что дает. И потому, как зрение и способность держать корпус вертикально, речь развилась как биологическое приспособление, а помог ей в этом ген, имевшийся в человеческих хромосомах до того давно, что его нашли в ДНК древних неандертальцев.

Поскольку способность к устной речи у людей врожденная, можно было бы предположить ее повсеместное проявление, и, похоже, так и есть: ее «изобретали» в разных местах, независимо, вновь и вновь, по всему земному шару, в каждом сборище людей, обитавших вместе. Перед неолитической революцией языков вообще было столько же, сколько племен. Вот по крайней мере одна причина так думать: до британской колонизации Австралии в конце XVIII века на австралийском континенте обитало пятьсот местных племен, в каждом – сотен по пять людей, вели они по-прежнему до-неолитический образ жизни, и у каждого племени был свой язык[80]. Стивен Пинкер даже говорил: «Ни одного немого племени до сих пор не было обнаружено, и нет данных, что эта область планеты служила “колыбелью” речи, откуда язык распространился среди прежде безъязыких сообществ»[81].

Хотя устная речь – важная определяющая черта человеческого рода, речь письменная – определяющая черта человеческой цивилизации, а также один из ее важнейших инструментов. Говорение дало нам возможность общаться с небольшой группой людей вокруг нас, письмо сделало возможным обмен мыслями между людьми, находящимися далеко друг от друга – и в пространстве, и во времени. Оно сделало возможным широкое

накопление знания – так культура обогащается с опорой на прошлое. Тем самым мы смогли выйти за границы собственного личного знания и памяти. Телефон и интернет изменили мир, однако задолго до того, как они возникли, письмо было первым и самым революционным методом коммуникации.

Речь – штука естественная, ее не пришлось изобретать. А вот письмо – пришлось, и есть множество племен, так этот шаг и не сделавших. Хоть мы и воспринимаем ее как должное, письменная речь есть одно из величайших изобретений в истории – и одно из сложнейших. Масштаб задачи отражен фактом, что, хотя лингвисты задокументировали более трех тысяч языков, на которых ныне говорят в мире, лишь около сотни из них удалось записать[82]. Более того, за всю историю человечества письменность была независимо изобретена всего несколько раз и распространилась по миру в основном благодаря культурным обменам: люди заимствовали или приспосабливали уже существовавшие системы, а не переизобретали письмо заново.

Похоже, первое применение письменного слова, примерно 3000 лет до н. э., произошло у шумеров, в южной Месопотамии. Совершенно уверены мы лишь в еще одном самостоятельном изобретении системы письменности – в Мексике, до 900 года до н. э.[83] Вдобавок возможно, что египетская (3000 лет до н. э.) и китайская (1500 лет до н. э.) письменности также развивались независимо от других систем. Вся известная нам ныне письменная речь происходит от одного из этих изобретений.

В отличие от большинства людей я лично получил опыт попытки «изобрести» письменное слово: когда мне было то ли восемь, то ли девять лет, я состоял в «Волчатах-скаутах», и вожак нашей стаи дал нам задание – попробовать создать свою систему письменности. Когда мистер Питерз возвращал наши работы, сразу было видно, что моя произвела на него впечатление. То, что вышло у меня, совсем не походило на работы других детей. Те просто слегка видоизменили буквы английского алфавита. А моя система письменности смотрелась совершенно по-новому.

Прежде чем вернуть мою работу, мистер Питерз еще раз в нее вгляделся. Он меня недолюбливал, и я видел, что он ищет, к чему бы придраться и не похвалить созидательный гений, скрывавшийся за эдаким творением. «У тебя… хорошо получилось», – буркнул он. Перед «хорошо» он помедлил, будто, потратив на меня это слово, придется заплатить его изобретателю недельную зарплату в виде авторских отчислений. И, уже протягивая мне листки, вдруг отдернул руку. «Ты в воскресную школу

ходишь же, да?» – спросил он. Я кивнул. «А письменность вот эта, которую ты изобрел, она случайно не на основе ивритского алфавита?» Врать я не мог. Да, я, как и все остальные, попросту взял знакомый мне алфавит и видоизменил буквы. Стыдиться тут нечего, но я расстроился вдрызг. Мистер Питерз всегда считал меня не просто ребенком, а еврейским ребенком, и я подтвердил его правоту.

Наше маленькое скаутское испытание оказалось непростым, однако у нас по сравнению с теми, кто изобретал письменность впервые, было решающее преимущество: нас уже научили, как устную речь можно разбить на простейшие звуки и обозначить их отдельными буквами. А еще мы выучили, что некоторые ключевые звуки, вроде «*th*» и «*sh*»[84], – это не одна буква, и мы умели различать звуки «б» и «п», что могло бы оказаться трудным, не будь у нас в запасе опыта обращения с какой бы то ни было системой письменности.

Прочувствовать эту трудность можно, попробовав определить составляющие звука, когда при вас разговаривают на иностранном языке. Чем более чужд вам язык – к примеру, китайская речь, если сами вы говорите на одном из индоевропейских языков, – тем труднее это определение. Вам будет непросто выделить много какие отдельные звуки, а различить тонкости вроде разницы между звуками «б» и «п» – и подавно. Но все же древняя шумерская цивилизация преодолела эти препятствия и создала письменный язык.

Исходное применение свежеизобретенных технологий часто отличается от роли, которую они позднее будут играть в обществе. Более того, тем, кто трудится в областях, живущих новаторством и открытиями, важно понимать: изобретатели нового, подобно создателям научных теорий, как далее убедимся, зачастую не вполне понимают значение того, что они придумали.

Если посмотреть на письменность как на технологию, то есть как на запись устной речи на глину (или, позднее, на другие основы – на бумагу, допустим), представляется естественным сравнить ее эволюцию с развитием метода аудиозаписи. Когда Томас Эдисон его разработал, он понятия не имел, что люди в конце концов применят его к записи музыки[85]. Он думал, что коммерческой ценности у метода нет, кроме, быть может, увековечивания последних слов умирающих или же конторских диктовок. Так же и с изначальной функцией письма – она была очень далека от той, которую будет выполнять в обществе позднее. Вначале письменность применяли попросту для хранения записей и составления

списков, то есть в задачах, сопряженных с литературой не больше, чем таблица в «Экселе».

* * *

Самые ранние известные нам надписи были сделаны на глиняных табличках, найденных в храмовом комплексе на территории Урука. Это списки, в которых фигурируют мешки зерна и поголовье скота. Есть и таблички, фиксирующие распределение трудовых задач. К примеру, из них мы знаем, что религиозное сообщество одного храма наняло восемнадцать пекарей, тридцать одного пивовара, семерых рабов и кузнеца[86]. Благодаря частичному переводу мы в курсе, что работникам выдавали определенные пайки товаров, в том числе ячмень, масло и ткани, одна профессия была обозначена как «глава города», другая – «повелитель скота». Хотя можно себе представить много разных целей письма, 85 % табличек с письменами, найденных при раскопках, – бухгалтерского свойства.

Оставшиеся 15 % почти целиком посвящены обучению будущих бухгалтеров[87]. А учиться нужно было ох как многому чему: путаная в те времена была бухгалтерия. К примеру, людей, животных и вяленую рыбу считали в одной системе чисел, а зерновые, сыр и свежую рыбу – в другой[88].

Во времена своего зарождения письменность применялась к таким вот исключительно утилитарным делам. Ни тебе бульварного чтива, ни записанных теорий устройства вселенной, одни бюрократические своды документов – счета, списки товаров и личные печати, или «автографы», подтверждавшие написанное. С виду – скукота, однако у такого применения письменной речи возникли важнейшие следствия: без этих записей не сложилась бы городская цивилизация, поскольку людям не удалось бы создать и поддерживать сложные симбиотические отношения, кои позднее стали определяющей чертой городской жизни.

В городе мы все постоянно делимся друг с другом, отдаем и принимаем – покупаем и продаем, выставляем счета, доставляем и отправляем, даем и берем взаймы, платим за работу и получаем деньги за сделанное, обещаем и выполняем обещанное. Не будь письменного языка, все эти взаимодействия погрязли бы в хаосе и раздорах. Попытайтесь представить неделю своей жизни, в которой никакое событие, никакой обмен – включая сделанное вами самими или часы вашей работы – нельзя

было бы записать, никоим образом. Подозреваю, мы не смогли бы провести даже профессиональный баскетбольный матч так, чтобы фанаты с обеих сторон не присвоили победу своей команде.

Первые системы письменности были столь же примитивны, как и их задачи. Для обозначения количества чего угодно применялись черточки – и для счета фруктов, и животных, и людей. Со временем, чтобы проще было различать, какие черточки обозначают овец, а какие – их хозяев, естественно потребовалось усложнить систему – подрисовывать рядом с числами пиктограммки, и записи вскоре включили в себя картинки, означавшие слова. Ученые определили значение более тысячи таких древних пиктограмм. Например, контуром коровьей головы обозначали корову, треугольником из трех полукружий – горы, треугольником со символом вульвы внутри – женщину. Существовали и составные значки – «рабыня», к примеру, буквально, «женщина из-за гор», этот значок – сочетание символов «женщина» и «гора»[89]. Постепенно пиктограммами стали обозначать и глаголы, начали получаться целые фразы. Пиктограммы руки и рта рядом со значком «хлеб» составляли глагол «питаться»[90].

Ранние писцы наносили пиктограммы на плоские глиняные таблички посредством заостренных приспособлений. Позднее символы выдавливали в глине с помощью тростниковых стилусов, оставлявших клиновидные отметины. Такие пиктограммы называются клинописью. На раскопках Урука были найдены тысячи древних глиняных табличек – простые списки вещей и их количеств, без всякой грамматики.

Из-за того, что разных пиктограмм набиралось очень много, у символьной письменности был очевидный недостаток – ей было невероятно трудно выучиться. Сама эта сложность привела к формированию небольшого общественного класса грамотных людей – класса мыслителей, о которых я уже говорил. Эти первые профессиональные умники стали привилегированной кастой с высоким положением в обществе, а местный храм или дворец поддерживал ее. В Египте таких людей, судя по всему, даже освобождали от налогов.

Археологические находки, относящиеся примерно к 2500 году до н. э., показывают, что потребность в писцах породила еще одно великое нововведение: первые в мире школы, известные в Месопотамии под названием «дома табличек»[91]. Поначалу эти дома были соединены с храмами, но позднее их возводили и как частные постройки. Название происходит от глиняных табличек, которые в школах были в большом ходу, – в любом школьном классе, видимо, были полки, на которых

таблички выкладывали на просушку, и печь для их обжига, а также сундуки для дальнейшего хранения. Поскольку системы письменности все еще были сложны, начинающим писцам, чтобы запомнить и наловчиться воспроизводить тысячи затейливых клинописных значков, приходилось учиться по многу лет. Недооценить важность этого шага на марше человеческого интеллектуального прогресса нетрудно, однако мысль, что обществу нужно создать профессию, посвященную передаче знания, и что ученикам потребно тратить многие годы на усвоение этого знания, – нечто, очевидно, совсем уж новое, подлинное озарение для нашего биологического вида.

Шумеры постепенно смогли упростить свой письменный язык, одновременно применяя его для передачи все более сложных представлений и мыслей. Шумеры разобрались, как можно запечатлевать некоторые слова, трудные в письменном отображении, приспособив символ другого слова, которое звучит похоже, но зато записать его просто. Например, пиктограмму слова *«to»* можно сделать из пиктограммы слова *«two»*[92], видоизменив ее с помощью значка, который символизирует непроизносимый звук и называется «детерминатив», и таким образом сместив значение исходной пиктограммы. Изобретя такой метод, шумеры принялись придумывать символы, означающие грамматические окончания, – например, применяя видоизмененный символ слова *«shun»* для обозначения суффикса *«-tion»*[93]. Обнаружилось, что можно применять похожую уловку при написании длинных слов с помощью коротких – подобно тому, как можно составить слово *«today»* из символов, обозначающих *«two»* и *«day»*[94]. К 2900 году до н. э. благодаря таким нововведениям удалось сократить количество отдельных пиктограмм в шумерском языке с двух тысяч до примерно пятисот.

Ставший более гибким инструментом письменный язык теперь проще было применять на практике и приспосабливать к более сложной коммуникации, а «дома табличек» теперь могли расширить диапазон преподаваемых дисциплин[95] и включить в него письмо и арифметику, а также, со временем, обучение особой лексике зародившихся астрономии, геологии, минералогии, биологии и медицины – не принципы этих дисциплин, а просто списки слов и их значений. Эти школы также учили своего рода практической философии – собранным у городских старейшин «мудрым речениям», кои служили наставлениями в успешной жизни. Речения эти были вполне откровенны и практичны – «Не женись на проститутке», например. Не Аристотель, конечно, однако по сравнению с

пересчетом зерна и коз – какой-никакой шаг вперед; так зарождались устремления ума – и учреждения, которые впоследствии создадут мир философии, а позднее – и наук.

Примерно к 2000 году до н. э. письменная культура Месопотамии сделала еще один прорыв, на сей раз породив корпус литературных текстов, сообщавших об эмоциональной стороне человеческой жизни[96]. Каменная табличка той эпохи, найденная на месте археологических раскопок милях в шестистах к югу от современного Багдада, запечатлела старейшее известное нам любовное стихотворение. Оно написано от имени жрицы, объясняющейся в любви царю, а ее слова описывают чувства, понятные и узнаваемые ныне в той же мере, в какой и четыре тысячелетия назад:

*Жених, дорогой сердцу моему,*
*Божественна красота твоя, медово-сладкий,*
*Ты пленил меня, позволь быть рядом, трепеща, с тобою;*
*Жених, я бы пошла в покои брачные.*
*Жених, упоенье во мне ты нашел,*
*Скажи моей матери, она оделит тебя угощением;*
*отцу скажи, он дары тебе поднесет.*

За несколько веков после написания этого стихотворения возникла еще одна новация: представление звуков, из которых составлено слово, а не предмета, которое слово обозначает. Этот метод радикально изменил природу письма: символами теперь обозначали слоги, а не понятия. Он логично вытекал из старой шумерской уловки замены части слова на другое слово, имеющее самостоятельный смысл. Нам неизвестно доподлинно, как и когда именно произошел этот прорыв, но можно уверенно говорить, что развитие более экономного способа записи было связано с процветанием междугородней торговли, поскольку ведение торговой переписки и деловых записей пиктограммами наверняка получалось громоздким. Вот так к 1200 году до н. э. возникло финикийское письмо[97] – первый великий алфавит в истории человечества. Прежде требовалось запоминать сотни затейливых символов, а теперь довольно было всего нескольких десятков простейших значков, применяемых в разных сочетаниях. Финикийский алфавит позднее, возможно, заимствовали и приспособили арамейский, персидский, арабский языки и иврит, а около 800 года до н. э. – греческий. Из Греции же он постепенно

распространился по всей Европе[98].

* * *

Первым городам нужна была, помимо чтения и письма, еще и определенная развитость математики. Я всегда считал, что математика занимает в человеческом сердце особое место. «Ага, – возможно, думаете вы, – как холестерин». Что правда, то правда, есть у математики ее хулители – и были всегда. Еще в 415 году н. э. Святой Августин писал: «Существует… опасность, что математики заключили сделку с дьяволом, чтобы смутить дух человека и предать его аду»[99]. Бесили его, видимо, астрологи и нумерологи – в его времена именно они в основном и практиковали темное искусство математики. Но, думаю, слыхал я примерно то же самое – и не раз – и от своих детей, может, не столь высокопарно. И все же, нравится это нам или нет, математика и логическое мышление представляют важную часть человеческого устройства.

За века ее существования математику применяли очень по-разному: математика как наука в нашем современном определении не столько отдельная область знания, сколько подход к постижению – метод рассуждения, в котором необходимо тщательно формулировать понятия и допущения и приходить к выводам, применяя строгую логику. То же, что обычно называют «первой математикой», не есть математика в этом смысле, в той же мере, в какой шумерское ведение дел – не письмо в шекспировском смысле.

*Руины древнего Вавилона, вид из бывшей летней резиденции Саддама Хусейна*

Древняя математика подобна той, какой маются мои дети и другие ученики, штудируя ее в начальной школе: набор правил, которые можно более или менее бездумно применять к решению определенных задач. В первых городах Месопотамии[100] эти задачи в основном относились к отслеживанию денег, материалов и трудовых ресурсов, к арифметике мер и весов, а также к расчетам простых и сложных процентов – все тем же будничным хлопотам, какие подтолкнули развитие письма, и столь же неотъемлемым от жизни городского общества.

Арифметика, возможно, – наиболее влиятельная ветвь математики. Даже первобытные народы применяют некую систему вычислений, хотя могут и не уметь считать дальше пятого пальца на руке. Малыши тоже, судя по всему, рождаются со способностью определять число предметов в наборе, хотя лишь в пределах четырех[101]. Однако чтобы превзойти простой счет, которым мы овладеваем почти сразу по выходу из материнской утробы, необходимо освоить сложение, вычитание, умножение и деление – навыки, развиваемые человеком все раннее детство.

Первые городские цивилизации разработали формальные и зачастую непростые правила и методы арифметических расчетов, а также изобрели способы решения уравнений с неизвестными величинами – эти задачи мы ныне решаем при помощи алгебры. По сравнению с современной алгеброй та, древняя, была в лучшем случае зачаточной, однако людям той эпохи

удалось найти, скажем так, рецепты – чуть ли не сотни рецептов – производить сложные вычисления, сопряженные с решением квадратных и кубических уравнений. И они превзошли простые деловые задачи и стали применять эти методики к задачам инженерным. Прежде чем копать канаву, например, инженер из Вавилона, области на юге Месопотамии, рассчитывал необходимое количество рабочих рук, вычисляя объем земли, который предстоит извлечь, и деля его на количество земли, которое в состоянии выбрать один землекоп в течение дня. А перед тем как браться за строительство, вавилонский инженер проделывал аналогичные вычисления, чтобы определить требуемое количество труда и кирпичей.

Невзирая на эти достижения, в одном важном практическом аспекте месопотамские математики недотягивали. Применение математики – искусство, а средство этого искусства – язык символов. В отличие от обычного языка, символы и уравнения математики выражают не просто понятия, а отношения между ними. И потому невоспетый герой математики – математическая запись. Хорошая запись делает отношения между понятиями точными и явными, она упрощает человеческому уму задачу размышления о них; плохая запись сообщает логическому анализу неэффективность и неудобство. Вавилонская математика – из второй категории: все ее рецепты и расчеты записывались обычным бытовым языком того времени.

Одна вавилонская табличка, например, содержала следующий расчет: «Четыре есть длина и пять есть диагональ. Какова ширина? Размер ее неведом. Четыре раза по четыре есть шестнадцать. Пять раз по пять есть двадцать пять. Вынимаем шестнадцать из двадцати пяти, остается девять. Сколько раз мне взять, чтобы получилось девять? Три раза по три есть девять. Три есть ширина». В современной записи это выглядело бы так: $x^2 + 4^2 = 5^2$; $x = \sqrt{(5^2 - 4^2)} = \sqrt{(25 - 16)} = \sqrt{9} = 3$. Большой недостаток математической задачи, приведенной на табличке, не только в ее громоздкости, а еще и в том, что мы не можем применять алгебраические правила и производить действия в уравнении, записанном прозой.

Рождения математической записи не произошло вплоть до классической эпохи индийской математики, начавшейся около 500 года н. э. Достижения индийских математиков переоценить трудно. Они применяли десятеричную систему, ввели понятие нуля как числа и описали его свойства: умножение любого числа на нуль дает нуль, сложение нуля с любым числом оставляет число без изменений. Они также предложили отрицательные числа – чтобы представлять задолженности, хотя, как

отмечал один математик того времени, их «люди не одобряют». Но самое главное – они применили символы для обозначения неизвестных величин. Однако первые арифметические сокращения[102] – *«p»* для обозначения «плюса» и «m» для обозначения минуса – в Европе появились лишь в XV веке, а знак равенства изобрели только в 1557 году, когда Роберт Рекорд из Оксфорда и Кембриджа выбрал символ, которым мы доныне пользуемся, поскольку считал, что нет более похожих предметов, нежели две параллельные прямые (а еще потому, что параллельные прямые уже применялись в типографских украшениях текста, и печатникам не нужно было отливать новую форму).

Я сосредоточился на числах, однако мыслители первых городов мира многого добились и в математике форм – не только в Месопотамии, но и в Египте. В тех краях источником жизни был Нил, ежегодно затоплявший свою пойму на четыре месяца, покрывая почвы плодородным илом, однако внося неразбериху в границы владений. Каждый год после затопления полей[103] официальным лицам приходилось заново определять границы земледельческих угодий и их площади – исходя из этих данных высчитывались налоги. Тут дела нешуточные, и египтяне разработали точную, хоть и довольно громоздкую систему расчетов площадей квадратов, прямоугольников, трапеций и кругов, а также объемов кубов, параллелепипедов, цилиндров и других фигур, имевших отношение к хранению зерна. Понятие «геометрия» происходит от той землемерной деятельности – оно означает на греческом «измерение земли».

Практическая геометрия в Египте достигла таких высот, что в XIII веке до н. э. египетские инженеры смогли с погрешностью в одну пятидесятую дюйма ровно положить пятидесятифутовую балку в пирамиде[104]. Но, как и с арифметикой и примитивной алгеброй вавилонян, геометрия древнего Египта имела мало общего с тем, что мы ныне именуем математикой. Ту геометрию изобрели для практического применения, а не ради утоления человеческой тяги к глубинным мировым истинам. И потому, прежде чем достичь высот, которые позднее станут необходимы для развития физики как науки, геометрии пришлось превзойти практические задачи и взяться за теоретические. Греки, в особенности Евклид, добились этого в IV–V веках до н. э.

Развитие арифметики, алгебры и геометрии много веков спустя позволило зародиться теоретическим законам науки, но попыткам представить цепочку открытий недостает одного звена, которое, возможно, неочевидно для нас, живущих ныне: прежде чем рассуждать о том или

ином законе природы, нужно, чтобы возникло само понятие закона.

* * *

Значительные технологические прорывы с громадными последствиями легко воспринимать как революционные. Однако новые способы мышления, новые подходы к знанию бывают менее заметны. Один из методов мышления, о чьем возникновении мы редко раздумываем, – восприятие природы в понятиях законов.

Сегодня понятие научного закона мы принимаем как должное, однако, подобно многим великим нововведениям, оно сделалось очевидным лишь в развитии. Смотреть на жизнь природы и прозревать, как Ньютон, что у всякого действия есть равное по силе и противоположное по направлению встречное действие, то есть думать в понятиях не отдельных случаев, а абстрактных закономерностей поведения, – громадный скачок в человеческом развитии. Такой способ думать эволюционировал постепенно, со временем, и коренится он не в науке, а в обществе.

Современное понятие «закон» имеет множество выраженных значений. Научные законы описывают, как ведут себя физические предметы, но никак не объясняют, почему они так себя ведут. Ни валуны, ни планеты не призовешь к послушанию, не накажешь за его отсутствие. В области общественного и религиозного, напротив, законы описывали не то, как люди себя ведут, а как должны себя вести, и приводили цели послушания – чтобы быть хорошим человеком или же чтобы избегнуть наказания. Понятие «закон» применимо в обоих случаях, но ныне эти два понятия имеют мало общего. Когда же эта мысль возникла впервые, между законами человеческими и теми, что управляют неодушевленным миром, различия не проводили. Неодушевленные предметы считались подчиненными закону в той же мере, в какой людьми управляют религиозные и этические правила.

Понятие закона рождено религией[105]. Люди древней Месопотамии, глядя по сторонам, видели мир на грани хаоса, спасаемый лишь богами, которым больше нравится порядок – пусть хоть какой-то, пусть условный[106]. То были подобные людям божества – они действовали, как мы, из эмоциональных порывов и капризов, и постоянно вмешивались в жизнь смертных. У всего было свое божество – вот прямо тысячи их, в том числе бог пивоварения, боги земледельцев, писцов, торговцев и

ремесленников. Был бог стойл. Были и демоны: один вызывал эпидемии, другой, демон-женщина по имени Гасительница, убивал маленьких детей. И в каждом городе-государстве имелся не только свой верховный бог, но и целый сонм подчиненных богов – привратников, садовников, послов, цирюльников.

Поклонение всем этим богам включало и принятие формального этического кодекса. Трудно вообразить себе жизнь, не защищенную законодательно, однако до возникновения городов кочевники формализованных сводов законов не имели. Разумеется, люди понимали, какое поведение понравится окружающим, а какое – совсем нет, однако правила поведения вроде «Не убий» никто в абстрактные декреты не облекал. Поведением людей управляли не своды общих положений, а в каждом отдельном случае – тревога о том, что подумают другие, и страх осуждения теми, у кого больше влияния.

Боги городской Месопотамии, впрочем, выдавали конкретные этические указания, требующие от паствы подчинения формальным правилам в диапазоне от «Помогай другим» до «Не блюй в ручьи». Так верховная власть впервые дала народу то, что можно было бы счесть формальным законом[107]. Нарушения же просто так не прощали: сказано было, что нарушителя постигнут немалые неприятности в виде болезни или смерти, а наказание придет от богов-демонов – Лихорадки, Желтухи или Кашля.

Боги творили дела свои и через земных владык, чье влияние имело теологический характер. Во времена первой Вавилонской империи, в XVIII веке до н. э., возникла более или менее единая теологическая теория природы, в которой трансцендентный бог давал людям законы[108], управлявшие и действиями людей, и тем, что мы назвали бы неодушевленным миром. Этот набор человеческих гражданских и уголовных законов назывался Кодексом Хаммурапи.

Он назван в честь царя Вавилона, коему великий бог Мардук велел «принести на земли закон праведности, уничтожить нечестивцев и злодеев».

Свод законов Хаммурапи увидел свет за год до смерти Хаммурапи, в 1750 году до н. э. Нельзя сказать, что этот свод – образец демократического права: знати и людям царского рода многое спускали с рук, привилегий у них было больше, рабов можно было покупать, продавать – и убивать. Но кодекс все же содержал справедливые правила, хоть и требовал «око за око» с суровостью Торы, которая возникла примерно тысячу лет спустя.

Кодекс Хаммурапи, к примеру, повелевал убивать за любую кражу; бросать в огонь того, кто пытается воровать, помогая на пожаре; любая «сестра божья», если пытается открыть таверну, должна быть сожжена; всякий, кто из-за «лени» не поддерживает плотину на своей территории в порядке и учиняет затопление земель, должен возместить зерном любую порчу урожая у других; всякий, кто клянется богом, что у него украли вверенные ему чужие деньги, отдавать их не обязан[109].

Законы из свода Хаммурапи вырезали на восьмифутовой глыбе черного базальта – очевидно, для всеобщего обозрения и отсылок. Эту глыбу обнаружили в 1901 году, сейчас ее выставляют в Лувре. В отличие от пирамид, Кодекс Хаммурапи не есть великое физическое достижение, однако достижение интеллектуальное – и великое притом: это попытка возвести леса порядка и разумности, охватывающие все общественные отношения вавилонского общества – коммерческие, денежные, военные, семейные, врачебные, нравственные и так далее, – и на сегодня Хаммурапи – самый ранний пример владыки, установившего закон для своего народа.

Как я уже говорил, считалось, что бог Мардук правит не только народом, но и физическими процессами: он повелевал звездами в точности так же, как и людьми. И потому, параллельно с Кодексом Хаммурапи, Мардук, как считается, создал некий свод законов и для природы. Эти постановления, управляющие, как мы бы его сейчас назвали, неодушевленным миром[110], были первыми научными законами – в том смысле, что они описывали природные явления. В современном смысле они законами природы, однако, не были, поскольку лишь смутно сообщали, как живет природа, и были, подобно Кодексу Хаммурапи, приказами Мардука природе.

Представление о том, что природа «подчиняется» законам в том же смысле, в каком и люди, прожило не одно тысячелетие. Например, знаменитый натурфилософ древней Греции Анаксимандр говорил, что все возникает из первородного вещества и возвращается в него же, иначе предметам и явлениям придется «платить пошлину и воздавать за беззаконие согласно указу времени»[111]. Гераклит тоже говорит, что «солнце своих пределов не преступит, иначе [богиня правосудия] найдет [и накажет] его»[112]. Понятие «астрономия» происходит от греческого слова «номос» – «закон», в значении закона человеческого. Только при Кеплере, то есть в начале XVII века, понятие «закон» стали употреблять в современном смысле – как обобщение, сделанное на основе наблюдений, описывающее поведение того или иного природного явления, но которому

не требуется присваивать цель или мотивацию. И переход к этому современному пониманию не был резким: несмотря на то, что Кеплер иногда писал о математических законах[113], даже сам он верил, что Бог велел Вселенной следовать принципу «геометрической красоты», и объяснял, что движение планет, возможно, происходит от того, что «ум» планеты в состоянии воспринять и исчислить свою орбиту.

* * *

Историк Эдгар Цильзель, изучавший историю представлений о научном законе, писал, что «человек, похоже, склонен осмыслять природу… по образцу общества»[114]. Наши попытки формулировать законы природы, иными словами, похоже, произрастают из нашей естественной склонности понимать свое личное существование, а наш опыт и культура, в которой мы выросли, влияют на наше отношение к науке.

Цильзель признавал, что для описания своей жизни мы создаем в уме истории и складываем их из того, чему научены и что пережили сами, и так формируем свое представление о себе и своем месте во Вселенной. Так же создаем мы и свод законов, описывающих наш личный мир и значение нашей жизни. Перед войной, например, законы, управлявшие жизнью моего отца, позволяли ему ожидать, что общество, в котором он жил, будет вести себя прилично, что суды обеспечат некое подобие справедливости, что на рынке будут продукты – и что Бог защитит его. Таков был его взгляд на мир, и к его состоятельности отец относился с вальяжностью ученого, чья теория прошла все мыслимые проверки.

Однако звезды и планеты, может, и поддерживают взаимное равновесие многие миллиарды лет бесперебойно, а вот в мире людей законы можно переворачивать с ног на голову всего за считанные часы. Это и случилось с моим отцом – и бесчисленным множеством других людей – в сентябре 1939 года. В предыдущие месяцы отец закончил варшавские курсы модного шитья, купил две немецкие швейные машинки и арендовал маленькую комнату в соседской квартире, где открыл портновскую мастерскую. И тут немцы вторглись в Польшу, а 3 сентября вошли в отцов родной город, Ченстохову. Оккупационное правительство вскоре издало серию антисемитских указов, приведших к конфискации всего ценного – ювелирных украшений, автомобилей, радиоприемников, мебели, денег,

квартир, даже детских игрушек. Еврейские школы закрыли и объявили вне закона. Взрослых обязали носить на одежде звезду Давида. Людей забирали прямо с улиц и принуждали к труду. А кого-то расстреливали и убивали по произволу любого психа.

То, что уничтожило физическую структуру мира моего отца, так же необратимо изменило и умственные и эмоциональные подмости этого мира. И, как ни печально, Холокост – история, неоднократно повторенная в разных масштабах и прежде, и после. И потому, если наш человеческий опыт питает наши представления о научном законе, совсем не удивительно, что человечество большую часть своей истории с трудом представляло себе мир, управляемый точным, совершенным постоянством, неуязвимым для прихотей, лишенным цели и не подверженным божественным вмешательствам.

Даже сегодня, много позже Ньютона и его великого и состоятельного свода законов, многие люди продолжают не верить, что такие законы применимы универсально. Тем не менее, века прогресса воздали ученым, признавшим, что физический закон и закон человеческий – из отчетливо разных сфер.

За девять лет до смерти, в семьдесят шесть, Альберт Эйнштейн описал свое стремление понять физические законы Вселенной, которому он посвятил всю жизнь, так: «Где-то там – громадный мир, существующий независимо от нас, людей, и восстает он перед нами великой вечной шарадой, лишь отчасти доступной нашему исследованию и осмыслению. Постижение этого мира манило меня, как освобождение… Дорога в рай… оказалась вполне надежной, и я никогда не жалел, что избрал ее»[115]. В некотором смысле, думаю, мой отец ближе к концу жизни ощутил это «освобождение».

Урук для нашего биологического вида стал началом долгого пути к разгадке вечной шарады. Юные цивилизации Ближнего Востока заложили начала интеллектуальной жизни и продолжили развивать их, чтобы со временем подарить нам класс мыслителей, создавших математику, письменный язык и понятие закона. Следующий шаг расцвета и созревания человеческого ума сделали в Греции, в тысяче с лишним миль от Урука. Примерно за две тысячи лет до Ньютона великое греческое чудо породило представление о математическом доказательстве, научные дисциплины и философию, а также понятие о том, что мы ныне именуем «рассуждение».

# Глава 5
# Рассуждение

В 334 году до н. э. Александр, двадцатидвухлетний царь греческого государства Македония, провел армию бывалых воинов через Геллеспонт – начиналась долгая кампания по завоеванию обширной Персидской империи. Так совпало, что моему сыну тоже двадцать два, а его имя, Алексей, происходит от того же греческого корня. Говорят, дети ныне растут быстрее, чем когда-либо прежде, но вообразить, что Алексей ведет армию бывалых воинов в Месопотамию сражаться с Персидской империей, я никак не могу. Есть несколько древних записей, свидетельствующих, как молодому македонскому царю далась его победа, – судя по всему, поглощением изрядного количества вина. Но, как бы то ни было, долгая дорога завоеваний привела его аж к самому Хайберскому перевалу и даже за него. К своей смерти в тридцать три года он столько всего успел, что с тех пор именуется Александром Великим.

Во времена вторжения Александра Ближний Восток изобиловал городами масштабов Урука, существовавшими уже тысячи лет. Для сравнения: если бы США на картах были так же долго, как Урук, во главе Америки сейчас стоял бы примерно шестисотый президент.

Гулять по улицам древних городов, завоеванных Александром, – переживание наверняка захватывающее: вокруг громадные дворцы, просторные сады, орошавшиеся из специально вырытых каналов, величественные каменные здания, украшенные колоннами с резными навершиями в виде грифонов и быков. Сообщества тех городов – живые и сложные, далекие от любого упадка. И все же мир древних греков, покоривший их, превзошел их и интеллектуально, а символом этого мира был его юный вождь – человек, учившийся у самого Аристотеля.

С завоеванием Месопотамии Александром представление о том, что все греческое – лучшее, быстро распространилось по Ближнему Востоку[116]. Дети всегда в авангарде культурного сдвига – они начали учить греческий, запоминать греческие стихи и увлеклись спортивной борьбой. В Персии набрало популярности греческое искусство. Вавилонский жрец Беросс, финикиец Санхуниатон и иудей Иосиф Флавий писали истории своих народов так, чтобы показать совместимость их взглядов с греческими. Даже налоговую систему эллинизировали – начали вести записи сравнительно молодым греческим алфавитом – и на папирусе,

а не клинописью на табличках. Однако величайший аспект греческой культуры, который Александр представил миру, никак не связан ни с искусствами, ни с администрированием. Он привнес то, чему научился у Аристотеля напрямую: новый, рациональный подход к познанию мира, потрясающе переворотный для истории человеческой мысли. А Аристотель, в свою очередь, опирался на представления, накопленные несколькими поколениями ученых и философов, поставивших под сомнение старые истины о Вселенной.

* * *

В юные годы древней Греции греческое понимание природы не слишком отличалось от месопотамского. Бурную погоду объясняли несварением у Зевса, а если у земледельцев случался неурожай, люди думали, что это гнев богов. Мифа о сотворении мира, утверждавшего, будто Земля – капля в чихе бога сенной лихорадки, может, и не существовало, но он запросто мог появиться: за тысячелетия после изобретения письменности массив записанных людских слов накопил дикую уйму историй о создании мира и о правящих им силах. Объединяло эти истории описание бурлящей Вселенной, созданной непостижимым богом из некой бесформенной пустоты. Само слово «хаос» происходит от греческого «ничто» – по легендам, оно предшествовало рождению Вселенной.

Допустим, перед созданием мира все было хаосом; создав мир, боги греческой мифологии не слишком усердствовали с наведением в нем порядка. Молнии, бури, засухи, наводнения, землетрясения, вулканы, нашествия вредителей, несчастные случаи, болезни – эти и многие другие природные беды сказывались на здоровье и жизни людей. Гнев или попросту беспечность самовлюбленных, коварных и капризных богов виделись причиной роковых событий, и вели боги себя, как слоны в посудной лавке, где посуда – люди.

Такова древняя теория создания мира, передававшаяся в Греции из поколения в поколение, пока ее примерно в 700 году до н. э. не записали Гомер и Гесиод, через столетие или чуть позже после того, как в греческой культуре укоренилась письменность. С тех пор этот миф стал неотъемлемой частью греческого образования и общепринятой истиной для многих поколений мыслителей[117].

Для нас, живущих в современном обществе и пользующихся

сокровищами долгой истории научной мысли, трудно понять, как можно было вообще так представлять себе природу. Видение природного устройства и порядка кажется нам столь же очевидным, сколь им – власть богов над всем. Ныне наши повседневные дела рассчитаны количественно и расписаны по временной сетке, по часам и минутам. Наши земли расчерчены долготами и широтами, в наших адресах – имена улиц и номера домов. В наши дни, если рынок падает на три пункта, специальный умник объяснит нам, почему это происходит, – дескать, падение связано с беспокойством об инфляции, например. На самом деле, скажет другой эксперт, падение обусловлено событиями в Китае, а третий, вероятно, припишет биржевые неурядицы необычайной солнечной активности, но, как бы то ни было, любые объяснения должны быть построены на причинах и следствиях.

Мы требуем от своего мира причинности и порядка, поскольку эти представления – часть нашей культуры, нашего сознания. Но, в отличие от нас, древние не располагали математической и научной традицией, и потому понятийный аппарат современной науки – представление о точных численных предсказаниях, уверенность, что повторяемый в одних и тех же условиях эксперимент должен приводить к одинаковым результатам, что время есть ось координат, вдоль которой разворачиваются события, – им было трудно и понимать, и принимать. Древним природа виделась мятежной, и поверить в строгие физические законы было для них такой же дикостью, как для нас – байки об их свирепых и капризных богах (или, возможно, как дорогие нашим сердцам теории будут видеться историкам, которые станут изучать их тысячу лет спустя).

С чего природе быть предсказуемой и объяснимой в понятиях, доступных человеческому интеллекту? Альберт Эйнштейн, человек, которого не удивило бы, обнаружь он, что пространственно-временной континуум свернут в крендель с солью, поразился куда более простому факту: в природе есть порядок. Эйнштейн писал, что можно «ожидать от мира хаотичности, невозможности постичь умом»[118]. Однако далее он писал, что, несмотря на его ожидания, «во Вселенной непостижимее всего то, что она постижима»[119].

Скотина не понимает, какие силы удерживают ее на земле, вороны ничего не знают об аэродинамике, позволяющей им летать. Слова Эйнштейна выражают важнейшее и исключительно человеческое наблюдение: миром правит порядок, а законы, по которым этот порядок устроен, необязательно объяснять мифологически. Их можно понять, и у

людей есть способность, присущая на планете Земля лишь им одним: разбираться в чертежах Природы. У такого понимания есть глубинные следствия: если мы в силах постичь устройство Вселенной, это знание можно применить, чтобы понять, каково же наше место в ней, а еще можно управлять природой и разрабатывать продукты и приемы, улучшающие нашу жизнь.

Новый рациональный подход к природе зародился в VI веке до н. э. у группы революционных мыслителей, живших на просторах Древней Греции – на берегах Эгейского моря, обширного средиземноморского залива, отделяющего современную Грецию от Турции. За несколько столетий до Аристотеля, в ту же эру, когда Будда подарил новую философскую традицию Индии, а Конфуций – Китаю, те первые греческие философы произвели во взглядах на Вселенную смену парадигм: они стали воспринимать мироздание упорядоченным, а не случайным, как Космос, а не как Хаос. Трудно переоценить масштаб этого прорыва или же до какой степени эта смена представлений сформировала человеческое сознание – с тех пор и доныне.

Места, породившие тех радикальных мыслителей, – волшебные земли виноградников, фиговых рощ, оливковых деревьев и процветающих мегаполисов[120]. Эти города размещались в устьях рек и морских заливов, в конце дорог, ведших вглубь материка. Согласно Геродоту – райские места, где «воздух и погода прекраснейшие на всем белом свете». Назывались они Ионией.

Греки основали множество городов-государств на территориях, принадлежащих современной материковой Греции и южной Италии, но то были провинции, а центром греческой цивилизации служила турецкая Иония, всего в нескольких сотнях миль от Гёбекли-Тепе и Чатал-Гуюка. В авангарде греческого просвещения[121] – греческий город Милет, расположенный на берегах залива Латмус, что открывало Милету доступ к Эгейскому морю и, следовательно, к Средиземноморью в целом.

По Геродоту, на стыке второго и первого тысячелетий до н. э. Милет был современным селением, обитали в нем карийцы – народ, происходящий от минойцев. Тогда, в 1000-х годах до н. э., воины из Афин и окрестностей захватили те места. К 600 году до н. э. новый Милет сделался своего рода древним Нью-Йорком и со всей Греции привлек бедных, работящих беженцев, искавших лучшей жизни.

За несколько веков население Милета возросло до ста тысяч человек, и город сделался средоточием великого богатства и роскоши – одним из богатейших ионийских городов и уж точно самым богатым во всем греческом мире. Милетские рыбаки ловили в Эгейском море окуня, барабульку и моллюсков. Плодородные почвы родили зерновые и фиги – единственные известные грекам плоды, которые можно было хранить сколько угодно, а в садах произрастали оливы – и в пищу, и на отжим: оливковое масло для древних греков было не только едой, но и мылом, и топливом. Более того, доступ к морю сделал Милет важным торговым центром. Кудель, лес, железо, серебро и другие товары свозили с десятков колоний, основанных жителями Милета аж до самого Египта, а для заморской продажи искусные ремесленники изготавливали посуду, мебель и изящные шерстяные изделия.

Но Милет был не просто перекрестком для обмена товарами – здесь обменивались и мыслями. Представители десятков разбросанных культур встречались здесь и разговаривали, да и сами милетцы много странствовали и узнавали о многих чужедальних наречиях и культурах. Вот так, покуда жители города спорили о ценах на соленую рыбу, встречались традиции, сталкивались суеверия, и возникала открытость к новым методам мышления, рождалась культура новаций, но в особенности, что важнее всего, – желание ставить под сомнение привычную мудрость. Кроме того, богатство Милета обеспечило некоторым его жителям досуги, а досуги порождают свободу уделять время размышлениям о вопросах нашего существования. Такое стечение многих благоприятных обстоятельств сделало Милет великосветским космополитическим раем и центром интеллектуальных усилий, и возникло идеальное стечение всех мыслимых обстоятельств, необходимых для революции мысли.

В таком благоденствии – сначала в самом Милете, а потом и в Ионии в целом – сложилась группа мыслителей, начавших сомневаться в религиозных и мифологических объяснениях природы, передававшихся тысячелетиями из поколения в поколение. Эти люди стали Коперниками и Галилеями своего времени, отцами и философии, и науки.

Первым из них, по мнению Аристотеля, был человек по имени Фалес, родившийся около 624 года до н. э. Многие греческие философы, насколько нам известно, жили в бедности. Разумеется, если бы древние времена хоть чем-то походили на наши, даже знаменитый философ жил бы в большем достатке, найдя работу получше – торгуя оливками у дороги, к примеру. Однако, исходя из писаного о Фалесе, он был исключением: ушлый богатый торговец, он вполне обеспечивал себя и свои досуги, которые

посвящал размышлениям. Говорят, однажды он сделал состояние, монополизировав отжим масла и взявшись драть с людей запредельные деньги на этот продукт – сам себе ОПЕК, ни дать, ни взять. А еще он, похоже, был плотно втянут в городскую политику, а милетского тирана Фрасибула близко знал лично.

Фалес тратил свое состояние на путешествия. В Египте он обнаружил, что, хотя египтяне знали на практике, как строить пирамиды, им не хватало понимания, как измерить их высоту. Как мы уже поняли, тем не менее, они разработали новый набор математических правил, применявшихся для определения площадей земли и дальнейшего исчисления налогов. Фалес приспособил эти египетские подходы к геометрии для расчета высоты пирамид, а также показал, как, применяя эти расчеты, можно определить путь кораблей на море. Это принесло ему в Египте немалую славу.

Вернувшись в Грецию, Фалес привез с собой египетскую математику и подарил ей греческое имя. Однако в руках Фалеса геометрия стала не просто инструментом измерений и расчетов – она превратилась в собрание теорем, связанных друг с другом логическим рассуждением. Он первым доказал геометрические истины[122], а не просто констатировал те или иные состоятельные наблюдения; великий геометр Евклид позднее включил некоторые теоремы Фалеса в свои «Начала». И все же, какими бы впечатляющими ни были математические прозрения Фалеса, его подлинная заявка на величие – в подходе к объяснению явлений физического мира.

Природа, с точки зрения Фалеса, – не предмет мифологии, она живет по принципам науки, с помощью которых можно объяснять и предсказывать все явления, которые прежде полагали вмешательством свыше. Считается, что он первым понял причину затмений – и первым из греков выдвинул гипотезу, что луна светит отраженным светом солнца.

Даже заблуждаясь, Фалес являл замечательную самобытность мышления. Взять, к примеру, его объяснение землетрясений. Во времена Фалеса думали, будто они возникают, когда бог Посейдон раздражается и ударяет в землю своим трезубцем. Мнение Фалеса казалось его современникам странным – он считал, что землетрясения никак с богами не связаны. Его объяснение не совпадает с теми, которые дают мои коллеги-сейсмологи в Калтехе: он полагал, что мир есть полусфера, плавающая в беспредельном водном пространстве, и потому землетрясения возникают от плеска воды. Тем не менее взгляд Фалеса революционен по своим последствиям: милетец попытался истолковать землетрясения как следствие природного процесса и применил эмпирические и логические доводы в поддержку своей гипотезы. Вероятно, важнее всего в этом

способность Фалеса сосредоточиться в первую очередь на вопросе, почему вообще возникают землетрясения.

В 1903 году поэт Райнер Мария Рильке дал одному студенту совет, и к науке он применим так же, как и к поэзии: «Имейте терпение, памятуя о том, что в Вашем сердце еще не все решено, и полюбите даже Ваши сомнения»[123]. Величайший навык в науке (а также, зачастую, и в бизнесе) – способность задать точный вопрос, и Фалес практически изобрел сам подход задавания научных вопросов. Куда бы ни упал его взгляд, включая небеса, Фалес видел явления, нуждавшиеся в объяснении, и чутье подсказывало ему, что о явлениях надо размышлять, и это рано или поздно прольет свет на фундаментальные силы и законы природы. Он задавался вопросами не только о землетрясениях, но и о размерах и форме Земли, датах солнцестояний и связи Земли с Солнцем и Луной – эти же вопросы две тысячи лет спустя привели Исаака Ньютона к великому открытию силы тяготения и законов движения.

Воздавая должное этому радикальному разрыву с прошлым, совершенному Фалесом, Аристотель именовал Фалеса и позднейших ионийских мыслителей первыми *физикои*, или физиками – к этой общности с гордостью отношусь и я сам, к ней же причислял себя и Аристотель. Понятие же происходит от греческого «физис», что означает «природа», этим словом Аристотель решил обозначать тех, кто искал явлениям естественные объяснения – в отличие от *теологои*, или теологов, склонных к сверхъестественным объяснениям.

К членам другой радикальной группы мыслителей Аристотель питал меньше восторгов – те для описания природы применяли математику. Это нововведение принадлежит мыслителю из поколения, следовавшего за Фалесом, и жил он неподалеку, на эгейском острове Самос.

*** * ***

Кое-кто из нас, чтобы разбираться с тем, как работает Вселенная, ходит на работу. Есть и такие, кто даже алгебру не освоил. Во дни Фалеса люди из первой категории одновременно относились и ко второй: алгебра, какой ее знаем мы, да и большая часть математики еще не были изобретены.

Для современного ученого понимание природы без применения уравнений равносильно попытке понять чувства вашего спутника жизни по двум словам: «Все нормально». Математика – словарь науки, метод

изложения теорий. Мы, ученые, может, не всегда ловки в речах, когда дело доходит до мыслей о личном, зато навострились излагать свои теории при помощи математики. Язык математики позволяет науке погружаться в теорию с большей глубиной и точностью, нежели бытовой язык, поскольку в математическом языке есть встроенные правила рассуждения и логики, помогающие расширить описываемый смысл, раскрыть его и озвучить подчас неожиданными способами.

Поэты отображают свои наблюдения посредством языка, физики – с помощью математики. Поэт дописывает стихотворение, и на этом его труд завершен. А вот когда физик излагает математическое «стихотворение», его работа лишь начинается. Применяя правила и теоремы математики, физик обязан извлечь из своей поэзии новые уроки природы, каких и сам не представлял, когда составлял «стихотворение». Мысли в уравнениях не только воплощаются – уравнения дают увидеть следствия мыслей, но добыть их может лишь тот, кому достанет умения и настойчивости. То есть язык математики упрощает выражение физических принципов, проявляет взаимоотношения между ними и направляет человеческие рассуждения о них.

Однако в начале VI века до н. э. этого никто не знал. Люди еще не догадались, что математика может помочь нам понять жизнь природы. Первым подсказал нам, что математику можно применять как язык научных идей, Пифагор (ок. 570 – ок. 490 до н. э.), отец греческой математики, изобретатель понятия «философия», проклятие учеников средних школ по всему миру, которым приходится отвлечься от общения в телефоне и разобраться, что означает $a^2 + b^2 = c^2$.

Имя Пифагора[124] в древние времена ассоциировалось не только с гением, но было окружено еще и магическим и религиозным ореолом. На него смотрели как на Эйнштейна, если б тот был не только физиком, но еще и Папой Римским. О жизни Пифагора нам многое известно от позднейших авторов – и из нескольких биографий. К первым столетиям после Христа сказания о Пифагоре сделались сомнительными и подпорченными низменными религиозными и политическими мотивами, из-за которых писавшие о нем авторы исказили Пифагоровы представления и преувеличили его место в истории.

Но одно, похоже, все-таки правда: Пифагор вырос на Самосе, через залив от Милета. Все его древние биографы сходятся и в том, что где-то между восемнадцатью и двадцатью годами Пифагор навещал Фалеса, который к тому времени был очень стар и при смерти. Осознавая, что

гениальность его изрядно поблекла, Фалес, говорят, извинился за слабость ума. Однако, что бы там Фалес ни рассказал Пифагору, тот покинул милетца потрясенный. Многие годы спустя его заставали время от времени дома одного, за пением славословий своему покойному учителю.

Подобно Фалесу, Пифагор много странствовал, возможно – в Египет, Вавилон и Финикию. Он покинул Самос в сорок лет, сочтя жизнь на острове под властью деспота Поликрата невыносимой, и поселился в Кротоне, что на территории современной южной Италии. Там он привлек множество последователей. И там же, похоже, его постигло озарение о математическом порядке физического мира.

Никто не знает, как именно возник язык, но я себе всегда представлял некоего пещерного человека – вот он ушиб палец и нечаянно вскрикнул «ай!», а кто-то рядом подумал: «Какой свежий способ выражать чувства!», – и вскоре все уже разговаривали. Зарождение языка науки тоже покрыто тайной, однако о нем мы знаем хотя бы из легенд.

По легенде, Пифагор, проходя однажды мимо кузни, услышал, как звенят молоты кузнецов, и заметил, что есть у тонов звона разных молотов, бивших по металлу, некоторый упорядоченный рисунок. Пифагор вбежал в кузню и принялся сам пробовать стучать разными молотами – и заметил, что разница в тоне зависела не от силы удара и не от точной формы молота, а от размера его или, в той же мере, от веса.

Пифагор вернулся домой и продолжил экспериментировать, однако теперь не с молотами, а со струнами разной длины и натяжения. Он, как всякий греческий юнец, был обучен музыке, особенно – игре на флейте и лире. Греческие музыкальные инструменты того времени были плодом догадок, проб и чутья. Однако в своих экспериментах Пифагор вроде как открыл математический закон, которому подчиняются струнные инструменты, и его можно применять для определения точного соотношения между длиной музыкальной струны и тоном ее звучания.

Ныне мы бы описали это Пифагорово соотношение так: частота тона обратно пропорциональна длине струны. Предположим, задетая струна производит такую-то ноту. Прижмем струну посередине – и выйдет звук на октаву выше, то есть удвоенной частоты. Прижмем струну на четверти длины, и тон сделается еще на октаву выше – в четыре раза более высокой частоты по сравнению с исходной.

Пифагор действительно открыл это соотношение? Никто не знает, в какой мере легенды о Пифагоре – правда. К примеру, он, возможно, не доказывал «теорему Пифагора», доканывающую школьников, – есть предположение, что первым ее доказал кто-то из учеников Пифагора,

однако сама формула уже была известна многие века. Так или иначе, подлинный вклад Пифагора – не в выводе тех или иных конкретных законов, а в развитии представления о мироздании, устроенном согласно численным соотношениям, а влиятелен Пифагор был не благодаря открытиям математических взаимосвязей в природе, а своими восторгами по их поводу. Классицист Карл Хаффмен писал: важность Пифагора – «в почестях, которые он воздал числам, в том, что он изъял их из сферы торговли и указал на связь между поведением чисел и вещей»[125].

Фалес говорил, что природа следует строгим правилам, Пифагор пошел еще дальше – он утверждал, что природа следует математическим правилам. Он проповедовал математический закон как фундаментальную истину о Вселенной. Числа, по вере Пифагора, – суть действительности.

Пифагоровы представления сильно повлияли на позднейших греческих мыслителей, в особенности на Платона, а также на ученых и философов по всей Европе. Однако из всех греческих рыцарей разума, из всех греческих ученых, веривших, что Вселенную можно постичь рациональным осмыслением, для будущего развития науки самым влиятельным оказался не Фалес, предложивший этот подход, и не Пифагор, привнесший в него математику, и даже не Платон, а, скорее, ученик Платона, позднее наставлявший Александра Великого, – Аристотель.

* * *

Аристотель (384–322 до н. э.) родился в Стагире, городке в северо-восточной Греции; отец его был личным врачом деда Александра Великого, царя Аминты III.

В юные годы Аристотель осиротел, и в семнадцать лет его отправили в Афины, учиться в Академии у Платона. Благодаря Платону слово «академия» стало означать место обучения, однако в те времена так назывался просто городской публичный сад на задворках Афин, где среди деревьев любили собираться вокруг Платона его ученики. Аристотель остался там на двадцать лет.

В 347 году до н. э. Платона не стало, и Аристотель покинул Академию, а через несколько лет стал учителем Александра. Неясно, почему царь Филипп II назначил его наставником своему сыну – у Аристотеля еще не сложилось репутации. Однако назначение в учители наследнику престола Македонии показалось Аристотелю, скорее всего, хорошей мыслью. Платили ему изрядно, достались и другие блага, когда Александр

отправился завоевывать Персию и заметную часть остального мира. Но после того, как Александр принял царствование, Аристотель, в те поры почти пятидесятилетний, вернулся в Афины, где за следующие тринадцать лет создал почти все, что сделало его знаменитым. С Александром они больше не виделись.

Наука, которой учил Аристотель, – не вполне то же самое, что он выучил у Платона. Аристотель был примерным учеником Академии, но Платонова сосредоточенность на математике ему никогда не нравилась. Сам он предпочитал пристальное наблюдение за природой, а не абстрактные законы, что очень отличается и от науки Платона, и от научной практики наших дней.

*Аристотель с Платоном (слева), с фрески Рафаэля*

Учась в старших классах, я любил химию и физику. Видя, как увлечен я этими дисциплинами, отец как-то раз попросил меня объяснить их ему. Сам он происходил из бедной еврейской семьи, которая могла себе позволить отправить его лишь в местную религиозную школу, и отец

получил образование, сосредоточенное на теориях шабата, а не науки, и поскольку дальше седьмого класса продвинуться ему не пришлось, такая задача была мне по плечу.

Я начал наши с ним занятия со слов, что физика – это, в основном, исследование одного: изменения. Мой отец задумался на миг, а затем хмыкнул. «Ничего ты об изменениях не знаешь, – сказал он. – Ты слишком юн и перемен никогда не нюхал». Я возразил, что, конечно же, я перемены переживал, но он ответил мне старым еврейским присловьем – из тех, которые либо глубокие, либо дурацкие, в зависимости от вашей терпимости к старым еврейским присловьям. «Есть перемены, – сказал он, – а есть перемены».

Я отмахнулся от этого афоризма так, как это свойственно лишь подросткам. В физике, сказал я, нет перемен и перемен, есть только ИЗМЕНЕНИЕ. Можно даже сказать, что ключевой вклад Исаака Ньютона в создание физики в том виде, в котором она известна нам, – создание единого математического подхода, с помощью которого можно описать любые изменения, какие есть в природе. Аристотелева физика, родившаяся в Афинах за две тысячи лет до Ньютона, коренится в гораздо более интуитивном и менее математическом подходе к пониманию мира, и я подумал, что отцу он будет доступнее. И вот, в надежде, что смогу найти нечто более простое в объяснении, я принялся читать об Аристотелевых представлениях о переменах. Приложив немало усилий, я узнал, что, хоть Аристотель и говорил на греческом и ни слова в своей жизни не произнес на идише, верил он, по сути, вот во что: «Есть перемены, а есть перемены».

В версии моего отца второе произнесение слова «перемены» выходило зловещим, и он имел в виду перемены той насильственной разновидности, какие он сам пережил со вторжением нацистов. Это различение между простыми, или же естественными переменами, с одной стороны, и насильственными переменами – с другой, есть то же, какое проводил и Аристотель: он верил, что все преображения, наблюдаемые в природе, можно разделить на естественные и насильственные.

В теории мира по Аристотелю естественные перемены происходили из самого предмета[126]. Иными словами, причина природных изменений неотторжима от природы или свойств предмета. Рассмотрим, к примеру, изменение, которое мы именуем движением, – перемену положения физического тела в пространстве. Аристотель верил, что все сделано из разных сочетаний четырех первоэлементов – земли, воздуха, огня и воды, и в каждом есть встроенная склонность к движению. Камни падают на землю, а дождь – в океаны потому, что, согласно Аристотелю, земля и

океан – естественные места упокоения этих субстанций. Чтобы камень полетел вверх, необходимо внешнее вмешательство, а вот падая, он следует прирожденной склонности и выполняет «естественное» движение.

В современной физике не требуется никакой причины, чтобы предмет покоился или находился в равномерном прямолинейном движении – с постоянной скоростью в одном и том же направлении. Сходно и в физике Аристотеля: нет нужды объяснять, почему предметы производят естественное движение, то есть почему предметы, составленные из элементов земли и воды, падают, а из воздуха и огня – возносятся. Такой анализ отражает наблюдаемое в окружающем мире, где воздушные пузырьки в воде движутся вверх, пламя – с виду – рвется ввысь, тяжелые предметы падают, океаны и моря покоятся на земле, а над всем нависает атмосфера.

Для Аристотеля движение было одним из многих естественных процессов, подобно росту, распаду, брожению, и все они управлялись одними и теми же законами. Он рассматривал природные перемены во всем их многообразии – горение полена, старение человека, полет птицы, падение желудя – как воплощение внутреннего присущего им потенциала. Природные перемены, в Аристотелевой системе взглядов, как раз и несут нас по жизни изо дня в день. От этих перемен мы и бровью не ведем – мы принимаем их как должное.

Однако иногда естественный ход событий нарушается, и движение, или же перемена, рождена чем-то внешним. Это происходит, когда камень бросают в воздух, когда виноградные лозы вырывают из земли, а кур забивают ради мяса, или же когда вы теряете работу или континент прибирают к рукам нацисты. Такие изменения Аристотель называл «насильственными».

При насильственном изменении, согласно Аристотелю, предмет меняется или движется вопреки своей природе. Аристотель пытался понять причину таких изменений и подобрал для нее название – «сила».

Как и в Аристотелевых представлениях о естественных переменах, взгляд его на перемены насильственные хорошо согласуется с тем, что мы наблюдаем в природе: твердая материя, например, устремляется вниз сама по себе, а вот заставить ее двигаться куда угодно еще – вверх или в стороны – требует приложения сил, или усилий.

Такой анализ изменения примечателен тем, что, хотя Аристотель наблюдал те же природные явления, что и все прочие великие ученые его времени, он, в отличие от остальных, засучил рукава и запечатлел свои наблюдения неслыханно подробно и энциклопедически – наблюдения

перемен и в жизнях людей, и в природе. Пытаясь разобраться, что было общего у различных видов изменений, он изучал причины несчастных случаев, политическую динамику, буйволов, перевозящих тяжелые грузы, рост зародышей цыплят, извержения вулканов, метаморфозы дельты Нила, природу солнечного света, подъем тепла, движение планет, испарение воды, пищеварение у животных со множеством желудков, плавление и горение разных субстанций. Он вскрывал самых разных зверей, иногда сильно после их срока годности, а если кому-то рядом не нравилась вонь, Аристотель лишь презрительно усмехался.

Аристотель назвал свою попытку создать систематическую опись перемен «Физикой» – и тем объявил, что наследует Фалесу. Охват его физики широк, она включает в себя и живое, и неодушевленное, а также явления небесные и земные. Ныне различными категориями изменения занимаются целые отдельные направления науки – собственно физика, астрономия, климатология, биология, эмбриология, социология и так далее. Аристотель, на самом деле, был плодовитым автором – настоящим человеком-Википедией. Среди его исследований есть детальнейшие труды, когда-либо составленные человеком, у которого никогда не диагностировали невроз навязчивых состояний. Согласно античным записям, Аристотель подарил человечеству 170 исследовательских работ, примерно треть дошла до наших дней. Среди них «Метеорология», «Метафизика», «Этика», «Политика», «Риторика», «Поэтика», «О небесах», «О творении и разрушении», «О душе», «О памяти», «О сне и бессоннице», «О сновидениях», «О предсказательстве», «Долголетие», «Юность и зрелость», «Об истории и частях животных» и так далее.

Пока его бывший ученик Александр покорял Азию, Аристотель вернулся в Афины и основал школу, которую назвал Лицеем. Там, прогуливаясь по улице или по саду, он наставлял своих учеников в постигнутом им за годы[127]. Однако, хоть и был Аристотель великолепным учителем и блистательным – и плодовитым – наблюдателем за природой, его подход к знанию сильно отличался от того, который мы сейчас называем наукой.

* * *

По словам философа Бертрана Расселла, Аристотель «первым начал писать, как преподаватель… как профессиональный учитель, а не

вдохновленный пророк»[128]. Расселл говорил, что Аристотель – это Платон, «разбавленный здравым смыслом». Аристотель эту черту и впрямь высоко ценил. Как и большинство из нас. Благодаря здравому смыслу мы не отвечаем на письма добрых людей из Нигерии, обещающих нам в ответ на присланные им нынче тысячу наших долларов сто миллиардов завтра. Однако, оценивая представления Аристотеля и зная то, что нам известно в наши дни, можно сказать, что именно в приверженности Аристотеля привычным взглядам состоит величайшая разница между сегодняшним и Аристотелевым подходами к науке – и в ней же один из величайших недостатков его физики. Бытовую логику сбрасывать со счетов нельзя, и все же частенько требуется именно логика не бытовая.

Чтобы чего-то добиваться в науке, часто требуется преодолевать то, что историк Дэниэл Бурстин называл «тиранией здравого смысла»[129]. Здравый смысл, к примеру, подсказывает: если толкнуть предмет, он начнет перемещаться, затем замедлит движение и остановится. Однако, чтобы воспринять законы движения, необходимо глянуть за пределы очевидного, как это удалось Ньютону, и представить, как двигался бы предмет в теоретическом мире, где нет трения. Аналогично, чтобы понять суть механизма трения, нужно суметь прозреть фасад материального мира насквозь, «увидеть» устройство предметов как состоящих из ненаблюдаемых глазом атомов, – такое представление сформулировали Левкипп и Демокрит за век до Аристотеля, но он его не принял.

Аристотель также выказывал большую приверженность общему мнению, учреждениям и взглядам своего времени. Он писал: «То, во что все верят, – истинно»[130]. А маловерам говорил: «Разрушающий эту веру вряд ли найдет что-либо убедительнее». Живой пример доверия Аристотеля распространенным истинам – и того, как это искажало его видение, – вымученное суждение, что рабство, которое принимали и он, и большинство его сограждан, есть врожденное природное свойство физического мира. Применяя подобный довод, до странности напоминающий его труды по физике, Аристотель заявлял, что «во всех предметах, входящих в состав сложного целого, сделанного из частей… проявляется различие между управляющими и подчиненными элементами. Такая двойственность существует среди живых существ, но не в них одних; она происходит из устройства Вселенной»[131]. Из-за этой двойственности, утверждал Аристотель, есть люди по природе своей свободные, а есть такие, кто по природе – рабы.

Современных ученых и других новаторов часто представляют

чудаками и оригиналами. Думаю, в этом стереотипе есть доля истины. Знавал я одного преподавателя физики, который ежедневно составлял себе обед из соусов и приправ, предложенных в столовой бесплатно. Майонез – источник жиров, кетчуп был ему растительной составляющей, соленые крекеры – углеводной. Другой мой приятель обожал мясные закуски, а хлеб терпеть не мог и в ресторанах запросто заказывал на обед сиротливую горку салями, которую потреблял с ножом и вилкой, будто отбивную.

Традиционное мышление – не лучший подход для ученого, да и для кого угодно, желающего придумать что-то новое, хоть нетрадиционные взгляды иногда стоят вам отношения окружающих. Однако мы еще не раз убедимся, что наука – естественный враг предубеждений и власти авторитетов, включая даже авторитеты внутри научного сообщества. Революционные прорывы требуют готовности воспротивиться тому, во что верят все, и заменить старые взгляды на убедительные новые. Вообще, есть одна самая заметная преграда на пути прогресса на протяжении всей истории науки и человеческой мысли в целом – чрезмерная приверженность взглядам прошлого (да и настоящего). И потому, если бы я нанимал людей на творческую работу, я бы остерегался избытка здравомыслия, а вот чудаковатости записывал бы в колонку плюсов и следил бы, чтоб на столе с соусами и приправами всегда было всего вдоволь.

*** * ***

Еще одно важное противоречие между подходом Аристотеля и тем, который сформировался в науке позднее: первый – качественный, второй – количественный. Современная физика, даже в простейшем школьном виде, – количественная. Ученики, изучающие физику на базовом уровне, знают, что автомобиль, движущийся со скоростью шестьдесят миль в час, ежесекундно преодолевает восемьдесят восемь футов. Они знают, что, если уронить яблоко, его скорость каждую секунду падения будет возрастать на двадцать две мили в час. Они производят математические вычисления – например, сила, с которой ваша спина воздействует на спинку кресла, когда вы в него плюхаетесь, на долю секунды может составлять тысячи фунтов. В физике Аристотеля и близко ничего такого не было. Напротив, он шумно жаловался на философов, пытавшихся превратить философию в математику[132].

Во дни Аристотеля любая попытка сделать из натурфилософии

количественные исследования была, конечно, затруднена состоянием знания в древней Греции. У Аристотеля не было ни секундомера, ни часов с секундной стрелкой, не сталкивался он и с представлением событий в понятиях их точной продолжительности. Кроме того, сферы алгебры и арифметики, потребные для обращения с подобными данными, развились не больше, чем во времена Фалеса. Как мы уже говорили, знаки плюса, минуса и равенства еще не были изобретены, не существовало и системы чисел или же представления о «милях в час». Однако в XIII веке и после ученые чего-то добились в количественной физике благодаря инструментам и математике ненамного сложнее античных, и потому это не единственные препятствия науке уравнений, измерений и численных предсказаний. Важнее тут другое: Аристотеля, как и всех прочих, попросту не интересовали количественные описания.

Даже изучая движение, Аристотель анализировал его исключительно качественно. Например, представления о скорости у него были довольно смутные: «некоторые предметы движутся далее прочих за одно и то же время». В наше время это утверждение смахивает на записку из печенья с предсказаниями, но во времена Аристотеля люди считали его достаточно точным. Обладая лишь качественными представлениями о скорости они располагали туманнейшими соображениями об ускорении, то есть об изменении скорости или направления движения, а мы учим этому детей в средней школе. С учетом таких фундаментальных различий, отправься кто-нибудь на машине времени и дай Аристотелю текст по Ньютоновой физике, античному ученому он был бы понятен в той же мере, что и книга рецептов приготовления пасты в микроволновке. Он не только не смог бы понять, что Ньютон имел в виду под «силой» или «ускорением», – ему было бы на это начхать.

Аристотеля в процессе его пристальных наблюдений интересовало движение и другие разновидности перемен, происходивших с неким результатом. Он понимал движение, к примеру, не как нечто измеримое, а как явление, в чьем назначении можно было разобраться. Лошадь тянет повозку, чтобы та перемещалась по дороге; коза бродит в поисках еды; мышь убегает, чтобы ее не слопали; кролики портят крольчих, чтобы получилось больше разных кроликов.

Аристотель считал, что Вселенная – единая громадная экосистема, созданная для гармоничного существования. Во всем, на что смотрел, он видел цель. Дождь идет, потому что растениям для роста нужна влага. Растения растут, чтобы животным было что съесть. Виноградные косточки превращаются в лозы, а яйца – в кур, чтобы реализовать потенциал,

заложенный в эти косточки и яйца. С незапамятных времен люди всегда приходили к понимаю мира, проецируя на него собственные переживания. И потому в Древней Греции естественнее всего было оценивать предназначение событий физического мира, нежели пытаться объяснить их математическими законами, сформулированными Пифагором и его последователями.

Мы вновь видим, до чего важна для науки постановка вопроса. Даже если бы Аристотель воспринял Пифагоров взгляд на природу как подчиняющуюся количественным законам, он все равно упустил бы главное, поскольку был попросту менее заинтересован в количественных особенностях законов, чем в том, почему предметы им следуют. Что заставляет струну музыкального инструмента или падающий камень вести себя с численно выраженным постоянством? Вот что увлекало Аристотеля, и именно в этом состоит главная разобщенность его философии и того, как занимаются наукой в наши дни: то, что Аристотель воспринимал в природе как предназначение, нынешняя наука таковым не воспринимает.

Это свойство Аристотелева образа мыслей – тяга к поиску предназначения – мощно повлияло на дальнейшее развитие человеческой мысли. Оно сблизит с Аристотелем многих христианских философов, однако затормозит научный прогресс почти на две тысячи лет, поскольку совершенно несовместимо с великими принципами науки, направляющими наши современные исследования. Когда сталкиваются два бильярдных шара, дальнейшие события определяются законами, которые предложил Ньютон, а не вселенским предначертанием.

Наука родилась от фундаментального человеческого стремления познавать наш мир и его смыслы, и потому не удивительно, что жажда предназначения, двигавшая Аристотелем, близка многим и поныне. Представление, что «у всего происходящего есть причина», может утешать стремящихся понять природную катастрофу или иную трагедию. И что, по мнению науки, Вселенной не руководит никакая судьба, может создать о науке впечатление как о холодной и бездушной.

Но есть и другой способ смотреть на это – и мне он знаком благодаря моему отцу. Когда бы мы ни касались темы предназначения, мой отец часто ссылался не на доставшийся ему удел, а на один случай, который произошел с моей матерью до их знакомства, когда ей было всего семнадцать. Нацисты заняли ее город, и один их них, по неведомым для мамы причинам, приказал нескольким десяткам евреев, включая мою маму, встать в ряд на колени в снег. После чего он прошел вдоль всего ряда, останавливаясь каждые несколько шагов и стреляя своим пленникам в

голову. Будь это частью божественного или природного великого замысла, мой отец не желал бы иметь с Богом ничего общего. Такие люди, как мой отец, находят облегчение в мысли, что наши жизни, какими бы трагическими или восхитительными ни были, суть результат тех же самых безучастных законов, из-за которых взрываются звезды, и что они, хороши ли, плохи ли, – в конечном счете дар, чудо, какое различимо в безжизненных уравнениях, правящих миром.

* * *

Хотя взгляды Аристотеля преобладали в представлениях о естественном мире вплоть до Ньютонова века, за годы нашлось множество наблюдателей, усомнившихся в Аристотелевых теориях. Возьмем, к примеру, мысль о том, что все предметы, не находящиеся в своем природном движении, станут перемещаться лишь под действием внешней силы. Аристотель сам понял, что тогда встает вопрос: что движет стрелой, копьем или любым другим снарядом после начального воздействия? Его объяснение: поскольку природа «не терпит» пустоты, частицы воздуха мчатся вслед снаряду после начального воздействия и толкают его дальше. Японцы, похоже, успешно применили этот взгляд – таким манером они запихивают пассажиров в вагоны токийского метро, – однако даже сам Аристотель не очень загорелся своей теорией. Ее слабость сделалась еще очевиднее в XIV веке, когда повсеместное применение пушек показало абсурдность представления, что частицы воздуха, мчащиеся позади тяжелых пушечных ядер, толкают их по траектории.

Важно и другое: солдат, стрелявших из пушек, нимало не заботило, частицами воздуха ли приводятся в движения ядра, или же крошечными невидимыми нимфами. Интересовала их траектория движения снарядов и, особенно остро, совпадает ли конечная точка этой траектории с головами их врагов. Эта разница иллюстрирует, какова пропасть между Аристотелем и теми, кто позднее станет называть себя учеными: вопросы вроде траектории снаряда, то есть его скорости и положения в пространстве в разных временных точках движения, Аристотелю виделись несущественными. Однако, если требуется применить законы физики для предсказаний исходов событий, эти вопросы становятся ключевыми. И поэтому науки, постепенно вытеснившие Аристотелеву физику, как раз позволяют, среди прочего, рассчитывать траекторию полета ядра и предоставляют количественные подробности процессов, происходящих в

мире, – описывают измеримые силы, скорости и ускорения, а не цели или философские причины этих процессов.

Аристотель знал, что физика его несовершенна. Он писал: «Мой – лишь первый шаг и потому малый, хоть и предпринят ценой многих дум и тяжким трудом. На него следует смотреть как на первый шаг и не судить строго. Вы, мои читатели или же слушатели моих лекций, если думаете, что сделал я, сколько можно по справедливости ожидать от начинателя… признаéте то, чего я добился, и простите то, что я оставил довершить другим»[133]. Здесь Аристотель произносит вслух то, что чувствовало большинство гениев физики в дальнейшем. Мы считаем их, ньютонов и эйнштейнов, всезнающими, уверенными в своем видении – или даже высокомерными. Но мы еще убедимся, что они, подобно Аристотелю, многого не понимали и, как Аристотель, знали об этом.

* * *

Аристотель умер в 322 году до н. э., в шестьдесят два, судя по всему – от болезни желудка. За год до этого он вернулся в Афины, где после смерти его бывшего ученика Александра свергли про-македонское правительство. Хотя Аристотель провел двадцать лет в Академии Платона, он всегда считал себя в Афинах чужаком. Об этом городе он писал: «Что годится для гражданина, для чужака – нет; трудно остаться»[134]. Но Александр умер, и вопрос с пребыванием в Афинах встал остро: всем, связанным с Македонией, грозили возможные притеснения, и Аристотель знал, что политически мотивированная казнь Сократа создала прецедент применения цикуты как философского аргумента. Аристотель всегда был глубоким мыслителем и понял, что лучше стать беженцем, чем мучеником. Своему решению он дал возвышенное обоснование[135] – не дать афинянам погрешить «против философии», однако решение это, как и подход Аристотеля к жизни в целом, было очень практичным.

После смерти Аристотеля его взгляды из поколения в поколение передавали ученики Лицея и комментаторы его работ. Теории его, вместе с традицией обучения в целом, в Раннем Средневековье временно отошли в небытие, но вновь обрели звучание во время Позднего Средневековья – среди арабских философов, от которых о них узнали западные книжники. В несколько видоизмененном варианте его представления наконец стали официальной философией Римской Католической Церкви. Вот так все

последующие девятнадцать столетий изучать природу означало изучать Аристотеля.

Мы разобрались, как наш биологический вид развил мозг для того, чтобы задавать вопросы, а также склонность их задавать, а заодно и инструментарий – письменность, математику и понятие о законах – с помощью которого можно подступаться к ответам. Благодаря грекам, научившись применять разум к рассуждению о мироздании, мы достигли берегов достославного нового мира науки. Однако то было лишь начало великого приключения-исследования, что ждало нас впереди.

# Часть II
# Науки

*Догмы тихого прошлого несовершенны… и потому думать и действовать следует по-новому.*

*Авраам Линкольн, Второе ежегодное послание, 1 декабря 1862 года*

# Глава 6
# Новый способ рассуждать

Написав две книги в соавторстве с друзьями – физиком Стивеном Хокингом и духовным наставником Дипаком Чопрой, я приобрел ценнейший жизненный опыт. Их мировоззрения настолько далеки друг от друга, что могли бы происходить из разных вселенных. Мое видение жизни более или менее такое же, как у Стивена, то есть это взгляд ученого. А вот от Дипакова отличается изрядно, и, видимо, поэтому мы назвали нашу книгу «Война мировоззрений»[136], а не «Правда чудесно, что мы во всем друг с другом согласны?»

Дипак пылко убежден в том, во что верит, и, пока мы вместе ездили, он все время пытался обратить меня в свою веру и поставить под сомнение мой подход к пониманию мира. Он называл его редукционистским, поскольку я считаю, что математические законы физики могут рано или поздно объяснить в природе всё, в том числе и человека. Как и большинство других ученых, я считаю – и уже говорил об этом, – что всё, включая, опять-таки, нас самих, состоит из атомов и элементарных частиц материи, которые воздействуют друг на друга посредством четырех фундаментальных сил природы, и, если понять, как оно все работает, можно – по крайней мере, в принципе, – объяснить все происходящее в мире. На практике, разумеется, мы не располагаем ни всеми нужными данными об окружающей среде, ни достаточно мощными компьютерами, чтобы применить фундаментальные теории к анализу явлений вроде человеческого поведения, и потому вопрос о том, управляют ли законы физики умом Дипака, остается открытым.

Я в принципе не возражал, что Дипак меня характеризует как редукциониста, однако ощетинивался, когда он говорил это вслух, потому что произносил он это таким тоном, что я чувствовал себя неловко и насупленно: можно подумать, будто человек, у которого есть душа, не может разделять моих взглядов. По чести сказать, на собраниях поклонников Дипака я иногда ощущал себя, как ортодоксальный ребе на съезде производителей свинины. Мне всегда задавали наводящие вопросы типа: «Ваши уравнения сообщают вам, что я переживаю, глядя на картины Вермеера или слушая симфонию Бетховена?» или «Если ум моей жены на самом деле и волны, и частицы одновременно, как вы объясните ее любовь ко мне?» Приходилось признавать, что ее любовь к нему я объяснить не

могу. С помощью уравнений я никакую любовь объяснить не в силах. С моей точки зрения, речь вообще не об этом. Речь вот о чем: как инструмент понимания физического мира, если не нашего умозрительного опыта (во всяком случае, пока), математические уравнения достигли беспрецедентного успеха.

Пусть мы не умеем рассчитывать погоду на следующую неделю, отслеживая движения каждого атома и применяя фундаментальные принципы атомной и ядерной физики, однако есть наука метеорология, использующая сложные математические модели, и завтрашнюю погоду она предсказывает неплохо. Мы применили науку и к исследованию океана, света и электромагнетизма, свойств материалов, заболеваний и десятков других аспектов нашей повседневности так, чтобы использовать накопленное знание в блестящих практических целях, о каких всего несколько столетий назад никто и не мечтал. Сегодня – по крайней мере, среди ученых, – в действенности математического подхода к пониманию физического мира практически никто не сомневается. Однако господствующими подобные взгляды стали далеко не сразу.

Принятие современной науки как метафизической системы, основанной на видении, что природа ведет себя в соответствии с определенными закономерностями, началось с греков, но наука не добилась первого убедительного успеха в применении своих законов вплоть до XVII века. Огромен скачок от философских идей Фалеса, Пифагора и Аристотеля к взглядам Галилея и Ньютона. И все же две тысячи лет – многовато даже для такого скачка.

* * *

Первым камнем преткновения на пути принятия греческого наследия и дальнейшего строительства с опорой на него стало завоевание римлянами Греции в 146 году до н. э. и Месопотамии – в 64-м до н. э. Расцвет Рима стал началом многовекового заката интереса к философии, математике и науке даже среди грекоговорящей интеллектуальной верхушки, поскольку римляне с их практическим умом не слишком ценили эти области исследования. Замечание Цицерона[137]дивно передает презрение римлян к теоретическим изысканиям: «Греки, – говорил он, – премного почитали геометров, и, соответственно, блистательнее всего у них развивалась математика. Однако мы определили предел этому искусству полезностью в измерении и счете». Так все и было: за примерно тысячу лет

существования Римской республики и ее наследницы, Римской империи, римляне добились масштабных и впечатляющих инженерных успехов благодаря, разумеется, навыкам в измерениях и счете, однако, насколько нам известно, в тот период не возникло ни единого римского математика, достойного упоминания. Этот поразительный факт свидетельствует о громадном воздействии культуры на развитие математики и науки.

Хоть Рим и не обеспечил благоприятных для науки условий, после распада Западной Римской империи в 476 году н. э. все стало еще хуже. Города сжались, установилась феодальная система[138], христианство завладело Европой, и центрами интеллектуальной жизни сделались провинциальные монастыри, а чуть позднее – школы при соборах, а это значит, что образование сосредоточилось на религиозных вопросах, исследования же природы стали считаться легкомысленными и недостойными. Постепенно интеллектуальное наследие греков было для Западного мира утеряно.

К счастью для науки, в арабском мире правящий мусульманский класс, напротив, счел греческое знание ценным. Речь не о том, что в арабском мире искали знания ради него самого – такой поиск поощрялся исламской идеологией не больше, чем христианством. Однако состоятельные арабские покровители желали финансировать переводы греческих научных трудов на арабский, поскольку считали, что греческая наука – штука полезная. И, конечно же, несколько сотен лет[139] средневековые исламские ученые сами добивались замечательных успехов в прикладной оптике, астрономии, математике и медицине, обогнав европейцев, чья интеллектуальная традиция замерла без развития[140].

Тем не менее, к XIII–XIV векам[141], когда европейцы начали пробуждаться от длительной дремы, наука в исламском мире пришла в значительный упадок. Случился он, похоже, по нескольким причинам. Во-первых, консервативные религиозные силы принялись навязывать суженное понимание практической применимости, кою считали единственным приемлемым оправданием научным занятиям. Во-вторых, для процветания науке нужно процветающее общество, у которого есть возможности частного или государственного покровительства, поскольку большинство ученых не могло выживать в условиях открытого рынка. В поздние Средние века, однако, арабский мир подвергался атакам внешних сил – от Чингисхана до крестоносцев, а изнутри его раздирали междоусобицы. Ресурсы, прежде выделявшиеся на искусства и науки, теперь поглощала война – и борьба за выживание.

Еще одна причина упадка наук: школы, составившие значимую часть интеллектуальной жизни в арабском мире, не ценили своего положения. Эти школы назывались медресе и были благотворительными фондами, существовавшими на религиозные пожертвования, а основатели и попечители этих школ к наукам относились с подозрением. В результате все обучение должно было сосредоточиваться на религии и исключать философию и науку[142]. Любое преподавание этих предметов – вне школы. За неимением учреждения, поддерживавшего и объединявшего их, ученые отдалились друг от друга, что создало серьезную преграду для углубленного научного обучения и исследований[143].

Ученые не могут существовать в вакууме. Даже величайшие невероятно много получают от общения с коллегами в своей области. Недостаток контакта между исследователями в исламском мире создал неблагоприятную среду для перекрестного умственного опыления, необходимого прогрессу. Более того, без полезной здоровой критики стало непросто держать в рамках распространение теорий, которым не хватало эмпирической базы, и трудно собрать критическую массу поддержки тем ученым и философам, кто сомневался в привычных истинах.

Сопоставимое интеллектуальное удушье случилось и в Китае, другой великой цивилизации[144], которая могла бы развить современную науку прежде европейцев. Население Китая в период Высокого Средневековья (1200–1500 годы) составляло более ста миллионов человек, что примерно вдвое больше, чем в Европе того периода. Но китайская система образования, подобно той, что существовала в исламском мире, оказалась куда слабее развивавшейся в Европе – во всяком случае, в отношении науки. Ее строго контролировали и сосредоточивали на литературе и нравственном совершенствовании, а научным нововведениям и научному творчеству внимания уделяли мало. Положение дел практически не менялось, начиная с первых монархов династии Мин (1368 год) и до XX века. Как и в арабском мире, были достигнуты лишь скромные успехи в науке (в отличие от техники), и дались они не благодаря, а вопреки образовательной системе. Мыслителям, критиковавшим интеллектуальный «статус кво» и пытавшимся развить и упорядочить интеллектуальные инструменты, необходимые для поддержки жизни ума, сильно противодействовали – мешали и применению эмпирических данных для углубления познаний. Индийский[145] правящий класс, приверженный кастовому общественному устройству, тоже предпочитал стабильность в ущерб интеллектуальному совершенствованию. В результате, хоть и в

арабском мире, и в Китае, и в Индии возникли великие мыслители в отдельных областях знания, однако ученых, равных тем, кто позднее сотворил на Западе современную науку, – не было.

* * *

Возрождение науки в Европе[146] началось ближе к концу XI века, когда монах-бенедиктинец Константин Африканский начал переводить древнегреческие медицинские трактаты с арабского на латынь. Как и в арабском мире, желание учить греческую мудрость произрастало из практических соображений, и первые переводы подогрели аппетит к переводу и других практических работ по медицине и астрономии. В 1085 году во время христианского похода на Испанию в руки к христианам попали целые библиотеки арабских книг, и за несколько следующих десятилетий множество их оказалось переведено, отчасти благодаря щедрому финансированию заинтересованных местных епископов.

Влиятельность новообретенных трудов трудно себе представить: вообразите, что современные археологи наткнулись на переводы табличек с древними вавилонскими текстами и обнаружили, что в них представлены научные теории куда сложнее наших. В следующие несколько столетий финансирование переводов среди светской и торговой элиты эпохи Возрождения стало символом положения в обществе. Вновь добытое знание распространилось за пределы Церкви и стало своего рода валютой, собираемой богатеями так, как нынче собирают предметы искусства, – и, разумеется, богатеи кичились своими книгами и картами, как в наши дни – скульптурами или живописными полотнами. Постепенно вновь возросшая ценность знания[147], независимого от его практической применимости, привела к почитанию научного поиска. Со временем это почитание посягнуло на церковное «владение» истиной. С истиной, открытой Писанием и церковной традицией, взялась состязаться другая – истина, открытая природой.

Но одного лишь перевода и чтения древнегреческих трудов для «научной революции» недостаточно. Развитие нового учреждения[148], университета, – вот что действительно преобразило Европу. Университеты стали движущей силой развития науки в современном нам виде, вывели Европу на передовой край науки на много веков и дали случиться величайшим научным прорывам, какие видел белый свет.

Революцию образования[149] питало укреплявшееся благоденствие и обилие профессиональных возможностей для хорошо образованной публики. Города вроде Болоньи, Парижа, Падуи и Оксфорда приобрели репутацию центров учености, студенты и наставники тянулись туда во множестве. Преподаватели начинали работу либо самостоятельно, либо под покровительством уже существовавшей школы. Постепенно из них сложились добровольные ассоциации – по образу ремесленных гильдий. Хотя ассоциации эти называли себя «университетами», поначалу то были просто объединения без земельной собственности и определенного месторасположения. Университеты в знакомом нам виде возникли несколькими десятилетиями позже: в Болонье – в 1088 году, в Париже – около 1200-го, в Падуе – около 1222-го, в Оксфорде – к 1250-му. Центром внимания в университетах стала естественная наука, а не религия, и ученые собирались в них общаться и вдохновлять друг друга[150].

Нельзя сказать, что университет средневековой Европы был райскими кущами. Например, даже в 1495 году немецкие власти сочли необходимым недвусмысленно запретить всем, имеющим отношение к университету, обливать первокурсников мочой – этого указа более не существует, однако я по-прежнему требую от своих студентов подчинения ему. Преподаватели же частенько не располагали подходящей аудиторией и вынуждены были читать лекции в доходных домах, церквях или даже борделях. Более того, педагогам обычно платили напрямую сами студенты – они могли нанимать и увольнять своих преподавателей. В Университете Болоньи бытовало еще одно причудливое отклонение от принятой в наши дни нормы: студенты штрафовали преподавателей за беспричинный пропуск занятия или опоздание – или же за неспособность ответить на трудный вопрос. А если лекция оказывалась неинтересной или ее читали слишком медленно или слишком быстро, учащиеся вопили и буянили. Агрессивные наклонности студентов настолько вышли в Лейпциге из берегов, что университету пришлось вменить правило, запрещающее швырять в преподавателей камни.

Вопреки этим практическим трудностям европейские университеты сильно поддержали научный прогресс – отчасти тем, что давали людям делиться соображениями и обсуждать их вместе. Ученые в силах выдержать отвлечения в виде вопящих студентов или даже – иногда – брошенный в них пузырь с мочой, а вот без академических семинаров, которым конца не видать, – немыслимо. Ныне бо́льшая часть научных новшеств произрастает из университетских исследований, как и должно

быть, потому что именно в них вкладывается львиная доля финансирования фундаментальных разработок. Но, что исторически не менее важно, университеты были средоточием ума.

Считается, что научная революция, которая отдалила нас от аристотелизма, преобразила наши взгляды на природу и общество и создала основу того, кто мы есть ныне, началась с гелиоцентрической теории Коперника и достигла пика в Ньютоновой физике. Но такая картинка – упрощение: хоть я и применяю словосочетание «научная революция» для удобства и краткости, ученые, связанные с ней, имели крайне разнообразные цели и взгляды, а не являли собой единую команду, сознательно пытавшуюся создать новую систему мышления. Что еще важнее, изменения, описываемые как «научная революция», на самом деле происходили постепенно: грандиозный храм знания, построенный великими умами 1550–1700-х годов, и его вершина, Ньютон, не возникли из ниоткуда. Тяжкий труд закладки фундамента под эту постройку производили средневековые мыслители первых европейских университетов.

Громадная часть той работы была проделана группой математиков в Мёртонском колледже, Оксфорд, между 1325-м и 1359-м годами. Большинство людей знает, хотя бы смутно, что греки измыслили само представление о науке, а современная наука возникла во времена Галилея. Средневековой же науке почтения перепадает немного. Что печально, поскольку средневековые ученые добились удивительных результатов вопреки эпохе, в которой люди обыкновенно оценивали истинность высказывания не по эмпирическим доказательствам, а исходя из того, насколько хорошо оно вписывалось в уже существовавшую систему основанных на религии взглядах, – то есть вопреки культуре, враждебной науке в современном понимании.

Философ Джон Сёрль [Сёрл] писал об одном случае, иллюстрирующем фундаментальную разницу понятий, в которых средневековые мыслители видели мир, с нашими. Он рассказывал о готическом храме в Венеции под названием Мадонна делл’Орто (Мадонна Сада). Изначально церковь собирались назвать в честь Святого Христофора, но пока храм строили, в соседнем саду откуда ни возьмись появилась статуя Мадонны. Название изменили, поскольку решили, что статуя упала с небес, и это явление сочли чудом. В те времена никаких сомнений в сверхъестественных причинах появления статуи не возникло – как не возникло бы сомнений в обыденном объяснении в наше время. «Даже если бы эту статую сейчас нашли в садах Ватикана, – писал Сёрл, –

церковное начальство не стало бы заявлять, что она свалилась с неба»[151].

*Библиотека Мёртонского колледжа, Оксфорд*

Как-то раз я заговорил о достижениях средневековых ученых на одной вечеринке. Сказал, что меня впечатляет их работа – с учетом культуры, в которой они жили, и тягот, с которыми сталкивались. Мы, ученые, ныне жалуемся на время, профуканное на грантовые заявки, но у нас хотя бы кабинеты отапливаются, и нам не нужно охотиться на кошек[152], чтоб было чем поужинать, когда в городе все неважно с продовольствием. Не говоря уже о том, чтобы спасаться от Черной смерти 1347 года, унесшей половину населения.

На той вечеринке было полно ученых, и потому человек, с которым я разговаривал, не отреагировал на мои рассуждения так, как большинство людей, – то есть не бросился за новым бокалом «шардоннэ», внезапно

осознав, что оно закончилось. Моя собеседница, напротив, с изумлением переспросила: «Средневековые ученые? Да ладно вам. Они оперировали без наркоза. Они составляли снадобья из сока латука, цикуты и желчи дикого борова. Сам Фома Аквинский, кажется, верил в ведьм?» Тут-то она меня к стенке и приперла. Я понятия не имел обо всем этом. Но потом проверил, и она оказалась права. И все же, несмотря на ее по всей видимости энциклопедические знания определенных сторон средневековой медицинской практики, она не слыхала о более значимых начинаниях в области физики, которые по сравнению с состоянием средневекового знания в других областях показались мне совсем уж чудесными. И потому, хоть и пришлось мне признать, что к средневековому врачу, прибудь он в наш век на машине времени, я бы не пошел, в отношении прогресса, которого средневековые ученые добились в физических изысканиях, я в своей правоте не сомневался.

Так что же они насвершали, эти забытые герои физики? Для начала, из всех разновидностей изменений, обдуманных Аристотелем, они выделили одну – смену положения в пространстве, то есть движение – как самую фундаментальную. Это глубокое и точное наблюдение: большая часть наблюдаемых нами изменений зависит от конкретных веществ в составе материи – протухание мяса, испарение воды, падение листвы с деревьев. Для ученого, ищущего нечто всеобъемлющее, эти процессы не слишком показательны. Законы движения же, наоборот, – фундаментальны и распространяются на любую материю. Но вот еще почему законы движения особенны: на субмикроскопическом уровне они – причина всех наблюдаемых нами макроскопических изменений. Это оттого, что, как мы уже поняли – и как предполагали некоторые древнегреческие атомисты, – многие виды изменений, которые мы переживаем в будничной действительности, можно в конечном счете понять, анализируя законы движения, которым подчиняются базовые строительные блоки материи – атомы и молекулы.

Хотя ученые из Мёртона всеобъемлющих законов движения не открыли, чутье подсказывало им, что законы эти существуют, и они подготовили почву для открытия – тем, кто пришел на века позже. Важнее всего созданная ими зачаточная теория движения, не имевшая ничего общего с наукой, изучавшей другие виды перемен, – и ничего общего с понятием о предназначении.

* * *

Задача, которую мёртонские ученые взялись решать, простой не была: математика, потребная даже для простейшего анализа движения, все еще оставалась примитивной. Но была и другая неувязка, и преодоление ее стало даже большей победой, чем успех силами наличной в то время математики, ибо речь не о технической преграде, а об ограничении, навязанном образом мыслей людей о мире: мёртонцы были, подобно Аристотелю, зажаты рамками мировосприятия, в котором время играло роль преимущественно качественного субъективного параметра.

Мы, воспитанные в культуре развитого мира, переживаем ход времени совсем не так, как его воспринимали жившие в ранние эпохи. Бо́льшую часть существования человечества время считалось чрезвычайно эластичной сеткой, растягивавшейся и сжимавшейся очень субъективно. Научиться воспринимать время как что-то не внутреннее, личное – трудный шаг с большими последствиями и столь же значимый прорыв в науке, каким было развитие языка или осознание, что мир можно постичь рассуждением.

К примеру, поиск закономерностей в продолжительности событий – представить, что камень, падающий с высоты в шестнадцать футов, всегда долетает до земли за одну секунду, было бы в эпоху мыслителей Мёртона революционным ви́дением. Для начала никто понятия не имел, как измерять время хоть с какой-то точностью, а о минутах и секундах никто и не слыхивал[153]. Первые часовые механизмы, показывающие часы одинаковой продолжительности, изобрели не раньше 1330 годов. До этого световой день, сколько бы ни длился, делили на двенадцать равных интервалов, а это означало, что «час» мог быть в июне в два с лишним раза дольше, чем в декабре (в Лондоне, например, он колебался от 38 до 82 современных минут). Из того, что это никого не беспокоило, следует, что людям ничего больше приблизительной качественной оценки проходящего времени не требовалось. И поэтому само понятие скорости – расстояния, преодоленного за единицу времени, – уж точно должно было казаться диковиной.

С учетом всех препятствий, то, что ученым Мёртона удалось создать понятийное основание исследования движения, кажется чудом. И все же они сформулировали первое в мире количественное правило движения – «мёртонское»[154]: «Расстояние, пройденное телом, равномерно ускоряющимся из положения покоя, равно расстоянию, пройденному телом, движущимся то же время со скоростью, половинной от предельной у ускоряющегося тела».

Ну и формулировочка, прямо скажем. Я с ней знаком давно, однако смотрю сейчас на нее и понимаю, что пришлось дважды прочитать, что написано, чтобы понять, о чем это. И все же смутность такого выражения служит определенной цели: она показывает, насколько проще стала наука с тех пор, как ученые поняли, как применять – и изобретать, вообще говоря, – подходящую математику.

В современном математическом языке расстояние, пройденное телом, равномерно ускоряющимся из состояния покоя, можно записать как $(a \times t^2)/2$. Вторая величина, расстояние, пройденное телом, движущимся то же время со скоростью, половинной от предельной у ускоряющегося тела, есть попросту $(a \times t) \times t/2$. Таким образом, приведенная формулировка мёртонского правила, переложенная на язык математики, такова: $(a \times t^2)/2 = (a \times t) \times t/2$. Она не просто компактнее, но и делает истинность высказывания мгновенно очевидной – по крайней мере, для всех, кто уже немножко знает алгебру.

Если ваши дни занятий алгеброй давно позади, спросите любого шестиклассника – он или она поймут написанное. Вообще-то средний шестиклассник в наши дни знает гораздо больше математики, чем даже самый передовой ученый в XIV веке. Можно ли будет утверждать то же самое о детях XXVIII века и ученых XXI-го – интересный вопрос. До сих пор владение математикой с каждым веком постоянно прогрессировало.

Бытовой пример того, о чем гласит правило Мёртона: если вы разгоняете автомобиль постоянно, с нулевой скорости до ста миль в час, вы пройдете то же расстояние, как если бы все время ехали со скоростью пятьдесят миль в час. Смахивает на то, как меня пилит моя мама за слишком прыткое вождение, но, хоть для нас с вами мёртонское правило – простой здравый смысл, мёртонцы не могли его доказать. Тем не менее, правило произвело некоторый фурор в интеллектуальном мире того времени[155] и быстро добралось и до Франции, и до Италии, и распространилось далее по Европе. Доказательство получилось довольно скоро, по ту сторону Ла-Манша, где в Университете Парижа трудились французские коллеги мёртонских ученых. Автор доказательства – Николай Орем (1320–1382), философ и теолог, позднее дослужившийся до епископа Лизьё. Чтобы произвести это доказательство, Орему потребовалось то же, что и всем физикам за всю историю науки, вновь и вновь: изобрести новую математику.

Раз математика – язык физики, недостаток подходящей математики не дает физику выражаться или даже рассуждать на заданную тему. Быть

может, сложная незнакомая математика, понадобившаяся Эйнштейну, чтобы сформулировать общую теорию относительности, однажды вдохновила его сказать одной юной школьнице: «Не тревожьтесь о ваших трудностях с математикой – уверяю вас: мои куда больше»[156]. Или же, как говорил Галилей, «книга [природы] не может быть понята, если сначала не научиться понимать язык и читать буквы, которыми она написана. Она написана на языке математики, а знаки ее – треугольники, окружности и другие геометрические фигуры, без которых понять хоть одно слово – выше человеческих сил; без этого – лишь бродить в темном лабиринте»[157].

Дабы озарить светом этот темный лабиринт, Орем изобрел разновидность диаграмм, предназначенных для представления физики мёртонского правила. И хотя сам он понимал свои диаграммы не так, как мы в наши дни, можно считать их первым геометрическим представлением физики движения – а значит, и первым графиком.

Я всегда считал странным, что люди знают изобретателя математического анализа, хотя мало кто им пользуется, но при этом мало кто знает изобретателя графиков, однако ими пользуются все. Думаю, всё здесь оттого, что в наше время понятие графика представляется очевидным. Но в средние века мысль о том, что количества можно отображать линиями и фигурами в пространстве, была поразительно свежей и революционной, а может, и чуточку чокнутой.

Покажу вам, насколько трудно добиться даже самого простого изменения в образе человеческой мысли, – вспомним историю еще одного чокнутого изобретения, решительно нематематического: самоклеящиеся бумажки «Пост-ит», те листочки бумаги с клейкой полоской многоразового использования с одной стороны, которые можно легко приделывать к разным предметам. «Пост-ит» изобрел в 1974 году Арт Фрай, инженер-химик из компании «3М». Но предположим, что их тогда не изобрели, и вот прихожу я к вам, к инвестору, сегодня с этой затеей и бумажной пачечкой-прототипом. Вы тут же поймете, что это золотая жила, и ринетесь деньги вкладывать, да?

Как ни странно, а большинство-то людей, вероятно, не ринется: Фрай представил свою задумку маркетологам в «3М», компании, известной и клеящими продуктами, и новациями, и они как-то не вдохновились и решили, что продавать этот продукт будет непросто, потому что ему придется конкурировать по ценам с бумагой для заметок, которую новинка должна была вытеснить. Чего ж они не бросились к сокровищу, которое

Фрай им предложил?[158] Потому что в до-«Пост-ит»-овую эпоху сама мысль, что кому-то может понадобиться лепить клочок бумаги со слабой клеевой полоской на вещи, была за пределами человеческого воображения. И потому Артуру Фраю труднее было изменить способ человеческого мышления, нежели изобрести новый продукт. Уж если с самоклеящимися бумажками пришлось принять неравный бой, можно лишь вообразить, до чего трудно пришлось тем, кто занимался вещами куда значимее.

К счастью, Орему для доказательства самоклеящиеся бумажки не требовались. Вот как он рассуждал. Для начала разметим время вдоль горизонтальной оси, а скорость – вдоль вертикальной. Теперь предположим, что некое тело начинает движение во временно й точке «нуль» и сколько-то времени движется с постоянной скоростью. Это движение представим в виде горизонтальной прямой. Если заштриховать площадь под этой прямой, получится прямоугольник. Постоянное ускорение же выглядит как прямая под некоторым углом, потому что со временем скорость меняется. Если закрасить область под этой прямой, получится треугольник.

*График, иллюстрирующий мёртонское правило*

Области под этими линиями – закрашенные участки – представляют скорость, умноженную на время, а это есть расстояние, пройденное телом. Рассуждая вот так и зная, как рассчитать площади прямоугольника и треугольника, легко показать, что мёртонское правило верно.

Орем не почитаем так, как должно, потому, что издал он из своих работ немногое. Вдобавок, хоть я и объяснил, как мы интерпретировали бы его работу в наши дни, понятийный аппарат, который он применял, был и

близко не таким подробным и количественным, какой применил я, и принципиально отличался от нашего современного представления о связи математики и физических количеств. Это свежее понимание возникнет из череды новых представлений о пространстве, времени, скорости и ускорении, и они – важнейший вклад великого Галилео Галилея (1564–1642).

* * *

Хоть средневековые ученые, трудившиеся в университетах в XIII–XIV веках, и продвинулись в развитии традиции рационального и эмпирического научного метода, великий взрыв европейской науки произошел не сразу. Общество и культуру Европы Позднего Средневековья сначала преобразили изобретатели и инженеры – то был период первых ласточек Возрождения, которое длилось, грубо говоря, с XIV по XVII век.

Эти новаторы раннего Возрождения создали первую цивилизацию, не влекомую преимущественно силой мышц. Водяные и ветряные колеса, новые виды механических сочленений и другие приспособления разрабатывались или совершенствовались и встраивались в деревенскую жизнь. Они питали энергией лесопилки, мукомольни и множество хитроумных инструментов. Техническая новизна их[159] с теоретической наукой была связана слабо, но она создала предпосылки для дальнейшего развития[160], принеся новые материальные богатства, которые помогли поддержать расцвет образования и грамотности, а также позволили осознать, что понимание природы может облегчить нам жизнь.

Предпринимательский дух раннего Возрождения породил одно техническое нововведение, прямо и мощно повлиявшее на дальнейшее развитие науки, да и общества в целом: печатный станок. Хотя китайцы придумали подвижной шрифт на несколько веков раньше – около 1040 года, – он был относительно непрактичен, поскольку в китайском применялись пиктограммы, а это означало, что литер должно быть много тысяч. В Европе же появление примерно в 1450 годах механических печатных станков с подвижными литерами изменило все. В 1483 году, к примеру, за подготовку набора книги печатники из Риполи просили втрое больше, чем писец – за переписывание одной книги. Однако в Риполи с готового набора могли произвести тысячу копий или даже больше, а писец – лишь одну. В результате всего за несколько десятилетий книг было

напечатано больше, чем писцы в Европе смогли произвести за все предыдущие века, вместе взятые.

Печатный станок укрепил возникший средний класс и совершил переворот в обмене мыслями и сведениями по всей Европе. Знание и сведения внезапно сделались доступны куда большему числу граждан. В первые же несколько лет[161] были изданы первые математические тексты, а к 1600 году – почти тысяча. К тому же пошла новая волна восстановления античных текстов. Что не менее важно, люди со свежими замыслами внезапно обрели куда более широкую аудиторию, а те, кто, подобно ученым, жил изучением и развитием мыслей других людей, вскоре получил гораздо более прямой доступ к работам коллег.

Благодаря этим переменам в европейском обществе правящий класс оказался менее жестко ограничен и однороден, чем в исламском мире, Китае или Индии. Эти общества сделались неподатливыми и сосредоточились на консервативном мировосприятии. Европейскую элиту же, меж тем, мотало во все стороны из-за конкурирующих интересов города и деревни, церкви и государства, Папы и императоров, равно как и из-за требований новой светской интеллигенции и растущих потребительских желаний. Европейское общество развивалось[162], искусства и науки получали все больше возможностей меняться – и менялись, и в результате укреплялся и практический интерес к природе.

Интерес к природе сделался душой Возрождения – и в искусстве, и в науке. Само название эпохи означало новые начинания и в физическом существовании, и в культуре: Возрождение зародилось в Италии сразу вслед за эпидемией Черной смерти, унесшей жизни от трети до половины населения Европы, после чего движение ее замедлилось, и до северной Европы она дошла лишь в XVI веке.

В искусстве скульпторы Возрождения исследовали анатомию, а художники – геометрию, и те, и другие увлеклись созданием более точных отображений действительности на основе пристального наблюдения. Человеческие фигуры теперь изображали в естественном окружении и с анатомической точностью, а трехмерность изображениям придавали с помощью света, тени и линейной перспективы. Персонажи художников являли теперь реалистичные чувства, лица их лишились плоского, неземного качества, свойственного прежнему средневековому искусству. Музыканты Возрождения изучали акустику, архитекторы вглядывались в гармонию пропорций зданий. А ученые, увлеченные натурфилософией, которую мы ныне зовем наукой, по-новому начали относиться к сбору

данных и извлечению из них выводов, отвлекшись наконец от применения чистого логического анализа, искаженного желанием подтвердить те или иные религиозные взгляды.

Леонардо да Винчи (1452–1519), вероятно, лучше всех воплощает научные и гуманистические идеалы того времени, не распознававшего четкой границы между наукой и искусствами. Ученый, инженер и изобретатель, он был еще и художником, скульптором, архитектором и музыкантом. Во всех своих начинаниях Леонардо пытался прозреть человеческий и природный миры через пристальное наблюдение. Его записки и исследования в науке и инженерном деле занимают более десяти тысяч страниц, как художник он не довольствовался простым наблюдением за позирующими моделями – он изучал анатомию и препарировал трупы. Ученые до него рассматривали природу в понятиях общих качественных черт, Леонардо же и его современники прилагали колоссальные усилия, чтобы увидеть мельчайшие точки природного промысла – и обращали меньше внимания на авторитет и Аристотеля, и Церкви.

Вот в таком интеллектуальном климате ближе к концу Возрождения и родился в 1564 году в Пизе Галилей, всего за два месяца до появления на свет другого титана – Уильяма Шекспира. Галилей был первым из семерых детей Винченцо Галилея, известного лютниста и теоретика музыки.

Винченцо происходил из почтенной семьи[163] – не в том смысле, в каком мы их себе представляем сейчас: люди, которые ездят на лисью охоту и пьют чай каждый день после обеда, а из тех, кто именем своим добивается получения заказа. Винченцо, может, хотел бы себе почтенности первого рода – он любил лютню и играл на ней, где только мог: гуляя по городу, верхом, стоя у окна, лежа в постели, но практика эта приносила ему в виде звонкой монеты немного.

Надеясь направить сына по пути благополучия, Винченцо отправил юного Галилео в Университет Пизы, учиться медицине. Однако юношу больше медицины интересовала математика, и он стал брать частные уроки по трудам Евклида и Архимеда – и даже Аристотеля. Много лет спустя он говорил друзьям, что лучше бы забросил университет и взялся за рисование и живопись. Винченцо же подталкивал его к более практическим занятиям, в соответствии с вековой отеческой теорией, что стоит пойти на некоторые компромиссы, но избежать жизни, в которой «ужин» означает «суп с конопляными семечками и говяжьи потроха».

Винченцо, узнав, что Галилео увлекся математикой, а не медициной, должно быть, счел, что сын выбрал специальность «жизнь на наследство», каким бы чахлым то ни было. Но это все едва ли имело значение. Галилео

не доучился ни до чего – ни в медицине, ни в математике, ни в чем бы то ни было еще. Он бросил занятия и вступил на жизненный путь, на котором, несомненно, его ожидало безденежье, а частенько – и долги.

Оставив учебу, Галилей поначалу кормился за счет частных уроков математики. Как-то раз он прослышал о некой незначительной вакансии в Университете Болоньи. Хотя ему было двадцать три, он все равно предложил на это место себя, применив свежий подход к округлению – написал, что ему «около двадцати шести». Университет, видимо, искал сотрудника «около» чего-нибудь постарше и нанял тридцатидвухлетнего человека, еще и, вообще-то, доучившегося по специальности. И все-таки, даже через несколько веков, любого, кому отказали в найме на ученую должность, должно утешать: этот опыт у вас с Галилеем общий.

*Галилео Галилей, с картины фламандского художника Юстуса Сустерманса, 1636 год*

Двумя годами позже Галилей все же стал преподавателем в Пизе. Там он учил своему любимому Евклиду, а также преподавал курс по астрологии, нацеленный помочь студентам-медикам определять, когда пора делать пациенту кровопускание. Да, человек, столько сделавший для научной революции, наставлял начинающих врачей, как влияет положение Водолея на места постановки пиявок. Ныне астрология лишена всякого доверия, однако в прежние времена, пока мы еще мало что знали о законах природы, представление о том, что небесные тела влияют на наши жизни на Земле, казалось вполне разумным. В конце концов, правда же, что

Солнце, да и Луна, как давно было известно, неисповедимо связаны с приливами и отливами.

Галилей составлял астрологические прогнозы и из личного интереса, и ради заработка, и брал со своих студентов по двенадцать скуди за прогноз. Если получалось пять прогнозов в год, ему удавалось удвоить свою учительскую ставку в шестьдесят скуди – ее едва хватало на жизнь. А еще его тянуло к азартным играм, а в ту пору, когда никто почти ничего не знал о математике вероятностей, Галилей стал не только первым, кто рассчитывал вероятность выигрыша, он еще и блефовал неплохо.

Ближе к тридцати, высокий, статный, светлокожий и слегка рыжеволосый Галилей людям нравился. Но его преподавательской практике в Пизе не суждено было длиться долго. Хоть в целом начальство он и чтил, но позволял себе саркастические высказывания и мог быть язвителен и к своими интеллектуальным противникам, и к университетским управленцам, если те гладили его против шерсти. В Пизе его однажды «погладили» так, что Галилей вышел из себя: университет упрямо настаивал, чтобы профессора носили академические облачения не только когда преподают, но и если просто перемещаются по городу.

Галилей, любивший писать стихи, в ответ сочинил стихотворение, посвященное университетскому начальству. Предмет сочинения – одежда, Галилей выступил против нее. По его мнению, это обман. К примеру, невеста могла бы взглянуть на своего жениха, будь он без одежды, и «Увидать, не мал ли он, иль французским хворям сдался, тот, кто так осведомлен, хошь бросай, а хошь – хватайся»[164]. Таким стихотворением парижан не умилишь. В Пизе оно тоже не понравилось, и юный Галилей опять оказался на рынке труда.

Как выяснилось, все к лучшему. Галилей вскоре получил приглашение работать близ Венеции, в Падуе, с начальным годовым заработком в 180 скуди, втрое выше его первой ставки, и позднее описывал пребывание там как лучшие восемнадцать лет своей жизни.

Ко времени переезда в Падую Галилей уже успел разочароваться в Аристотелевой физике[165]. По Аристотелю, наука состояла в наблюдении и теоретизировании. Для Галилея в этом не доставало ключевого шага – экспериментов, и в руках Галилея экспериментальная физика развилась в той же мере, в какой и теоретическая. Ученые веками ставили эксперименты, однако те в основном были направлены на иллюстрирование уже принятых взглядов. Ныне же, напротив, ученые проводят опыты ради строгой проверки своих взглядов. Эксперименты

Галилея – нечто среднее. То были исследования – больше, чем просто иллюстрации, но пока все же не строгая проверка выводов.

У подхода Галилея к эксперименту есть две важнейших стороны. Во-первых, получая удивительный для себя результат[166], он его не отвергал – он сомневался в правильности своих рассуждений. Во-вторых, его эксперименты были количественными, что вполне революционно для его времени.

Эксперименты Галилея очень походили на те, которые ныне показывают в средней школе на уроках физики, хотя, конечно, его лаборатория отличалась от современной школьной: в ней не было электричества, газа, воды и прикольного оборудования – а под «прикольным оборудованием» я подразумеваю, к примеру, часы. И потому Галилею приходилось быть Макгайвером[167] XVI века – создавать сложные приборы из того, что в эпоху Возрождения могло заменить скотч и вантуз. К примеру, чтобы сделать себе секундомер, Галилей провертел дырочку в дне здоровенного ведра. Когда требовалось засечь протяженность того или иного события, он наливал в эту емкость воду, собирал вытекшее и взвешивал его – масса воды была пропорциональна продолжительности события.

Галилей применял эти «водяные часы», пытаясь разобраться с противоречивыми вопросами свободного падения – процесса, при котором предмет падает на землю под воздействием силы тяжести. Для Аристотеля свободное падение – разновидность естественного движения, которое подчиняется определенным ключевым правилам, например: «Если половинный вес проходит расстояние за данное время, двойной вес [то есть целый] пройдет это же расстояние за половину времени». Иными словами, предметы падают с постоянной скоростью, пропорциональной их весу.

Если вдуматься, это вполне соответствует здравому смыслу: камень падает быстрее древесного листка. И поскольку измерительных и записывающих инструментов под рукой еще не было, а об ускорении знали мало, Аристотелево описание свободного падения должно было казаться разумным. Но если вдуматься, оно же и противоречит здравому смыслу. Как отмечал астроном-иезуит Джованни Риччоли, даже мифологический орел, убивший Эсхила, уронив ему на голову черепаху, интуитивно понимал, что предмет, сброшенный кому-нибудь на голову, нанесет больший урон, если сбросить его откуда-нибудь повыше[168], а это значит, что предметы, падая, ускоряются. Ввиду всех этих рассуждений успела сложиться давняя традиция думать о свободном падении и так, и эдак, и

различные ученые в разные века выражали свой скептицизм относительно Аристотелевой теории.

Галилей знал о высказанной критике и хотел провести личное исследование этого явления. Понимал он и то, что его водяные часы недостаточно точны для экспериментов с падающими предметами, а потому требовалось придумать процесс, протекавший медленнее, но все равно по тем же физическим принципам. Он решил измерить время, нужное гладко отполированным бронзовым шарам, чтобы скатиться по гладким мосткам, наклоненными под разными углами.

Изучать свободное падение, замеряя время качения шаров по пандусам, – все равно что покупать наряд, исходя из того, как он смотрится в интернете: нельзя исключать, что на вас он будет смотреться не так, как на роскошной модели. Однако, вопреки опасностям, подобный ход мысли есть суть мышления современных физиков. Искусство планирования хорошего эксперимента состоит преимущественно в понимании, какие стороны задачи важно сохранить, а на какие не обращать внимания – и как потом толковать полученные результаты.

В случае свободного падения гений Галилея должен был измыслить эксперимент с катящимися шарами, не позабыв о двух критериях. Первый: требовалось, чтобы процесс происходил медленнее – тогда можно успеть все измерить; второй, не менее важный: минимизировать воздействие сопротивления воздуха и трения. Хотя трение и сопротивление воздуха – часть нашего повседневного опыта, Галилей чуял, что они смущают простоту фундаментальных законов, правящих природой. Камни в естественных условиях, может, и падают быстрее перьев, но законы, стоящие за любым падением, предполагал Галилей, постановляют, что в вакууме и камень, и перышко будут падать с одной и той же скоростью. Нужно «освободиться от этих трудностей, – писал он, – и, открыв и явив эти теоремы для случая, когда отсутствует сопротивление, […] применять их [к реальному миру]… с теми ограничениями, какие покажет опыт»[169].

Для небольших углов наклона в эксперименте Галилея все происходило довольно медленно, и данные добывались без особых усилий. Он заметил, что при малых углах расстояние, пройденное шаром, всегда пропорционально квадрату времени в пути. Можно математически доказать: это значит, что шар набирает скорость равномерно, то есть равномерно ускоряется. Более того, Галилей отметил и то, что скорость падения шара не зависит от его массы.

Поразительно было другое: это утверждение оставалось верным и когда пандус наклоняли под большими углами; каким бы ни был угол

наклона, расстояние, пройденное шаром, не зависело от массы шара и было пропорционально квадрату времени, потребного для качения. Если это верно для наклона в сорок, пятьдесят, шестьдесят или даже семьдесят градусов, чего б и не девяносто? И вот тут-то Галилей приводит очень современное рассуждение: он говорит, что его наблюдения за шаром, скатывающимся по наклонной плоскости, должны быть верны и для свободного падения, которое можно рассматривать как «предельный случай» наклона плоскости под прямым углом. Иными словами, он рассудил гипотетически, что, если приподнять плоскость вплоть до вертикального положения, и шар при этом фактически падал, а не катился, скорость он все равно будет набирать равномерно, а это означает, что усмотренная им для случая наклонных плоскостей закономерность распространяется и на свободное падение.

Так Галилей заместил Аристотелев закон свободного падения своим собственным. Аристотель говорил, что все тела падают со скоростью, пропорциональной их весу, но Галилей, постулируя идеальный мир, в котором фундаментальные законы природы являют себя наблюдателю, пришел к другому выводу: в отсутствие сопротивления среды – к примеру, воздуха, – все тела падают с одним и тем же постоянным ускорением.

* * *

Помимо склонности к математике Галилей тяготел и к абстрактному мышлению. И до того оно было у него развито, что ученый временами любил обдумывать что-нибудь целиком и полностью умозрительно. Неученые называют это фантазиями, ученые – мысленными экспериментами, по крайней мере – когда говорят о физике. Хорошо в мысленных экспериментах то, что их можно проводить целиком у себя в голове и не возиться со сборкой работающих приборов, но с их помощью проверять логические следствия тех или иных соображений. Таким манером, потопив Аристотелеву теорию свободного падения посредством практических экспериментов с наклонными плоскостями, Галилей, применив мысленный эксперимент, присоединился к обсуждению одного из предметов Аристотелевой физики, подвергшегося острейшей критике, а именно – движения снарядов.

Что движет снарядом после того, как к нему приложена начальная сила? Аристотель предположил, что его толкают частицы воздуха, устремляющиеся вслед снаряду, но даже сам он к своему объяснению

относился критически, и мы в этом уже убедились.

Галилей взялся разбираться с этой темой, вообразив корабль в море: в трюме моряки играют в салки, летают бабочки, в склянке на столе плавают рыбки, из бутылки капает вода. Он «заметил», что все это происходит одинаково независимо от того, движется корабль равномерно или же покоится. Галилей заключил, что, поскольку все на корабле движется вместе с ним, движение корабля должно «запечатлеваться» на предметах у него на борту, и когда корабль начинает двигаться, его движение становится чем-то вроде подложки для всего, что на нем находится. Может ли движение снаряда быть на нем «запечатлено»? Может ли это быть силой, поддерживающей полет пушечного ядра?

Размышления Галилея привели его к глубочайшему выводу – и к еще одному разрыву с Аристотелевой физикой. Отвергнув утверждение Аристотеля о том, что снаряду для движения нужна причина – сила, Галилей заявил, что все тела, находящиеся в равномерном движении, обыкновенно продолжают двигаться равномерно и дальше, в точности как тела в покое покоятся и далее.

Под «равномерным» Галилей понимал движение по прямой и с постоянной скоростью. Положение «покоя» – попросту пример равномерного движения, в котором скорость равна нулю. Наблюдение Галилея стало называться законом инерции. Ньютон позднее видоизменил его и сделал первым законом движения.

Через несколько страниц после формулировки закона Ньютон добавляет, что открыл его Галилей – редкий случай, когда Ньютон вообще отдавал кому-нибудь должное[170].

На основании рассказанного мной о Галилее отцу, он, любивший сравнивать любого значимого человека с какой-нибудь фигурой в иудейской истории, назвал Галилея Моисеем науки. Он сказал, это потому, что Галилей вывел науку из Аристотелевой пустыни к земле обетованной. Сравнение это тем более действительно вот из-за чего: подобно Моисею, сам Галилей до обетованной земли не добрался – не выделил гравитацию как силу, не смог описать ее математически, чего пришлось ждать до Ньютона, и по-прежнему цеплялся за некоторые Аристотелевы взгляды. К примеру, Галилей верил в некое «естественное движение», которое не равномерно, однако не требует силы для того, чтобы начаться: движение вокруг центра Земли. Галилей, судя по всему, думал, что это разновидность естественного движения, позволяющего телам никуда не деваться с вращающейся планеты.

Чтобы родилась настоящая наука движения, необходимо было

отринуть и эти пережитки Аристотелевой системы взглядов. По этим причинам один историк писал о Галилеевых представлениях о природе как о «невозможной амальгаме несовместимых элементов, порожденной взаимоисключающими мировоззрениями, меж которых он оказался»[171].

* * *

Вклад Галилея в физику подлинно революционен. Однако знаменит он в наши дни в основном конфликтом с Католической церковью, возникшим из-за его утверждения, противоположного взглядам Аристотеля (и Птолемея), что Земля – не центр Вселенной, а лишь обычная планета, вращающаяся, как и все остальные, вокруг Солнца. Представление о гелиоцентрической Вселенной существовало со времен Аристарха, с III века до н. э., но за современное видение можно благодарить Коперника (1473–1543).

Коперник – довольно противоречивый революционер науки, не ставивший цели критиковать метафизику своего времени; он просто разбирался с древнегреческой астрономией: ему не давало покоя, что для того, чтобы придать геоцентрической модели Вселенной[172] устойчивость, необходимо было водить множество специальных геометрических построений. Его модель, напротив, была куда точнее и проще, даже изящнее. В согласии с духом Возрождения он ценил не только научную достоверность, но и эстетичность замысла. «Думаю, в это проще верить, – писал он, – нежели вносить путаницу множеством Сфер, какие нужны, чтобы Земля оставалась в средине»[173].

Коперник сначала, в 1514 году, описал свою модель только для себя, а потом не одно десятилетие производил астрономические наблюдения в поддержку этой модели. Но, подобно Дарвину столетия спустя, он излагал свои представления в кругу близких доверенных друзей, боясь осуждения народа и Церкви. И все же Коперник ощущал опасность, а также понимал, что при должных политических маневрах реакция Церкви может быть смягчена, и когда Коперник наконец все же опубликовал свою работу, он посвятил ее Папе, с пространным объяснением, почему его взгляды – не ересь.

В конце концов труд Коперника так и остался достоянием ученых кругов: он не был опубликован вплоть до 1543 года, а к тому времени Коперник уже лежал на смертном одре – говорят, свою напечатанную книгу

он увидел лишь в день смерти. Как ни удивительно, даже после издания книга ни на что не повлияла, пока позднейшие ученые, в том числе Галилей, не приняли его взглядов и не начали говорить о них.

Хотя Галилей не сам придумал, что Земля – не центр Вселенной, он привнес нечто не менее важное: применив телескоп (который собрал сам, на основе гораздо более простой модели, изобретенной незадолго до этого), он обнаружил поразительные и убедительные доказательства этой модели.

Все началось случайно. В 1597 году Галилей писал и давал лекции в Падуе о Птолемеевой системе, почти никак не показывая, что сомневается в ее состоятельности[174]. Меж тем, примерно тогда же в Голландии произошел случай, напоминающий нам о том, как важно оказаться в нужном месте (Европа) в нужное время (в частности, всего через несколько десятилетий после Коперника). Случай, который в конце концов заставил Галилея сменить точку зрения, произошел с двумя детьми, которые играли в лавке никому не известного изготовителя очков по имени Ханс Липперсгей [Липперсхэй], – они приложили друг к другу две линзы и посмотрели сквозь них на флюгер на шпиле далекой городской церквушки. Он оказался увеличенным. Галилей позднее записал, что Липперсгей глянул сквозь эти две линзы, «одну выпуклую, другую вогнутую… и увидел неожиданное; вот и [изобрел] инструмент»[175]. Он создал подзорную трубу.

Мы склонны представлять себе развитие науки как череду открытий, каждое ведет к следующему путем усилий отдельных интеллектуальных исполинов, располагающих ясным и необычным видением. Но видение великих открытий в интеллектуальной истории куда чаще замутнено, чем ясно, а своими достижениями они обязаны в большей мере друзьям и коллегам – и удаче, – нежели выходит, если судить по легендам и по признаниям самих первооткрывателей. В данном случае подзорная труба Липперсгея давала всего двух– или трехкратное увеличение, и когда Галилей несколько лет спустя, в 1609 году, впервые о ней услышал, его это не очень впечатлило. Интересно ему стало лишь потому, что его друг Паоло Сарпи, описанный историком Дж. Л. Хейлброном как «непримиримо анти-иезуитский монах-энциклопедист», усмотрел в этом приспособлении потенциал – он подумал, что, если это изобретение усовершенствовать, его можно отлично применить для военных нужд Венеции, не укрепленного стенами города, чье выживание зависело от своевременного обнаружения угрозы вражеского нападения.

Сарпи обратился за помощью к Галилею, который, среди многого

всякого, что делал ради подпитки своих доходов, занимался созданием научных инструментов. Ни Сарпи, ни Галилей никакой теорией оптики не владели, однако методом проб и ошибок Галилей за несколько месяцев смог создать прибор, позволявший девятикратное увеличение. Он подарил это преисполнившемуся благоговением Венецианскому сенату в обмен на пожизненное продление свой ставки и удвоения своей тогдашней платы за труды до тысячи скуди. Галилей постепенно усовершенствовал свой телескоп до тридцатикратного увеличения, а это практический предел для телескопа такой конструкции (плоско-вогнутый визир и плоско-выпуклый объектив).

Примерно в декабре 1609 года, когда Галилей уже добился от своего телескопа двадцатикратного увеличения, он обратил его ввысь и нацелился на крупнейший объект ночного небосвода – Луну. Это наблюдение – и другие, сделанные им же, – подарило нам лучшее для того времени доказательство, что Коперник верно определил место, которое планета Земля занимает в мироздании.

Аристотель утверждал, что небеса образуют отдельное царство, из другой материи, и оно подчиняется другим законам, из-за которых все небесные тела вращаются вокруг Земли. Галилей же увидел, что Луна, «неровная, шершавая, вся в вогнутостях и выпуклостях, не отличается от лика земного, изрезанного горными цепями и глубокими долами»[176]. Луна, иными словами, не казалась телом другого «царства». Галилей увидел также, что у Юпитера есть свои луны. Факт, что луны эти обращаются вокруг Юпитера, а не вокруг Земли, противоречил космологии Аристотеля, зато поддерживал представление о том, что Земля – не центр Вселенной, а лишь одна из многих планет в ней.

Отмечу: говоря, что Галилей «увидел» что-то, я не имею в виду, что он приставил телескоп к глазу, навел его куда-то и с восторгом узрел революционно свежий набор образов, будто посмотрел показ в планетарии. Напротив, его наблюдения требовали долгих, непростых и настойчивых усилий: ему приходилось часами щуриться в несовершенное, скверно установленное (по теперешним понятиям) стекло и пытаться извлечь хоть какие-то выводы из увиденного. Глядя на Луну, к примеру, он мог «видеть» горы, лишь неделю за неделей кропотливо описывая и интерпретируя движения теней, которые эти горы отбрасывают. Более того, он видел лишь одну сотую поверхности единовременно, и для того, чтобы создать сборную карту целого, ему пришлось произвести множество дотошно скоординированных наблюдений.

Все эти трудности с телескопом показывают, что гений Галилея – не

столько в совершенствовании прибора, сколько в способе его применения. К примеру, когда он замечал нечто, смахивающее, скажем, на лунную гору, он не просто доверялся тому, как это выглядит, – он изучал свет и тени и применял теорему Пифагора для оценки высоты горы. Увидев луны Юпитера, он поначалу решил, что это звезды. И лишь после многократных пристальных наблюдений и расчетов, связанных с известным движением Юпитера, он понял: положение этих «звезд» относительно Юпитера меняется так, что можно сделать вывод об их вращении вокруг Юпитера.

Сделав эти открытия, Галилей, не желая залезать на теологическое поле, признания все же пожелал. И начал посвящать немало сил изданию своих наблюдений – и пустился во все тяжкие во имя замены принятой космологии Аристотеля на гелиоцентрическую систему Коперника. Для этого он опубликовал в марте 1610 года «Звездный вестник» – брошюру, описывающую виденные им чудеса. Книга мгновенно стала бестселлером, и, хотя была всего около шестидесяти страниц (в современном формате), потрясла мир ученых: она описывала чудесные, прежде неведомые черты Луны и других планет. Вскоре слава Галилея распространилась по всей Европе, и все захотели посмотреть в телескоп.

В сентябре того же года Галилей переехал во Флоренцию – занять престижное место «главного математика Университета Пизы и философа великого герцога». Плату за работу ему сохранили прежней, но преподавать – или даже проживать в Пизе – от него не требовалось. Властитель, о котором идет речь, – Козимо II Медичи, великий герцог Тосканы, а назначение Галилея случилось не только благодаря его великим достижениям, но и благоволением династии Медичи. Он даже назвал свежеоткрытые луны Юпитера «планетами Медичи».

Вскоре после назначения Галилей сильно заболел и многие месяцы был прикован к постели. Как ни смешно, возможно, с ним приключилась «французская хворь» – сифилис, результат пристрастия к венецианским проституткам. Но, даже болея, Галилей продолжил пытаться убедить влиятельных мыслителей в состоятельности своих открытий. И к следующему году, когда он выздоровел, звезда его взошла так высоко, что его пригласили в Рим читать лекции по его изысканиям.

В Риме Галилей познакомился с кардиналом Маффео Барберини и был удостоен встречи с Папой Павлом V в Ватикане. Поездка оказалась во всех отношениях победной, Галилей вроде бы утряс все противоречия с официальным церковным мировоззрением, и никаких обид не возникло – возможно, потому, что лекции его в основном были посвящены наблюдениям, которые он произвел в телескоп, без подробностей

дальнейших выводов.

Впрочем, Галилей в своих последующих политических маневрах со временем неизбежно вошел в конфликт с Ватиканом, поскольку Церковь официально признавала вариант аристотелизма, предложенный Святым Фомой Аквинским и несовместимый с наблюдениями и толкованиями Галилея; вдобавок, в отличие от своего политического предшественника Коперника, Галилей был неисправимо высокомерен, даже в разговорах с теологами о догматах Церкви. И потому в 1616 году Галилея вновь призвали в Рим – на сей раз оправдываться перед собранием высокопоставленных лиц Церкви.

Эта встреча вроде бы закончилось вничью[177]: Галилея не осудили, книг его не запретили, и ему даже позволили еще одну аудиенцию с Папой Павлом; но ему возбранили читать лекции о том, что центр Вселенной – Солнце, а не Земля, и что Земля вращается вокруг Солнца, а не наоборот. В конце концов этот запрет доставил ему грандиозные неприятности, поскольку обвинение Галилея Инквизицией, которое произошло через семнадцать лет, упирало именно на то, что церковные шишки недвусмысленно запретили Галилею учить людей коперниканству.

Но на некоторое время напряжение спало, особенно после того, как друг Галилея кардинал Барберини сделался в 1623 году Папой Урбаном VIII. В отличие от Папы Павла, Урбан в целом положительно относился к науке и в ранние годы своего папства с готовностью встречался с Галилеем.

В этой более дружелюбной среде, при Урбане, Галилей взялся за работу над новой книгой, которую закончил в свои шестьдесят восемь, в 1632 году. Плод его трудов назывался *«Dialogo Sopra I due Massimi Sistemi del Mondo»* («Диалог о двух главнейших системах мира»[178]). Но «диалог» вышел изрядно односторонним, и Церковь отреагировала – ожидаемо – так, будто книга называлась «Почему Церковное мировоззрение ошибочно, а Папа Урбан – болван».

«Диалог» Галилей составил в форме дружеского разговора между Симпличио, приверженного последователя Аристотеля, Сагредо, умной нейтральной стороны, и Сальвиати, предлагавшего убедительные аргументы в пользу взглядов Коперника. Галилей писал эту книгу беззаботно, поскольку рассказал о ней Урбану, и тот ее вроде бы одобрил. Но Галилей уверил Папу, что цель этой книги – защитить Церковь и итальянскую науку от нападок, дескать Ватикан запретил гелиоцентризм из-за своего невежества, и одобрение Урбана основывалось на договоренности, что Галилей представит интеллектуальные доводы обеих

сторон без предубеждения. Если Галилей и пытался этого добиться, получилось у него из рук вон плохо. По словам его биографа Дж. Л. Хейлброна, «Диалог» Галилея «пренебрег философами, приверженными взглядам о неподвижной Земле, как недолюдьми, нелепыми, зашоренными, тупоумными идиотами и воспел коперниканцев как причастных к высшему разуму»[179].

Книга нанесла еще одно оскорбление. Урбан желал, чтобы Галилей включил в книгу пояснение – текст, подтверждающий состоятельность мировоззрения Церкви, но вместо того, чтобы написать этот текст от своего имени, как просил Урбан, Галилей вложил его в уста своего персонажа Симпличио, которого Хейлброн именует «дурындой». Папа Урбан, совсем не дурында, страшно обиделся.

Когда звездная пыль улеглась, Галилея обвинили в нарушении указа Церкви от 1616 года о запрете распространения учения Коперника и потребовали отречения от его взглядов. Преступление Галилея – в той же мере нарушение границ власти и контроля, или же «владения» истиной, как и в мировоззренческих особенностях[180]. Большая часть интеллектуальной верхушки Церкви понимала, что взгляды Коперника, возможно, верны, однако восставали они против ренегата, распространявшего эти взгляды и ставившего под сомнение учение Церкви[181].

22 июня 1633 года облаченный в белую рубаху узника Галилей склонил колени перед обвинявшим его трибуналом и сдался требованию подтвердить верховенство Писания: «Я, Галилей, сын покойного Винченцо Галилея, флорентинец, семидесяти лет отроду… клянусь, что всегда веровал, верую и с Божьей помощью буду веровать и далее во все, что принимает и проповедует и чему учит Святая Католическая и Апостольская Римская Церковь».

Вопреки заявлению, что он всегда принимал учение Церкви, Галилей, тем не менее, продолжил признанием, что поддерживал осуждаемую теорию Коперника, даже «после того, как было сделано официальное внушение» Церковью, чтобы он, по словам Церкви, «оставил ложное мнение, что Солнце есть центр мира и неподвижно, и что Земля – не центр мира и движется…»

Интереснее всего формулировка Галилеева признания: «Я написал и издал книгу, – сказал он, – в которой описываю новое, но уже осужденное учение, и привожу в его пользу доводы великой убедительности». Даже объявляя о своей приверженности Церковной версии истины, он по-прежнему защищает содержание своей книги.

Галилей завершает покаяние, говоря «желая устранить из умов вашего Святейшества и всех честных христиан сильное подозрение, справедливо против меня бытующее, с искренним сердцем и неподдельной верой я отрекаюсь, проклинаю и презираю вышеупомянутые ошибки и ереси. и клянусь в будущем никогда не говорить и не утверждать, устно или на письме, ничего, что может дать повод для подобных же подозрений касательно меня»[182].

Галилей не подвергся столь же зверскому наказанию, на какое обрекла Инквизиция Джордано Бруно, который тоже утверждал, что Земля вращается вокруг Солнца и за свою ересь сгорел на костре в Риме в 1600 году. Однако суд на Галилеем обозначил позицию Церкви вполне отчетливо.

Через два дня Галилея отпустили под опеку флорентинского посла. Он провел последние годы жизни под своего рода домашним арестом у себя на вилле в Арчетри, близ Флоренции. Еще в Падуе Галилей прижил троих внебрачных детей. Дочь, с которой он был чрезвычайно близок, умерла от чумы в Германии, вторая дочь отдалилась от него, а сын Винченцо, живший неподалеку, с любовью заботился об отце. И хотя Галилей был узником, он имел право на посетителей, даже еретиков – лишь бы не математиков. Одним из них был юный английский поэт Джон Мильтон [Милтон] (позднее он поминал Галилея и его телескоп в поэме «Потерянный рай»).

Как ни парадоксально, именно во время своего затворничества в Арчетри Галилей записал наиболее подробные соображения о физике движения – в книге, которую сам считал своей величайшей работой: «Рассуждения и математические доказательства, касающиеся двух новых наук»[183]. Книгу в Италии издавать было нельзя, поскольку Папа запретил его труды, и потому рукопись контрабандой доставили в Лейден и напечатали там в 1638 году.

К тому времени здоровье Галилея совсем испортилось. В 1637 году он ослеп, а на следующий год у него начались страшные беды с пищеварением. «Все мне кажется отвратительным, – писал он, – вино совершенно скверно для головы и глаз, от воды болит в боку… аппетита никакого, ничто меня не привлекает, а если что и привлекает, [врачи] запретят»[184].

И все же ум его оставался подвижен, и один гость, повидавший его незадолго до смерти, говорил, что, невзирая на запреты на посетителей с такой профессией, Галилей на днях с удовольствием слушал спор двух

математиков. Он умер в семьдесят семь, в 1642-м – в год, когда родился Ньютон, – на руках у сына Винченцо, и – да, в присутствии нескольких математиков.

Галилей желал быть похороненным рядом с отцом в главной Базилике Санта-Кроче во Флоренции. Фердинандо, наследник великого герцога Козимо, даже собрался выстроить для него величественную усыпальницу – напротив усыпальницы Микеланджело. Однако Папа Урбан дал понять, что «нехорошо это – строить мавзолей такому [человеку]… поскольку добрые люди могут возмутиться и впасть в предубеждение относительно Святейшей власти»[185]. И потому родственники Галилея упокоили его останки в гробнице размером с чулан, под церковной колокольней, и провели скромные похороны, на которых присутствовали только близкие друзья, родня и последователи. И все же многие, даже в самой Церкви, ощутили утрату. Смерть Галилея, как отважно писал хранитель архивов при дворе кардинала Барберини в Риме, «затрагивает не только Флоренцию, но и весь мир и весь наш век, получивший от этого божественного человека больше великолепия, чем от почти всех остальных обыкновенных философов»[186].

# Глава 7
# Механическая вселенная

Опубликовав «Рассуждения и математические доказательства, касающиеся двух новых наук», Галилей подвел человеческую культуру к границе нового мира. Исаак Ньютон сделал последние великанские шаги и по ходу дела завершил построение системы совершенно нового мышления. Вслед за Ньютоном наука отказалась от Аристотелева взгляда на природу, движимую предназначением, и приняла Вселенную Пифагора, движимую числами. Вслед за Ньютоном, ионийское утверждение, что мир можно понять посредством наблюдения и рассуждения, преобразилось в метафору: мир подобен часам, его механизмами управляют численные законы, придающие любому аспекту природы – включая, как многие считали, и взаимодействия между людьми – полную предсказуемость.

В далекой Америке отцы-основатели страны приняли Ньютоново мировоззрение вдобавок к теологии и закрепили в Декларации независимости, что «законы природы и ее Бога наделяют»[187] людей правом на политическое самоопределение. Во Франции после Революции с ее неприятием науки Пьер-Симон де Лаплас поднял Ньютонову физику на новый уровень математической сложности и заявил, что, применяя теорию Ньютона, высокоразвитый интеллект способен «объять одной и той же формулой движения и величайшие тела во Вселенной, и мельчайшие атомы – ничто для него не останется неопределенным, и будущее, как и прошлое, явлено будет взгляду его».

Ныне мы все рассуждаем по-ньютоновски. Мы говорим о силе применительно к человеческому характеру и об ускорении – к распространению заболевания. Мы говорим о физической или даже умственной инерции и об импульсе, приобретенном спортивной командой. Мыслить в таких понятиях до Ньютона было непредставимо, не мыслить в таких понятиях непредставимо в наши дни. Даже те, кто ничего не слыхал о законах Ньютона, взращены на его взглядах. И потому изучать работы Ньютона означает изучать наши собственные корни.

Поскольку мировоззрение Ньютона для нас совершенно естественно, чтобы оценить потрясающий гений его творения, нужно хорошенько постараться. В средней школе, когда мне впервые рассказали про «законы Ньютона», они показались мне настолько простыми, что я удивился, с чего такой сыр-бор. Странное дело: чтобы придумать нечто, понятное мне,

пятнадцатилетнему мальчишке, за пару уроков, понадобился один из умнейших людей в истории науки – и многолетний труд. Как вышло, что совершенно доступные для меня представления оказались труднейшими для понимания несколько столетий назад?

Мой отец, кажется, понял, почему. Я рассказываю своим детям историю про «Пост-ит», а мой отец обычно обращался к преданьям старины. Когда люди смотрели на мир сотни лет назад, говорил он мне, они видели действительность совсем не так, как мы воспринимаем ее сегодня. Он рассказывал мне о временах, когда, еще подростками в Польше, они с друзьями набрасывали на козу простыню и загоняли ее в дом. Старшие родственники думали, что это привидение. Ладно, дело было на еврейский праздник Пурим, а старшие были изрядно пьяны, но отец объяснял их реакцию не опьянением: он говорил, что они истолковывали увиденное в контексте своих верований, а привидения были привычной их частью. Я, может, считаю это невежеством, говорил он, но то, что Ньютон сказал миру о математических законах Вселенной, вероятно, казалось людям того времени столь же странным, сколь привидения – мне. Так и есть: ныне, даже если вы никогда не изучали физику, дух Исаака Ньютона хоть самую малость, но в вас есть. Но не вырасти мы в Ньютоновой культуре, те законы, что вроде бы самоочевидны, были бы для большинства из нас непостижимы[188].

* * *

Описывая незадолго до смерти свою жизнь, Ньютон так характеризовал свой вклад в науку: «Мне неизвестно, кем я кажусь миру, но сам себя я вижу мальчишкой, который играл на берегу моря и радовался, находя камешек глаже или ракушку красивее прочих, а великий океан истины раскинулся предо мной, непознанный»[189].

На любом из Ньютоновых камешков ученые менее одаренные и плодовитые могли бы сделать потрясающую карьеру. Помимо работ, посвященных силе тяготения и движению, он отдал много лет раскрытию тайн оптики и света, изобрел известную нам ныне физику, а заодно и математический анализ. Когда я изложил все это отцу, который до того, как я взялся изучать работы Ньютона, и не слыхал о нем, отец нахмурился и сказал: «Не будь как он. Занимайся чем-нибудь одним!» Поначалу я отнесся к этому наставлению с той разновидностью высокомерия, в которой

подростки большие мастера. Но вообще-то отец в некотором смысле дело говорил. Ньютон подошел опасно близко к тому, чтобы стать гением, который за все берется и ничего не доводит до конца. К счастью, как мы знаем, вмешался рок, и Ньютон ныне считается провозвестником всей революции мышления.

Одного Ньютон не делал никогда – не играл на морском берегу. Хоть он и извлек немало пользы из эпизодического общения с учеными и в Британии, и на континенте, зачастую – почтой, он никогда не покидал окрестности небольшого треугольника, связывавшего его родной Вулсторп, его университет в Кембридже и Лондон. Да и вообще не «играл» он – ни в каком смысле слова из тех, какие мы в него вкладываем. Ньютон обошелся в жизни без друзей и родственников, с которыми он ощущал бы близость, не было в его жизни места даже для какой-нибудь возлюбленной, хоть одной: по крайней мере, до его более взрослых лет заставить Ньютона общаться было примерно равносильно попытке уговорить котов сыграть в «Скрэббл». Вероятно, точнейшим можно считать замечание одного дальнего родственника, Хамфри Ньютона, трудившегося у него помощником пять лет: он сказал, что Ньютон рассмеялся всего раз – когда кто-то спросил его, зачем вообще изучать Евклида.

Ньютоном владела чистая безучастная страсть понимать мир, а не желание сделать его лучше на благо человечеству. Он достиг великой славы при жизни, но разделить ее ему было не с кем. Добился интеллектуальных побед, но никак не любви. Принял высочайшие звания и почести, но большую часть времени посвятил интеллектуальным сварам. Было бы мило иметь основания утверждать, что этот исполин интеллекта был сердечным, приятным человеком, но, если и были у него подобные наклонности, он изрядно постарался их подавить и являть себя миру высокомерным мизантропом. Он был из тех людей, какие, заметь вы при них, что день сер, скажут: «Нет, небо на самом деле голубое». Что еще неприятнее – он мог это доказать. Физик Ричард Фейнман (1918–1988) выразил эти чувства многих погруженных в себя ученых, написав книгу «Не все ли равно, что думают другие?»[190]. Ньютон не написал мемуаров, однако, случись такое, он, вероятно, назвал бы их «Надеюсь, я как следует вас достал» или, может, «Отвяжись от меня, болван».

Стивен Хокинг однажды сказал мне, что в этом смысле он рад своему параличу: тот позволил сильнее сосредоточиться на работе. Полагаю, Ньютон мог *бы* сказать, по той же причине, какие восхитительные преимущества дает жизнь полностью в своем собственном мире – не расходуя время, не делясь им с кем-то еще. На самом деле, недавние

исследования показали, что у одаренных в математике студентов значительно больше склонности к научной карьере, если им недостает навыков общения[191]. Я тоже давно подозревал, что неспособность общаться впрямую связана с успехом в науке. Уж во всяком случае мне известно несколько состоявшихся ученых, которых сочли слишком странными для работы где угодно, кроме больших исследовательских учреждений. Один коллега-аспирант надевал день за днем одни и те же штаны и белую футболку, хотя поговаривали, что у него два таких набора, и поэтому одежде время от времени перепадала стирка. Еще один коллега, знаменитый профессор, был настолько стеснителен, что обычно отводил глаза, говорил очень тихо и отступал на шаг, если замечал, что вы стоите к нему ближе четырех футов. Две последние особенности затрудняли послесеминарское общение, поскольку профессора было почти не слышно. При нашей первой встрече, еще когда я был студентом, я оплошал и подошел слишком близко, а затем продолжал надвигаться на него, пока тот ретировался, и в результате бедняга чуть не упал, наткнувшись на стул.

Наука – предмет потрясающей красоты. Но, хотя развитие науки требует перекрестного опыления мыслями, какое может случиться лишь при взаимодействии с другими творческими умами, оно требует и долгих уединенных часов, что может представляться однозначным преимуществом тем, кто не склонен к общению или даже предпочел бы жить совсем отдельно. Как писал Альберт Эйнштейн, «одна из сильнейших мотиваций, какие толкают людей в искусства и науки, – побег от повседневной жизни с ее мучительной грубостью и безнадежной скукой… Всяк делает это мироздание и его сотворение стержнем своей эмоциональной жизни, чтобы так обрести покой и уверенность, какие не находятся в тесном водовороте личного опыта»[192].

Ньютоново презрение к повседневным заботам мира позволило ему заботиться о своих интересах и нимало не отвлекаться, но также заставило его скрыть значительную часть своей научной работы – он решил не издавать огромный массив своих изысканий. К счастью, он от них и не избавлялся – был таким барахольщиком, что заслужил бы личного реалити-шоу, однако Ньютон копил не скелеты домашних животных, старые журналы или обувь, из которой вырос еще в семь лет, а записи обо всем на свете – от математики, физики, алхимии, религии и философии до отчетов о каждом потраченном пенни и описаний своих чувств к родителям.

Ньютон сберег практически все, что написал за жизнь, – даже листки с никчемными расчетами и старые школьные тетради, – позволив тем, кто

желал копаться, постичь в беспрецедентных подробностях эволюцию Ньютоновых взглядов. Большая часть его научных бумаг досталась библиотеке Кембриджа, его интеллектуального дома. Но другие документы, в общей сложности включающие миллионы слов, были постепенно распроданы на аукционе Сотби, где экономист Джон Мэйнард Кейнс [Мейнэрд Кинз], участвуя в торгах, скупил почти все труды Ньютона по алхимии.

Биограф Ньютона Ричард Уэстфолл посвятил двадцать лет изучению жизни ученого и пришел к заключению, что Ньютона «нельзя оценивать по критериям, с которыми мы подходим к пониманию людей»[193]. Но даже если Ньютон был инопланетянином, он по крайней мере оставил нам своим дневники.

* * *

Ньютоново стремление понять мир происходило от чрезвычайной любознательности – мощного побудителя к открытиям, какой исходил словно бы полностью изнутри, подобно импульсу, толкнувшему моего отца обменять кусок хлеба на математическую разгадку. Но в случае Ньютона эту тягу питало что-то иное. Хотя ему поклоняются как идеалу научной рациональности, его интерес к природе Вселенной был, как и у всех вплоть до обитателей Гёбекли-Тепе, сложно переплетен с духовностью и религией. Ньютон верил, что Бог явлен нам и в слове его, и в деле[194], и потому изучение законов природы есть изучение Бога, а рвение в науке – разновидность религиозного пыла.

Ньютонова тяга к уединению и многие часы ежедневной работы – большое преимущество, по крайней мере, для его интеллектуальных достижений. Однако, хоть его затворничество в пространстве ума стало для науки настоящим подарком, сам Ньютон заплатил за них дорого, и, похоже, это результат болезненного детства, проведенного в одиночестве.

Учась в школе, я сочувствовал детям, которые никому не нравились, особенно потому, что сам был таким. Ньютону пришлось еще хуже. Он не нравился собственной матери. Он появился на свет 25 декабря 1642 года эдаким непрошенным рождественским подарком. Отец умер за несколько месяцев до этого, а мать Анна [Ханна], вероятно, полагала, что существование Исаака – лишь краткосрочное неудобство, поскольку родился он недоношенным и вряд ли бы выжил. Более восьмидесяти лет

спустя Ньютон сказал мужу своей племянницы, что при рождении был так мал, что поместился бы в квартовый горшок, и так слаб, что потребовался валик на шею – удерживать голову на плечах. Так скверно шли дела у маленького болванчика, что женщины, отправленные за пару миль добыть припасы, не слишком торопились – были уверены, что ребенок к их возращению уже будет мертв. Но они ошиблись. Для сохранения младенцу жизни не понадобилось никаких других технических ухищрений, кроме валика.

Может, Ньютон не видел никакого смысла в людях в своей жизни потому, что его мать никогда, похоже, не видела смысла в нем самом. Когда ему было три, она вышла замуж за богатого ректора, преподобного Барнэбэса Смита. Преподобный Смит был старше Ханны в два с лишним раза, ему хотелось юной жены – но не юного пасынка.

Нельзя сказать наверняка, к какому духу в семье это могло привести, однако более или менее уверенно можно предположить, что некое напряжение имелось, поскольку, много лет спустя, в записях о детстве Ньютон вспоминает, что «угрожал отцу и матери Смит сжечь и их, и дом вместе с ними»[195]. Исаак не сообщает, как родители отозвались на его угрозу, однако известно, что вскоре его услали прочь и вверили заботам бабушки. Та с Исааком ладила получше, но много ль ему было надо. Близки они точно не были – нигде в записях и черновиках, оставшихся после Ньютона, нет ни единого нежного воспоминания о прародительнице. Впрочем, мило, что нет и воспоминаний о том, как он хотел ее поджечь и спалить дотла ее дом.

Когда Ньютону было десять, преподобный Смит помер, и Исаак ненадолго вернулся домой, где теперь обитало еще трое детей его матери от второго брака. Через пару лет после смерти Смита Ханна отправила старшего сына в пуританскую школу в Грэнтэм, в восьми милях от Вулсторпа. Учась в Грэнтэме, Ньютон жил в доме аптекаря и химика по имени Уильям Кларк; тот восхищался Ньютоном и поддерживал в нем изобретательность и любопытство. Юный Исаак научился толочь химические вещества пестиком в ступке, измерял силу штормового ветра, прыгая по направлению его и против и сравнивая потом длину прыжка, мастерил маленькие мельницы с приводом от колеса, которое крутила мышь, а также четырехколесную телегу, которую приводил в движение, сидя в ней и крутя ручку. А еще сделал воздушного змея, к хвосту которого привязал светильник и запускал по ночам, пугая соседей.

С Кларком-то Ньютон ладил, а вот одноклассники – другая история. В школе Ньютон, со всей очевидностью не похожий на остальных и

интеллектуально превосходивших всех, вызывал к себе то же отношение, что возникает в таких случаях и в наши дни: другие дети его терпеть не могли. Одинокая, но крайне творческая жизнь, которую он вел, когда был мальчишкой, готовила его к творческой, но мучительной и одинокой судьбе, большую часть его зрелости отнюдь не счастливой.

Ближе к семнадцати годам Ньютона мать забрала его из школы, желая, чтобы сын вернулся домой – управлять имением. Но хозяйственник из Ньютона вышел не лучший, что доказывает: можно быть гением и рассчитывать орбиты планет – и полным растяпой, когда дело доходит до выращивания люцерны. Более того – хозяйство его и не интересовало. Пока изгороди в его владениях приходили в негодность, а свиньи носились по кукурузным посадкам, Ньютон мастерил водяные колеса на ручье или же просто читал. Как пишет Уэстфолл, Ньютон протестовал против жизни, которую проводят, «пася овец или гребя навоз»[196]. Как и большинство знакомых мне физиков.

К счастью, вмешались дядя Ньютона и директор Грэнтэмской школы. Распознав в нем гения, в июне 1661 года они отправили его в Колледж Св. Троицы в Кембридже. Там он познакомился с научным мышлением своего времени – лишь для того, чтобы в один прекрасный день восстать и свергнуть его. Слуги праздновали его отбытие – не потому что радовались за него, а потому что он сурово с ними обращался. С таким характером, считали они, место ему лишь в университете.

* * *

Кембридж для Ньютона более чем на три с половиной десятка лет стал домом и стартовой площадкой умственной революции, которую он запустил. Хотя эту революцию часто изображают как череду озарений, борьба за тайны Вселенной, которую вел Ньютон, скорее походила на окопную войну – одна тяжкая интеллектуальная битва за другой, и в этой войне каждую пядь земли приходилось присваивать постепенно и ценой громадных вложений сил и времени. Гений меньшего калибра или меньшей фанатической приверженности такую борьбу вести бы не смог.

Поначалу даже условия жизни Ньютона были для него испытанием. Мать наделила его стипендией всего в десять фунтов, хотя сама получала неплохой ежегодный доход в семьсот с лишним. Такая стипендия поместила Ньютона в самые низы общественного устройства Кембриджского университета.

Стипендиат («сайзер»), в жесткой кембриджской иерархии, – бедный студент, не плативший за еду и обучение и получавший небольшие карманные деньги, обслуживая более состоятельных учащихся: причесывая их, чистя им обувь, принося им хлеб и пиво и опорожняя их ночные горшки. Стать стипендиатом для Ньютона было повышением в должности – начинал он с субстипендиата, а это означало ту же черновую работу, что и у стипендиата, только субстипендиаты сами платили за еду и посещаемые лекции. Свыкнуться с положением слуги у мальчишек того же племени, что измывались над ним в Грэнтэмской школе, было для Ньютона явно непросто. В Кембридже он, что называется, нюхнул жизни «под лестницей».

В 1661 году Галилеевым «Рассуждениям и математическим доказательствам, касающимся двух новых наук» было всего двадцать лет, и, как и многие другие работы Галилея, эта на кембриджскую учебную программу заметного влияния тогда еще не оказала. Это означало, что в обмен на услуги и плату Ньютону предлагали уроки, включавшие в себя все, что ученые – приверженные Аристотелю – знали о мире: Аристотелеву космологию, Аристотелеву физику, Аристотелеву риторику… Ньютон читал Аристотеля в подлиннике, изучал учебники по дисциплинам Аристотеля, копался во всех книгах, положенных по программе. Ни одну так и не дочитал, поскольку, подобно Галилею, не счел доводы Аристотеля убедительными.

И все же труды Аристотеля являли первый изощренный подход к знанию, с каким столкнулся Ньютон, и потому, даже опровергая его, он из самого этого опровержения извлек урок, как нужно подходить к разнообразным вопросам природы и думать о них организованно и последовательно – и с потрясающей неукоснительностью. Ньютон, убежденный холостяк, редко включавшийся в потехи и досуги, трудился больше, чем кто угодно в пределах моего знания, – по восемнадцать часов в день, семь дней в неделю. Эту привычку он поддерживал многие десятилетия подряд.

Не приняв ничего из Аристотелевых трудов, включенных в программу Кембриджа, Ньютон начал свое долгое странствие к новому мировоззрению в 1664 году: в его записях отмечается, что он взялся создать собственную программу обучения, читая и осмысляя работы великих современных европейских мыслителей, включая Кеплера, Галилея и Декарта. Хоть и не блистательно, однако Ньютон все же закончил в 1665 году университет и получил титул исследователя, а также финансовую поддержку на следующие четыре года дополнительного образования.

А летом 1665 года Кембридж накрыло внезапной страшной волной чумы, и заведение закрыли вплоть до весны 1667-го. Пока учиться было негде, Ньютон вернулся в отчий дом в Вулсторпе и продолжил трудиться в одиночестве. В некоторых изложениях 1666 год именуется Ньютоновым *annus mirabilis*[197]. По этим преданиям, Ньютон сидел в семейном поместье, изобретал математический анализ, разбирался с законами движения, а затем, увидев падающее яблоко, открыл закон всемирного тяготения.

Что верно, то верно, год вышел недурной. Но все происходило не так. Теория всемирного тяготения сложилась не вот так запросто, единой блестящей мыслью, какую можно ухватить благодаря озарению, – это целый корпус трудов, сформировавшийся вокруг совершенно новой научной традиции[198]. Более того, от картинки из учебника, изображающей Ньютона и яблоко, один вред, потому что из-за нее создается впечатление, будто физики добиваются результатов благодаря громадным внезапным прозрениям: кому-нибудь эдак дали в лоб, и у него от этого открылся дар предсказывать погоду. В действительности, даже в случае с Ньютоном, чтобы чего-то добиться, нужно было получить по лбу много-много раз, провести много-много лет в осмыслении собственных соображений и прийти наконец к подлинному пониманию их потенциала. Мы, ученые, терпим от этих ударов по лбу головную боль, потому что, как и футболистам, спорт нравится нам больше, чем не нравится из-за него страдать.

Вот почему большинство историков сомневается в истории с чудесным озарением: прозрения Ньютона в физике во время чумного периода случились не все скопом, а за три года – с 1664 по 1666-й. Более того, никакой ньютонианской революции в конце этого периода не случилось: в 1666 году сам Ньютон еще не был ньютонианцем. Он все еще считал, что равномерное движение возникает из чего-то присущего движущемуся телу изнутри, а под «гравитацией» понимал некое внутреннее свойство, возникающее в материи, из которой создано тело, а не внешнюю силу, исходящую от Земли. Представления, развитые им в тот период, – лишь начало, кое ввергло его в растерянность и брожение ума на самые разные темы, включая силу, гравитацию и движение, то есть обо всех ключевых понятиях, которые в конце концов объединятся в предмет его великого труда – «*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*».

Мы довольно неплохо знаем, о чем думал Ньютон у себя в имении в Вулсторпе, поскольку он по своему обыкновению записывал это в

громадную, почти не использованную тетрадь, доставшуюся от преподобного Смита. Ньютону с той тетрадью повезло, а в более зрелые годы повезло располагать бумагой в достатке, чтобы записать миллионы слов и математических выражений, в которые он облек свои работы.

Я помянул нововведения вроде университетов и применения математических уравнений, но были и другие невоспетые подспорья научной революции, которые мы воспринимаем как должное, и среди них следует отдельно отметить возросшую доступность бумаги. К удаче Ньютона, первая коммерчески успешная мануфактура по производству бумаги в Англии была основана в 1588 году. Не менее важно и то, что Королевская почта в 1635 году начала обслуживать частные отправления, что позволило нелюдиму Ньютону общаться на бумаге с другими учеными даже из очень дальних краев. Но бумага во дни Ньютона по-прежнему стоила недешево, и потому он дорожил своей тетрадью, которую называл «Черновой книгой». В ней – подробности Ньютонова подхода к физике движения, редкая возможность увидеть, как развивается мысль в блистательном уме.

Мы, к примеру, знаем, что 20 января 1665 года Ньютон начал записывать в «Черновой книге» развернутое математическое – а не философское – расследование движения. Ключевой для этого расследования была разработка математического анализа – новой разновидности математики, задуманной для изучения меняющихся величин.

Продолжая традицию Орема, Ньютон представлял себе изменение как наклонную линию. Допустим, если отражать на графике расстояние, пройденное телом, на вертикальной оси, а время – на горизонтальной, тогда наклонная линия на графике – отображение скорости тела. Горизонтальная линия, таким образом, представляет неизменное положение тела, а наклонная или кривая показывает, что положение тела резко меняется – тело движется с большой скоростью.

*Графики (а), (б) и (в) изображают равномерное движение с (а) нулевой скоростью (тело покоится), (б) малой скоростью,(в) большой скоростью. График (г) отражает движение с ускорением*

Но Орем и другие толковали графики в более качественном смысле, нежели мы в наши дни. Про график «расстояние-время», например, не понимали, что он в каждой точке представляет расстояние, пройденное за время, равное координате на горизонтальной оси. Не понимали и того, что наклон линии на графике представляет скорость тела в каждый момент времени. До Ньютона скорость для физиков была средней, то есть все пройденное расстояние, деленное на продолжительность времени в пути. То были довольно грубые расчеты, поскольку время в них обычно исчислялось часами, днями или даже неделями. Вообще-то засекать короткие промежутки времени с хоть какой-то точностью было и невозможно – вплоть до 1670 года, когда английский часовщик Уильям Клемент изобрел маятниковые «ходики», благодаря которым время стало можно измерять с точностью до секунды.

Пойти дальше средних величин к значениям графиков и их уклонов в каждой отдельной точке – вот откровение Ньютонова анализа. Он взялся разбираться с тем, с чем никто до него не возился: как определить мгновенную скорость тела, ее скорость в каждый миг? Как разделить расстояние, пройденное телом, на затраченное время, если речь идет о

временном промежутке размером с точку? Мыслимо ли это вообще? Эту задачу Ньютон и взялся решать в «Черновой книге».

Галилей воображал себе «предельные случаи» – например, плоскость, чей угол наклона все увеличивают и увеличивают, пока он не достигнет прямого, Ньютон же довел этот подход до предела возможности. Чтобы определить мгновенную скорость в данный момент времени, он представил, как будет рассчитывать среднюю скорость традиционно, то есть за некоторый промежуток времени, включая и то мгновение, которое его интересует. Затем он представил себе нечто новое и абстрактное: сужение этого промежутка, еще и еще, пока, в предельном случае, его протяженность не приблизится к нулю.

Иными словами, Ньютон представил, что временной промежуток можно взять столь малым, что он будет меньше любого конечного числа – но все-таки больше нуля. Ныне длина такого промежутка называется «стремящейся к нулю» или «бесконечно малой». Если рассчитать среднюю скорость в определенный промежуток времени, а затем уменьшить этот промежуток до бесконечно малого, получится скорость тела в определенный миг, или мгновенная скорость.

Математические правила нахождения мгновенной скорости в данный момент времени – или, в общем случае, наклона линии в данной точке – и есть основа математического анализа[199]. Если атомы – неделимые составляющие химических веществ, то бесконечно малые величины – своего рода неделимые составляющие пространства и времени.

Вместе с математическим анализом Ньютон изобрел математику изменения. В особенности применительно к движению изощренное понимание мгновенной скорости он предложил культуре, где лишь недавно придумали способ измерять скорость: бросать прикрепленную к лагу веревку, на которой завязаны узлы, за корму и считать, сколько узлов ушло за борт за единицу времени. Впервые появился смысл в понятии скорости тела – или же в изменении чего угодно – в заданный момент времени.

Ныне математический анализ применяется для описания каких угодно изменений – обтекание крыльев самолета воздухом, рост населения, перемены в климатических системах, подъемы и падения биржевых показателей, ход химических реакций. В любом деле, где можно графически отразить количество, в любой области науки, математический анализ – ключевой инструмент[200].

Математический анализ позволил Ньютону соотнести приложенную к телу силу в любой момент времени с изменением скорости в этот же

момент. Более того, постепенно прояснилось, как сложить все бесконечно малые изменения скорости и вывести из этого траекторию тела как функцию от времени. Но этим законам и методам пришлось подождать открытия еще несколько десятилетий.

И в физике, и в математике «Черновая книга» Ньютона превзошла все доселе вообразимое. До Ньютона, к примеру, столкновение тел воспринималось как состязание между внутренними устройствами этих тел, словно двое мускулистых гладиаторов пытаются вышвырнуть друг друга с арены. В видении Ньютона же каждое тело осмысляется лишь в понятиях воздействующего на них внешнего побудителя, сиречь силы.

Вопреки этому мыслительному прорыву, среди более чем сотни аксиом «Черновой книги», связанных с этой задачей, Ньютон дает лишь неполное и заковыристое определение того, что он понимает под «силой». Самое главное: он совсем не поясняет, как определять количественно силу, с коей, например, Земля притягивает тела, или ту, что «меняет движение» тела. Полотно, которое Ньютон принялся писать в Вулсторпские годы, останется незавершенным почти двадцать лет, и оно – лишь тень той искры, что потребовалась для ньютонианской революции.

* * *

Физик Джереми Бернстайн рассказывает историю посещения Соединенных Штатов австрийским физиком Вольфгангом Паули в 1958 году. Паули представил свою теорию публике Колумбийского университета, среди которой находился Нильс Бор, относившийся к соображениям Паули скептически. Паули согласился, что на первый взгляд его теория может казаться несколько безумной, однако Бор ответил, что нет, беда как раз в том, что теория недостаточно безумна. На что Паули, обращаясь к залу, возразил: «Нет, моя теория безумна достаточно!» Но Бор не унимался: «Нет, ваша теория не безумна в нужной мере!»[201] И вот уж двое знаменитых физиков ссорятся посреди зала и вопят, как пятиклашки.

Я вспомнил эту историю, дабы показать, что все физики – и все новаторы – предлагают гораздо больше ошибочных суждений, нежели верных, и, если физик – мастер своего дела, у него возникают и безумные соображения, которые как раз лучше всех – если, конечно, они верны. Отличить заблуждение от прозрения – дело не из легких, на него может уйти уйма времени и усилий. А значит, к людям с диковинными идеями следует относиться с пониманием. Ньютон был одним из них: столь бодро

начав в период чумы, он затем провел значительную часть своей жизни, развивая ошибочные соображения, которые позднейшие ученые, изучавшие труды Ньютона, считали безумными.

Все начиналось неплохо. Весной 1667 года, вскоре после возобновления работы Кембриджа, Ньютон вернулся в Колледж Св. Троицы. Той осенью в колледже проходили выборы. Все мы временами оказываемся в обстоятельствах, оказывающих громадное влияние на наше будущее, – личные преодоления, собеседования, способные изменить всю нашу жизнь, экзамены в колледжи или профессиональные школы, чьи результаты могут сильно расширить наши дальнейшие возможности. Выборы в Колледже Св. Троицы оказались для Ньютона всем сразу: их результат определял, сможет ли двадцатичетырехлетний ученый остаться в университете на положении «соискателя», или же далее ему придется пасти овец и грести навоз. Шансы его были невелики: выборов в Колледже Троицы не происходило уже три года[202], мест было всего девять, а кандидатов гораздо больше, многие – с политическими связями. Некоторые даже располагали письмами с визой короля, с требованием принять подателя письма на свободное место. Но Ньютона все же выбрали.

Сельскохозяйственная карьера теперь прочно осталась в прошлом, и, казалось бы, Ньютону – полная воля взяться за дело и преобразовать записи из «Черновой книги» по математическому анализу и движению в законы Ньютона. Но нет. Следующие несколько лет Ньютон трудился в двух совершенно других областях – в оптике и математике, в особенности в алгебре. За последнее ему было щедро воздано: вскоре в небольшом сообществе кембриджских математиков его стали считать гением. В результате, когда влиятельный Исаак Барроу [Айзек Бэрроу] покинул почетный пост Лукасовского профессора математики – им несколько столетий спустя стал Стивен Хокинг, – он, по сути, устроил так, чтобы его место занял Ньютон[203]. Заработок по тем временам получался потрясающий: теперь университет был готов платить Ньютону в десять раз больше, чем выделяла ему мать – сто фунтов в год.

Усилия Ньютона, посвященные оптике, впрочем, принесли ему меньше славы. Еще студентом он прочел свежие труды по оптике и свету оксфордского ученого Роберта Бойля [Бойла] (1627–1691), который был еще и первопроходцем-химиком, и Роберта Гука (1635–1703), «скрюченного и бледнолицего» человека – хорошего теоретика и блестящего экспериментатора, как показала его работа ассистентом у Бойля. Труды Бойля и Гука вдохновили Ньютона, однако он так в этом и не

признался. Но вскоре уже не просто занимался расчетами – он экспериментировал, вытачивал стекла и совершенствовал телескоп.

Ньютон взялся за изучение света под всевозможными углами[204]. Он вводил себе в глаз иглу и жал на него, пока не начинал видеть белые и цветные круги. Происходит ли свет от давления? Ньютон таращился на солнце, покуда хватало терпения – так долго, что потом несколько дней приходил в себя, – и отмечал, что, отводя взгляд от солнца, видел цвета искаженными. Свет существует на самом деле, или же это плод воображения?

Чтобы изучать свет лабораторно, Ньютон проделал дырочку в ставнях на единственном окне у себя в кабинете, чтобы свет проникал внутрь в виде луча. Такой свет, как думали ученые, белый чистейшего свойства, то есть совершенно бесцветный. Гук пропускал луч света через призмы и наблюдал, как из них струится цветной свет. Он заключил, что прозрачные вещества вроде призмы производят цвет. Но Ньютон тоже пропускал луч света через призмы и пришел к другому выводу. Он отметил, что призмы расщепляют белый свет на цвета, однако цветной свет не меняют. Наконец Ньютон заключил, что стекло не производит цвет, но, изгибая поток света по-разному для разных цветов, делит белый свет на цвета, из которых состоит. Белый свет не есть чистый цвет, а смесь цветов, объявил Ньютон.

Эти наблюдения привели Ньютона к теории цвета и света, над которой он трудился с 1666 по 1670 год. Результатом стал вывод – когда Гук назвал его «гипотезой», Ньютон рассвирепел, – что свет состоит из крошечных «корпускул», вроде атомов. Теперь-то мы знаем, что Ньютонова теория ошибочна в частностях. Действительно, представление о корпускулах света вернется к жизни через несколько веков, в работах Эйнштейна, и ныне мы называем эти корпускулы фотонами. Но фотоны Эйнштейна – квантовые частицы, и они в теорию Ньютона не укладываются.

Хотя работа Ньютона над усовершенствованием телескопа принесла ему славу, представление о световых корпускулах было воспринято во времена Ньютона, как это вышло и с Эйнштейном, с большим скепсисом. А в случае с Робертом Гуком, чья теория описывала свет состоящим из волн, – с неприятием. Более того, Гук жаловался, что Ньютон лишь слегка видоизменил его эксперименты, которые Гук поставил первым, и выдал их за свои.

Годы беспорядочного питания и бессонных ночей, проведенные в оптических исследованиях, привели Ньютона к интеллектуальному сражению, которое быстро сделалось озлобленным и жестоким. Что еще хуже, Гук был человеком порывистым и рубил с плеча – сочинял ответы

Ньютону всего за пару часов, тогда как Ньютон, педантичный и тщательный во всем, ощущал нужду отвечать со всей прилежностью. На один такой ответ у него как-то раз ушло несколько месяцев.

Но да пусть ее, личную вражду: так состоялось знакомство Ньютона с публичной стороной нового научного метода – с открытым обсуждением и стычками идей. Ньютону не понравилось. Он, и без того склонный к уединению, из ученого общения устранился.

Заскучав от математики и разозлившись на критику своей оптики, к середине 1670-х Ньютон, к тому времени слегка за тридцать, но уже седой и обычно непричесанный, практически отрезал себя от всего научного сообщества. Отрезанным он и остался – на целый десяток лет.

Нетерпимость к противостояниям стала не единственной причиной его вновь обретенной почти полной изоляции: за предыдущие несколько лет, даже работая в математике и оптике, Ньютон начал уделять все больше времени своих сточасовых рабочих недель двум новым увлечениям, которые он не стремился ни с кем обсуждать. То были «безумные» исследовательские программы, за которые его с тех пор часто критикуют. И, конечно, они лежали сильно в стороне от столбовой дороги научных интересов: математический и текстовый анализ Библии – и алхимия.

Позднейшим исследователям решение Ньютона посвятить себя трудам по теологии и алхимии часто казалось непостижимым, словно он забросил писать статьи для журнала «Нейчер» и предпочел сочинять буклеты для сайентологов. Осуждение это, правда, не берет в расчет подлинного размаха затеи: задача, объединявшая усилия Ньютона в физике, теологии и алхимии, была одна и та же – постичь истину этого мира. Интересно всмотреться, хотя бы коротко, в эту работу – не потому, что она привела к верному ответу, и не потому, что доказывает, будто у Ньютона случались приступы сумасшествия, но потому что она делает зримой зачастую тонкую грань между научным поиском, который в итоге оказывается плодотворным, и бесплодными усилиями.

Ньютон верил обещаниям Библии, что истина будет явлена людям набожным, хотя некоторые стороны этой истины одним лишь чтением текстов не увидеть. Верил он и в то, что набожные люди прошлого, включая великих алхимиков вроде швейцарского врача Парацельса, обрели важные прозрения и включили их в свои работы в зашифрованном виде – чтобы скрыть от неверных. Выведя закон всемирного тяготения[205], Ньютон уверился, что Моисей, Пифагор и Платон постигали этот закон задолго до него.

Что Ньютон превратил свои замыслы в математический анализ

Библии, понять можно – с его-то талантами. В ходе работы он обратил внимание на точные даты Творения, постройки Ноева Ковчега и других библейских событий. На основании библейских текстов он рассчитал и неоднократно пересмотрел предсказания конца света[206]. В одной из последних версий мир придет к своему концу где-то между 2060 и 2344 годами. (Не могу сказать, окажется ли это правдой, но, как ни странно, это предсказание точно совпадает с некоторыми сценариями глобальной перемены климата.)

Вдобавок Ньютон усомнился в подлинности многих фрагментов текста Библии и пришел заключению, что имел место впечатляющий подлог, исказивший наследие ранней Церкви в пользу представления о Христе как о Боге, что Ньютон считал идолопоклонничеством. Вкратце: Ньютон не верил в Святую Троицу, что в его положении профессора Колледжа Троицы может показаться забавным. Придерживаться таких взглядов было опасно: Ньютон мог запросто потерять и свое положение, и, вероятно, кое-что посерьезнее, узнай о его воззрениях кто-нибудь неподходящий. Но Ньютон, разбираясь в христианстве, был в отношении публичности своих работ крайне осмотрителен: невзирая на то, что эти труды посвящались религии, а не революции в науке, Ньютон считал их наиболее важными.

Вторая страсть Ньютона в те годы, алхимия, тоже поглощала колоссальные время и силы, и эти исследования продолжались тридцать лет – куда больше, чем он когда-либо посвящал физике. Денег они тоже требовали немало: Ньютон не только оснащал себе алхимическую лабораторию, но и собирал библиотеку. Здесь тоже легко пренебречь этими его исканиями как ненаучными – и ошибиться: как и прочие свои исследования, алхимические Ньютон проводил с тем же тщанием и, с учетом его глубинных взглядов, с той же добротной аргументацией. В этой области Ньютон также пришел к выводам, которые нам трудно понять, поскольку рассуждения его укоренены в контексте, для нас совершенно незнакомом.

Ныне мы представляем себе алхимиков бородатыми мужчинами в мантиях, произносившими заклинания в попытках превратить мускатный орех в золото. Конечно, первый известный нам алхимик – египтянин по имени Болос из Мендеса, живший около 200 года до н. э., который завершал каждый «эксперимент» заклинанием: «Одна сущность в другой утешается. Одна сущность другой истребляется. Одна сущность другой подчиняется»[207]. Смахивает на перечисление возможных событий в

брачном союзе двоих людей. Но сущности, о которых говорил Болос, – химические вещества, и Болос в химических реакциях явно кое-что смыслил. Ньютон верил, что в далеком прошлом ученые, подобные Болосу, открыли глубинные истины, с тех пор утерянные, но восстановимые путем анализа греческих мифов, кои, по убеждению Ньютона, не что иное как зашифрованные алхимические рецепты.

В своих алхимических изысканиях Ньютон, сохраняя тщательность научного подхода, провел великое множество продуманных экспериментов с подробнейшими описаниями. Будущий автор «Принципов», часто именуемых величайшей книгой в истории науки, провел многие годы, исписывая тетради лабораторными наблюдениями вроде вот таких: «Растворить летучего зеленого льва в центральной соли Венеры, перегнать. Полученный спирит есть зеленый лев кровь зеленого льва Венеры, Вавилонский Дракон, убивающий все своим ядом, но, побежденный смягчением Горлиц Дианы, есть Узы Меркурия»[208].

Начиная карьеру в науке, я поклонялся ее героям, Ньютонам и Эйнштейнам – и историческим, и современным гениям вроде Фейнмана. Вступать в поле, на котором родились все эти великие, – дело для юного ученого требовательное. Я ощутил это давление величия, когда получил место в Калтехе[209]. Похоже я себя чувствовал накануне первого дня в старшей школе, когда боялся идти на занятие по физкультуре и особенно мыться потом в ду́ше на глазах у других пацанов. В теоретической физике оголяешься – не физически, но интеллектуально, и все на тебя смотрят – и выносят суждения.

Об этих неуверенностях редко говорят, ими редко делятся, и все же они обычны. Любому физику приходится искать собственный способ преодолевать это напряжение, но, чтобы достичь успеха, одного последствия следует избегать каждому: боязни ошибиться. Томасу Эдисону часто приписывают совет: «Чтобы вышел отличный замысел, плодите их обильно». И, разумеется, любой новатор проходит гораздо больше тупиков, нежели достославных бульваров, и потому бояться ошибиться поворотом означает наверняка никогда не прийти в какое-нибудь интересное место. И потому я в те свои времена был бы рад услышать обо всех Ньютоновых заблуждениях и впустую потраченных годах.

Тем, кому утешительно знать, что люди блистательно правые тоже иногда ошибаются, сообщаем: даже гений, подобный Ньютону, может заблуждаться. Да, он догадался, что тепло есть результат движения крошечных частиц, из которых, как он считал, состоит вся материя, но он

же, подумав, что заболел туберкулезом, прописал себе «лекарство» из скипидара, розовой воды, пчелиного воска и оливкового масла. (Это снадобье считалось целительным и при болезнях грудей, и от укуса бешеной собаки.) Да, он изобрел математический анализ, но полагал, что поэтажный план затерянного храма царя Соломона в Иерусалиме скрывает математические подсказки касательно конца света.

Почему Ньютон так сильно отклонился от курса? Если присмотреться к обстоятельствам жизни ученого, один фактор бросается в глаза: его обособленность. В точности так же, как интеллектуальная обособленность привела к скверному положению в науке в средневековом арабском мире, она же, судя по всему, препятствовала и Ньютону, хотя в его случае уединение он предпочел для себя сам, поскольку свои религиозные и алхимические взгляды держал при себе, не желая подвергаться риску осмеяния или даже запретов, какие могли возникнуть, откройся он для интеллектуального обсуждения. Не было «хорошего» и «плохого» Ньютона[210], рационального и иррационального, писал оксфордский философ У. Х. Ньютон-Смит. Ньютон заблуждался, потому что не открыл свои взгляды для обсуждения и критики «общественному форуму», а это – одна из важнейших «норм института науки».

Ньютон, на дух не выносивший критики, в той же мере не торопился делиться своими революционными исследованиями, которые проводил в области физики движения в чумные годы. Пробыв на посту Лукасовского профессора пятнадцать лет, он все еще не опубликовал и не закончил эту свою работу. В итоге в 1684 году, когда ему уже был сорок один, этот маниакально прилежный гений имел на руках лишь ворох разрозненных заметок и статей по алхимии и религии, труд, состоявший из неоконченных математических выкладок, и теорию движения, все еще путаную и неполную. Ньютон произвел подробнейшие исследования в нескольких областях, но не пришел ни к какому твердому выводу, оставив свои соображения в математике и физике в состоянии, подобном пересыщенным солевым растворам, – переполненными содержанием, но не кристаллизовавшимися.

Вот к чему пришел в те годы Ньютон. Историк Уэстфолл говорит: «Умри Ньютон в 1684 году и оставь по себе свои записи, о существовании этого гения мы бы узнали из них. Но не славили бы его как человека, придавшего форму современному интеллекту, а в лучшем случае поминали парой абзацев, скорбя по его неспособности довести замыслы до полноты воплощения»[211].

Что судьба Ньютона сложилась иначе – заслуга не сознательного решения ученого закончить и издать свой труд. Напротив, в 1684 году ход научной истории изменила почти случайная встреча, разговор с коллегой, подарившим необходимые соображения и стимулы, которых Ньютону не хватало. Не будь этой встречи, история науки, да и нынешний мир, были бы совсем другими – и вряд ли лучше.

* * *

Семя, выросшее в величайшее достижение науки из всех, какие видел мир, проросло после встречи Ньютона с коллегой, заезжавшим в Кембридж жарким поздним летом.

В январе того судьбоносного года астроном Эдмунд Галлей – тот самый, имени которого комета, – присутствовал на заседании Королевского общества в Лондоне, влиятельного ученого сообщества, посвященного науке, где обсуждал с двумя своими коллегами горячую тему дня. Несколькими десятилетиями ранее, применив данные невероятной точности, собранные датским аристократом Тихо Браге [Тио Бра] (1546–1601), Иоганн [Йоханнес] Кеплер открыл три закона, описывающие, похоже, орбиты планет. Он заявил, что орбиты планет эллиптичны, что Солнце размещается в одном из двух фокусов эллипса, и сформулировал определенные правила, которым эти орбиты подчиняются: к примеру, что квадрат времени, потребный для совершения полного цикла по орбите, пропорционален кубу среднего расстояния до Солнца. В некотором смысле эти законы – красивые и компактные описания того, как планеты движутся в пространстве, однако в ином смысле – порожние наблюдения, случайно совпавшие утверждения, не проливавшие никакого света на то, почему именно по таким орбитам движутся планеты.

Галлей и двое его коллег заподозрили, что законы Кеплера отражают некую глубинную истину. В частности, они предположили, что все законы Кеплера вытекают из допущения, что Солнце притягивает к себе любую планету с силой, ослабевающей пропорционально квадрату расстояния до этой планеты, то есть в согласии с математической формулировкой, именуемой «законом обратных квадратов».

То, что сила, исходящая во все стороны от удаленного тела, подобного Солнцу, должна уменьшаться пропорционально квадрату расстояния от этого тела, можно доказать геометрически. Вообразите исполинскую сферу – до того большую, что Солнце будет всего лишь точкой в центре. Все

точки поверхности этой сферы равноудалены от Солнца, следовательно, в отсутствие других причин считать иначе, можно предположить, что физическое влияние Солнца – по сути, «силовое поле» – должно быть распределено равномерно по всей поверхности сферы.

Теперь представим сферу, скажем, вдвое больше. Законы геометрии говорят нам, что увеличение радиуса сферы вдвое дает вчетверо большую поверхность, а значит, теперь сила притяжения солнца будет распределена по поверхности в четыре раза большей. В таком случае разумно считать, что в любой точке большей сферы притяжение Солнца составит одну четвертую от значения для исходной сферы. Вот так работает закон обратных квадратов: чем дальше от источника силы, тем слабее притяжение – в обратной пропорции к квадрату расстояния.

Галлей и его коллеги предположили, что за законами Кеплера стоит закон обратных квадратов, но могли ли они это доказать? Один, Роберт Гук, сказал, что может. Второй, Кристофер Рен, которого мы ныне лучше всего знаем по архитектурным работам, был в те времена еще и известным астрономом, и он предложил Гуку награду в обмен на доказательство. Гук отказался. Он был знаменит противоречивостью, но объявленные им основания отказа выглядели сомнительно: он сказал, что не раскроет доказательства, чтобы другие, не сумев с ним справиться, оценили всю сложность задачи. Быть может, Гук и впрямь справился. Быть может, он и дирижабль, на котором можно долететь до Венеры, изобрел. В любом случае доказательства он так никогда никому и не показал.

Через семь месяцев после того разговора Галлей, оказавшись в Кембридже, решил заглянуть к профессору-отшельнику Ньютону. Как и Гук, Ньютон сказал, что проделал работу, доказывающую предположение Галлея. Как и Гук, он его не предъявил. Порылся в каких-то бумагах, доказательства не нашел, но пообещал еще поискать и погодя Галлею прислать. Прошло несколько месяцев, но Галлей так ничего не получил. Интересно, что он себе думал. Вот просит он двух умных взрослых людей решить задачку, один говорит: «Ответ знаю, но не скажу!», а второй, по сути: «Мою домашку съела собака». Награда по-прежнему оставалась у Рена.

Ньютон все же откопал доказательство, однако, всмотревшись в него еще раз, обнаружил ошибку. Однако не сдался – он переработал свои соображения и в конце концов добился успеха. Тем ноябрем он отправил Галлею трактат на девяти страницах, доказывающий, что все три закона Кеплера – действительно математические следствия закона обратных квадратов. Он назвал свой краткий труд *«De Motu Corporum in Gyrum»* («О

движении тел по орбите»).

Галлей пришел в восторг. Он увидел в подходе Ньютона революцию и захотел, чтобы Королевское общество опубликовало эту работу. Однако Ньютон отклонил предложение. «Я занялся этим предметом, – сказал он, – и рад был бы разобраться до основания и лишь потом издавать свои записи»[212]. Ньютон «рад был бы разобраться»? То, что далее последовало, превратилось в титанический подвиг, приведший, быть может, к самому значительному интеллектуальному прозрению за всю историю, а сказанные в начале этого похода слова – самое грандиозное в истории преуменьшение значимости. Ньютон разберется с этой задачей «до основания», доказав, что фундаментальная основа устройства планетарных орбит – всеобщая теория движения и силы, применимая к любым телам, и небесным, и земным.

В последующие полтора года Ньютон занимался исключительно составлением трактата, который превратится в «Математические принципы». Он сделался машиной физики. Он всегда, чем-нибудь увлекшись, забывал о еде и даже о сне. Говорят, его кот растолстел, доедая пищу, которую Ньютон оставлял недоеденной на подносе, а старый сосед по жилищу в колледже сообщал, что нередко заставал Ньютона утром на том же месте, что и накануне вечером: великий затворник продолжал работать над той же задачей. Но на сей раз Ньютон пошел еще дальше. Он отказался от практически всех человеческих связей. Редко покидал комнату, а когда изредка все же наведывался в трапезную колледжа, перекусывал быстро и немного, стоя, после чего стремительно возвращался к себе.

Наконец-то Ньютон закрыл свою алхимическую лабораторию и отложил теологические изыскания. Лекции он читать продолжал, раз требовалось, однако получались они до странности смутные и путаные. Позднее стало понятно почему: Ньютон попросту являлся на занятия и читал черновики «Принципов».

* * *

Пусть Ньютон несколько десятков лет после получения должности в Колледже Св. Троицы не мог довести работу о силе и движении до конца, но в 1680-х он располагал куда более мощным интеллектом, нежели был у него в чумные 1660-е. Он теперь оказался гораздо лучше математически подготовлен, а благодаря занятиям алхимией имел и научный опыт. Некоторые историки даже считают, что именно годы занятий алхимией

сделали возможным прорыв в изучении движения и написание «Принципов».

Парадокс: одним из катализаторов Ньютонова прорыва стало письмо, которое, как он вспоминал, он получил пятью годами ранее – от Роберта Гука. Тот предложил смотреть на движение по орбите как на сумму двух разных воздействий. Рассмотрим тело (например, планету), обращающееся по круговой орбите вокруг некоего другого тела, притягивающего его (как Солнце). Предположим, что обращающееся тело имеет склонность продолжать движение по прямой – то есть слететь с круговой орбиты и понестись дальше, как автомобиль, водитель которого не вписался в поворот на мокрой трассе. Математики называют это движением по касательной, или тангенциальным.

Теперь допустим, что у тела есть вторая склонность – притяжение к центру орбиты. Математики называют это движение нормальным, или центростремительным. Склонность к центростремительному движению, писал Гук, может быть дополняющим к тангенциальному, и тогда вместе они обеспечивают движение по орбите.

Легко понять, как это соображение отозвалось в Ньютоне. Вспомним, что, совершенствуя закон инерции Галилея, Ньютон предположил у себя в «Черновой книге», что все тела склонны продолжать движение по прямой, если нет внешнего воздействия на них, то есть силы. Для тела на орбите первая склонность – слететь с орбиты по прямой – естественно вытекает из этого закона. Ньютон понял, что, если добавить в эту картину силу, притягивающую тело к центру орбиты, возникнет причина центростремительного движения – второй необходимой составляющей, предложенной Гуком.

Но как это описать математически и, в особенности, как установить связь между конкретной формулой закона обратных квадратов и конкретными математическими свойствами орбит, описанными Кеплером?

Мысленно поделим время на крошечные интервалы. В каждом интервале времени тело, движущееся по орбите, можно представить себе движущимся по касательной на очень маленькие расстояния и в то же время центростремительно – тоже понемножку. Сумма этих движений возвращает тело на орбиту, но чуточку дальше вдоль окружности, чем вначале. Повторив эту последовательность много раз, получим зубчатую круговую орбиту, как показано на рисунке.

*Круговое движение, возникающее из движения по касательной (тангенциального) и центростремительного (нормального)*

Если на такой орбите взять достаточно малые промежутки времени, траектория будет совпадать с окружностью сколь угодно плотно. И вот тут пригодились наработки Ньютона в математическом анализе: если интервалы бесконечно малы, траектория в данном конкретном случае и есть окружность.

Таково описание орбит, какое позволила составить новая математика Ньютона. Он сложил вместе изображение тангенциального движения тела по орбите и нормального «падения», получилась зубчатая траектория – а затем взял предельный случай такого движения, в котором линейные сегменты сделались исчезающе малы. Таким образом зубчатость изгладилась до окружности.

Орбитальное движение в таком варианте есть движение любого тела, которое постоянно отклоняется от движения по касательной под действием силы, тянущей его к некоему центру. Дело в шляпе: применив закон обратных квадратов для описания центростремительной силы в математике орбит, Ньютон воспроизвел три закона Кеплера, как и просил Галлей.

Доказательство, что свободное падение и движение по орбите суть два проявления одних и тех же законов силы и движения, – один из

величайших триумфов Ньютона, поскольку это раз и навсегда опровергло заявление Аристотеля, что небеса и Земля – разные «царства». Астрономические наблюдения Галилея выявили, что другие планеты очень похожи на Землю, работа Ньютона же доказала, что законы природы применимы и к другим планетам, а не только к Земле.

Но даже в 1684 году, тем не менее, Ньютоново понимание силы тяготения и движения не были внезапными всплесками ясности, на какие намекает история с падающим яблоком. Напротив, революционная мысль[213] о том, что сила тяготения – всемирна, дошла до Ньютона, похоже, постепенно, пока он дорабатывал черновики «Принципов».

Прежде ученые, если и подозревали, что у планет есть сила тяготения, считали, что это тяготение воздействует только на их луны, но не на другие планеты, словно каждая планета – отдельный замкнутый мир со своими законами. Ньютон и сам поначалу разбирался лишь с тем, распространяется ли причина падения тел к Земле на притяжение Луны Землей, но не с притяжением планет Солнцем.

Следует признать творческую силу Ньютона, незашоренность его мысли: он усомнился в привычном мировоззрении. Он написал одному английскому астроному и запросил даты движения комет в 1680 и 1684 годах, а также орбитальные скорости Юпитера и Сатурна в момент их сближения. Произведя изнурительные расчеты по присланным очень точным данным и сравнив результаты, Ньютон удостоверился, что одни и те же законы тяготения применимы повсюду – на Земле и меж небесных тел. Он внес это замечание в текст «Принципов».

Мощь законов Ньютона – не только в их революционном понятийном содержимом. Применяя их, он смог получать предсказательные результаты с неслыханной доселе точностью и сравнивать их с экспериментально полученными. К примеру, применив данные о расстоянии до Луны и радиусе Земли и приняв во внимание такие мелочи, как искажение лунной орбиты из-за притяжения Солнца, центробежную силу вращения Земли и отклонение формы Земли от идеального шара, Ньютон заключил, что на широте Парижа тело, брошенное из положения покоя, пролетит за первую секунду пятнадцать футов и одну восьмую дюйма[214]. Это, сообщил неизменно дотошный Ньютон, соответствует эксперименту с точностью до одной трехтысячной доли[215]. Более того, он кропотливо повторил эксперимент с разными материалами – золотом, серебром, свинцом, стеклом, песком, солью, водой, деревом и пшеном. Любое тело, пришел он к выводу, независимо от своего устройства, хоть на Земле, хоть на небесах,

притягивает любое другое тело, и притяжение это всегда подчиняется одним и тем же законам.

* * *

Когда Ньютон «добрался до основания» начатого, работа «О движении тел по орбите» распухла с девяти страниц до трех томов – до «Принципов», а точнее – «Математических принципов натуральной философии».

«Принципы» Ньютон посвятил не исключительно движению тел по орбите – он подробно излагал теорию силы и движения как таковую. Суть движения – взаимосвязь трех количественных параметров: силы, импульса (который Ньютон называл количеством движения) и массы.

Мы уже знаем, как Ньютон силился сформулировать свои законы. Теперь давайте посмотрим на сами законы и разберемся в их значении. Первый – уточнение Галилеева закона инерции, но с важным дополнительным утверждением, что сила есть причина изменений:

*Первый закон Ньютона: Всякое тело продолжает оставаться в состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока и поскольку оно не понуждается приложенными силами изменить это состояние.*

Ньютон, как и Галилей, определяет движение, при котором тело перемещается по прямой с постоянной скоростью, как естественное положение дел. Поскольку ныне мы склонны думать в ньютоновских понятиях, оценить, до чего неочевидно это представление, затруднительно. Но движение, которое мы наблюдаем вокруг, в основном не происходит по Ньютонову описанию: предметы, падая, ускоряются или же замедляются сопротивлением воздуха – или движутся по искривленным траекториям, перемещаясь к земле. Ньютон считал, что эти виды движения – в некотором смысле отклонения от нормального, результат действия незримых сил вроде гравитации или трения. Если предоставить тело самому себе, говорил он, оно будет двигаться равномерно, а если траектория движения искривляется, или же меняется скорость, это происходит под действием внешних сил.

Факт, что тела, предоставленные себе, продолжают сохранять свое состояние движения, позволяет нам исследовать космос. На Земле «феррари», к примеру, может разогнаться с нуля до шестидесяти миль в час менее чем за четыре секунды, однако, чтобы сохранять эту скорость, автомобилю приходится изрядно стараться – из-за сопротивления воздуха и

трения. Средство перемещения в открытом космосе сталкивается с одной случайной молекулой примерно раз в сто тысяч миль, и потому о трении или торможении можно не беспокоиться. Это означает, что достаточно разогнать космическое судно, и оно продолжит двигаться по прямой с постоянной скоростью без замедления, в отличие от «феррари». А если не выключать двигатели, можно продолжать разгоняться, не теряя при этом энергии на трении. Если, скажем, ваш космический корабль разгоняется со скоростью «феррари», и разгон продолжится год, а не секунду, удастся достичь половинной скорости света.

Есть, конечно, кое-какие практические трудности – масса топлива, которую придется везти с собой, а также эффекты относительности, до которых мы еще доберемся. Кроме того, если хотите долететь до какой-нибудь звезды, придется хорошенько прицелиться: звездные системы до того разрежены, что, если нацелить корабль «от балды», прежде чем достичь какой-нибудь другой солнечной системы, он в среднем улетит дальше, чем удалось свету со времен Большого взрыва.

Ньютон не воображал визиты человека на другие планеты, однако, постановив, что сила придает телу ускорения, во втором законе он количественно определяет связь между количеством силы, массой и ускорением (в современных понятиях «изменение количества движения» означает смену импульса, то есть равно массе, умноженной на ускорение):

*Второй закон Ньютона: Изменение количества движения пропорционально приложенной движущей силе и происходит по направлению той прямой, по которой эта сила действует.*

Представьте, что толкаете тележку с ребенком в ней. Закон утверждает: если, не учитывая трения, толкнуть 75 фунтов тележки с ребенком так, чтобы она разогналась до пяти миль в час, то на разгон 150-фунтовой тележки с подростком до той же скорости пришлось *бы* затратить вдвое больше усилий – или же толкать вдвое дольше. Вот что хорошо (опять-таки, без учета трения): можно разогнать 750 000-фунтовый аэробус до скорости пять миль в час, толкая его в 10 000 раз сильнее, что трудно, или в 10 000 раз дольше, а это просто требует терпения. Поэтому, если вы готовы прилагать равномерные усилия 10 000 секунд – а это не так долго, всего-то два часа сорок семь минут – могли бы покатать целый аэробус пассажиров.

В наши дни мы записываем второй закон Ньютона так: $F = ma$, то есть сила равно масса, умноженная на ускорение, однако второй закон принял вид уравнения много позже, уже после смерти Ньютона и через сто лет после того, как Ньютон этот закон сформулировал.

В третьем законе Ньютон утверждает, что общее количество движения во Вселенной не меняется. Оно может передаваться от тела к телу, но его ни отнять, ни прибавить. Суммарное количество движения, наличное во Вселенной, было от ее рождения и останется неизменным, пока существует Вселенная.

Важно отметить: согласно формулировке Ньютона, количество движения в одном направлении, сложенное с соответствующим движением в противоположном направлении, дает сумму движения, равную нулю. Таким образом, тело можно перевести из состояния покоя в движение, не нарушая третий закон Ньютона, если это движение скомпенсировано изменением движения второго тела в противоположном направлении. Ньютон формулирует это так:

*Третий закон Ньютона: Действию всегда есть равное и противоположное противодействие.*

Эта невинная с виду фраза сообщает нам, что, если пуля летит вперед, ружье сдает назад. Если конькобежка отталкивается ото льда лезвием конька, сама она поедет вперед. Если вы чихнете, исторгая воздух изо рта вперед, голова у вас откинется назад (со средним ускорением, втрое превышающим ускорение свободного падения, как сообщает нам журнал «Спайн»)[216]. А если космический корабль выбрасывает горячие газы из сопла, сам он ускоряется с импульсом, равным по величине, но противоположным относительно движения горячих газов, вытолкнутых в космический вакуум.

Законы Ньютона, представленные в «Принципах», не были просто абстракциями. Ньютон смог убедительно доказать, что этой малостью математических принципов можно описать бессчетное множество явлений действительности. Вот некоторые практические приложения: он показал, что сила тяготения создает наблюдаемые неравномерности в движении Луны; объяснил морские приливы; рассчитал скорость звука в воздухе; показал, что предварение равноденствий[217] – воздействие гравитационного притяжения Луны на экваториальную выпуклость Земли.

То были поразительные достижения, и мир, конечно, поразился. Но в некотором смысле еще больше потрясает, что Ньютон понимал: у его законов есть практические пределы применимости. Он, к примеру, знал, что, хотя его законы движения – в целом, отличное приближение наблюдаемого вокруг нас, они истинны в абсолютном смысле лишь в идеальном мире, где нет ни сопротивления воздуха, ни трения.

PHILOSOPHIÆ
NATURALIS
PRINCIPIA
MATHEMATICA.

Autore JS. NEWTON, Trin. Coll. Cantab. Soc. Matheseos Professore Lucasiano, & Societatis Regalis Sodali.

IMPRIMATUR.
S. PEPYS, Reg. Soc. PRÆSES.
Julii 5. 1686.

LONDINI,
Jussu Societatis Regiæ ac Typis Josephi Streater. Prostat apud plures Bibliopolas. Anno MDCLXXXVII.

Величие гения Ньютона, как и Галилея, еще и в том, что он осознавал множество усложняющих факторов, существующих в нашей действительности, и мог абстрагироваться от них и явить изящество законов, действующих на более глубоком уровне.

Возьмем свободное падение: если предмет уронить, он начнет падать с ускорением, в полном соответствии с законом Ньютона, – но лишь поначалу. Далее, если только предмет не падает в вакууме, среда, в которой происходит падение, постепенно затормаживает ускорение. Это происходит оттого, что, чем быстрее предмет падает в среде, тем большее сопротивление испытывает, поскольку ежесекундно сталкивается с бóльшим числом молекул среды, а также потому, что эти столкновения сильнее. В конце концов, по мере того, как падающий предмет набирает скорость, тяготение и сопротивление среды уравновешивают друг друга, и скорость предмета перестает расти.

Эту максимальную скорость мы теперь именуем равновесной. Равновесная скорость и время падения, необходимое, чтобы этой скорости достичь, зависит от формы и массы падающего тела, а также от свойств среды, в которой происходит падение. Предмет, падая в вакууме, набирает в скорости по 22 мили в час каждую секунду падения, а капля дождя, падающая в воздухе, перестает ускоряться, достигнув скорости в 15 миль в час; у пинг-понгового шарика равновесная скорость – 20, у шара для гольфа – 90, у шара для боулинга – 350 миль в час.

Ваша собственная равновесная скорость составляет примерно 125 миль в час, если вы раскинете руки-ноги в стороны, и около 200 миль в час – если свернетесь в плотный клубок. А если спрыгнете с очень большой высоты, где воздух разрежен, вам удастся достичь в падении скорости, превышающей скорость звука, а это 761 миля в час. Один австрияк-сорвиголова именно это в 2012 году и проделал – спрыгнул с воздушного шара на высоте 128000 футов и достиг скорости 843,6 миль в час (американец Ален Юстэс в 2014 году спрыгнул с еще большей высоты, но такой высокой скорости набрать не смог). Хотя Ньютон о свойствах воздуха, обусловливающих равновесную скорость, знал немного, во втором томе «Принципов» он представил теоретическую картину свободного падения, которую я только что описал.

Незадолго до рождения Ньютона философ и ученый Фрэнсис Бэкон [Бейкен] писал: «Изучение природы… [добилось] скудных успехов»[218]. Через несколько десятилетий после смерти Ньютона физик-священник Руджер Бошкович писал, напротив, что «если закон силы известен, а также известны положение, скорость и направление движения всех точек в любой момент времени»[219], возможно «предсказать все явления, непременно из этих движений вытекающие». Могучий ум, создавший предпосылки для такой перемены ветра между эпохами до и после себя, – Ньютонов, это он предложил настолько точные и глубокие разгадки главным научным шарадам своего времени, что сто лет получалось открывать что-то новое лишь в тех областях знания, которых сам Ньютон не касался.

* * *

19 мая 1686 года Королевское общество согласилось издать «Принципы», но только при условии, что Галлей оплатит печать. Тому оставалось лишь согласиться. Само Общество издателем не было. Оно взялось за это в 1685 году и погорело, опубликовав книгу «История рыб», которая, невзирая на увлекательное название, продавалась не бойко. Королевское общество до того истощило на это издание свои ресурсы, что далее не смогло даже выплачивать Галлею положенные ему как своему делопроизводителю пятьдесят фунтов в год – выдало плату экземплярами «Истории рыб». Галлей, короче говоря, принял условия Общества. Книга должна была увидеть свет на следующий год.

Оплатив издание, Галлей, по сути, стал издателем Ньютона. Он же был

неформальным редактором и маркетологом «Принципов». Он разослал экземпляры «Принципов» всем ведущим философам и ученым того времени, и книга взяла Британию приступом. Слух о ней распространялся в кафе и интеллектуальных кругах по всей Европе.

Вскоре стало ясно, что Ньютон написал книгу, которой суждено преобразить человеческое мышление, самую влиятельную работу в истории науки.

Никто не был готов к труду такого широкого охвата и такой глубины. Три ведущих журнала с континента воспели ее в своих обзорах, в одном даже сообщалось, что это издание предлагает «совершеннейшую механику, какую только можно вообразить»[220]. Даже Джон Локк [Лок], величайший философ Просвещения, но не математик, «вознамерился освоить книгу». Все признали: Ньютону удалось наконец свергнуть вековую империю Аристотелевой качественной физики, и его работа теперь будет образцом, по которому следует заниматься наукой.

Если и были отрицательные отклики на «Принципы», они исходили в основном от недовольных, что ключевые мысли, представленные в них, рождены не одним Ньютоном – или не им первым. Немецкий философ и математик Готтфрид Вильгельм Лейбниц [Вильхельм Лайбниц], независимо от Ньютона, хоть и чуть позже, разработавший математический анализ, заявил, что Ньютон пытается присвоить себе право первоизобретателя. Еще как: ершистый Ньютон считал[221], что расшифровщик божественного знания на Земле может быть в единицу времени лишь один, и на сей раз это он, Ньютон. Меж тем Роберт Гук назвал «Принципы» «важнейшим открытием в природе с создания мира» – после чего обиженно заявил, что Ньютон украл у него значимую идею о законе обратных квадратов. У его заявления были некие доказательства: не исключено, что в основе своей это и впрямь идея Гука, хотя с математикой закона разобрался именно Ньютон.

Кто-то обвинил Ньютона и в поддержке сверхъестественных или «оккультных» сил, поскольку его сила тяготения действовала на расстоянии, и посредством ее массивные небесные тела могут влиять на удаленные предметы через космическую пустоту без всяких явных посредников этого влияния. Этот аспект Ньютоновой теории нарушал специальную теорию относительности Эйнштейна, которая утверждает невозможность перемещения быстрее скорости света. Эйнштейн за свои слова отвечал: он создал свою теорию всемирного тяготения – общую теорию относительности, которая смогла разобраться с неувязкой теории

Ньютона и заместить эту теорию вообще. Однако современники Ньютона, критиковавшие представление о гравитации, действующей на расстоянии, ничего взамен предложить не могли, и им пришлось признать научную мощь Ньютоновых достижений.

Отклик Ньютона на критику[222] оказался теперь совсем иным, нежели на неприятие его работы по оптике в начале 1670-х. В те поры, запуганный Гуком и прочими, он удалился от мира и пресек бо́льшую часть своих связей. Теперь же, доведя исследование до завершенности, целиком сознавая великое значение своих достижений, он принял бой. Он встретил критиков шумной и яростной контратакой, продолжившейся в случаях оспаривания права на первенство вплоть до самой смерти Гука и Лейбница – и даже после. На упреки в оккультизме Ньютон ответил заявлением: «Эти принципы я считаю не оккультными Качествами… а общими Законами Природы… их истина видна нам в Явлениях, хоть их Причины пока не открыты»[223].

«Принципы» изменили жизнь Ньютона не только потому, что их признали великой вехой в интеллектуальной истории, но и оттого, что они вытолкнули ученого в поле общественного внимания, и слава, как выяснилось, ему понравилась. Он стал общительнее и на последующие двадцать лет отставил почти все свои радикальные исследования в теологии. Усилия в области алхимии он хоть и не прекратил совсем, но все же умерил.

Перемены начались в марте 1867 года, вскоре после завершения Ньютоном его великого труда. Став отважнее, чем когда-либо прежде, он ввязался в политическое противостояние между Кембриджским университетом и королем Яковом II. Король, пытавшийся обратить страну в католичество, попробовал надавить на университет, чтобы тот наделил одного монаха-бенедиктинца ученой степенью без надлежащих экзаменов и клятв Церкви Англии. Университет победил, а для Ньютона это стало поворотной точкой. Его участие в борьбе сделало его настолько значимой политической фигурой Кембриджа, что университетский сенат на заседании 1689 года проголосовал за делегирование Ньютона в Парламент.

Судя по всему, Ньютону в Парламенте было неинтересно, и слово он там взял лишь чтобы пожаловаться на сквозняки. Однако Лондон полюбил, и греться в лучах обожания многих ведущих интеллектуалов и финансистов, с которыми свел знакомство, ему тоже понравилось. В 1696 году, проведя тридцать пять лет в Кембридже, Ньютон оставил университетскую жизнь и переехал в столицу.

Ньютон променял престижнейший пост на относительно незначимый бюрократический в Лондоне: стал смотрителем Монетного двора. Но Лондон запал ему в душу, да и интеллектуальная мощь его, к тому времени уже сильно за пятьдесят, начала, как он сам чувствовал, оставлять. Более того, его стесняла университетская ставка. Когда-то она, может, и казалась ему щедрой, но смотрителем Монетного двора он стал получать гораздо больше – четыреста фунтов. Вероятно, осознавал он и то, что, как ведущий интеллектуал Англии, может, при соответствующих маневрах, сделаться управляющим Монетного двора – так в 1700 году и вышло. Его доход на этом посту составлял в среднем 1650 фунтов, примерно в семьдесят пять раз больше заработка обычного ремесленника, и, конечно, по сравнению с таким воздаянием его кембриджская ставка и впрямь смотрелась нищенски. В результате следующие двадцать семь лет он провел, как сливки Лондонского общества, – и премного этим был доволен.

Ньютон дорос до главенства в организации, издавшей его «магнум опус»: в 1703 году, после смерти Гука, Ньютона избрали президентом Королевского общества. Возраст и успех, тем не менее, его не смягчили. Он правил Обществом железной рукой[224], вплоть до вышвыривания членов Общества с заседаний, если они выказывали признаки «легкомыслия или неблагопристойности». Он все меньше желал делиться славой за свои открытия и укреплял свое положение, плетя разнообразные мстительные козни.

* * *

23 марта 1726 года Королевское общество записало у себя в журнале: «Президентское кресло в связи со смертью сэра Исаака Ньютона сего Дня не занято, и потому Заседание не состоялось»[225]. Ньютон умер несколькими днями раньше, в восемьдесят четыре года.

*Исаак Ньютон в молодости и в зрелые годы*

Ньютон знал о приближении смерти уже некоторое время – он страдал от тяжелого хронического воспаления легких. Маялся он и многими другими хворями, каких можно ожидать в жизни алхимика, анализ чьих волос века спустя показал концентрации свинца, мышьяка и сурьмы в четыре раза, а концентрацию ртути – в пятнадцать раз выше нормы[226]. Однако предсмертный диагноз Ньютона – камни в мочевом пузыре. Боль была сокрушительной.

Судьба Ньютона являет яркий контраст Галилеевой. За годы успеха ньютоновской науки противостояние Церкви новым веяниям в науке до того остыло, что даже католическим астрономам[227] в Италии дали право не только преподавать, но и развивать теорию Коперника – лишь бы они постоянно повторяли, как велено по закону талдычить про эволюцию школьным учителям в Канзасе, что «это просто теория». Меж тем в Англии стали очевидны возможности науки помочь промышленности и улучшить

жизни людей. Наука развилась в целую культуру экспериментов и расчетов и превратилась в дело невероятно престижное – по крайней мере, в высших слоях общества. Более того, в преклонные годы Ньютона Европа вступила в такой период, когда противостояние власти сделалось частью европейской культуры – хоть в виде несогласия с античными деятелями вроде Аристотеля или Птолемея, хоть с религией и монархиями.

Нет лучше примера, показывающего разницу приема, полученного Галилеем и Ньютоном, нежели их погребения. Галилею разрешили тихую, семейную церемонию и упокоили в темном углу церкви, где он просил себя похоронить, а тело Ньютона выставили в Вестминстерском аббатстве и после похорон возвели там же громадный памятник, а его останки поместили в каменный саркофаг на пьедестале. На гробнице изобразили барельеф: несколько юношей держат инструменты, символизирующие величайшие открытия Ньютона, а на гробнице написано:

*Здесь покоится сэр Исаак Ньютон, дворянин, который почти божественным разумом первый доказал с факелом математики движение планет, пути комет и приливы океанов.*

*Он исследовал различие световых лучей и появляющиеся при этом различные свойства цветов, чего ранее никто не подозревал. Прилежный, мудрый и верный истолкователь природы, древности и Святого писания, он утверждал своей философией величие всемогущего Бога, а нравом выражал евангельскую простоту. Пусть смертные радуются, что существовало такое украшение рода человеческого.*

*Родился 25 декабря 1642 года, скончался 20 марта 1727 года*[228].

Жизни Ньютона и Галилея в сумме составили более 160 лет, и вместе они засвидетельствовали – и во многих отношениях инициировали – то, что фактически именуется научной революцией.

За свою долгую карьеру Ньютон смог сообщить нам много чего о нашей планете и Солнечной системе, применив сформулированные им законы движения и единственный закон силы, открытый им, – закон тяготения. Но его устремления сильно превзошли это знание. Он считал, что сила – фундаментальная причина любых изменений в природе, от химических реакций до отражения света в зеркале. Более того, он не сомневался, что когда-либо в будущем мы дозреем до понимания сил притяжения и отталкивания, которые действуют на малых расстояниях, между крошечными «частицами», составляющими материю, – такова была его версия извечного представления об атомах, – и его законы движения

смогут объяснить все наблюдаемое во Вселенной.

Ныне понятно, что Ньютон был провидцем. Его прозрение того, что будет значить понимание сил, действующих между атомами, оказалось очень в точку. Но этому пониманию пришлось подождать 250 лет. А когда оно случилось, мы поняли, что законы, управляющие атомом, не вписываются в рамки построенной им физики. Зато они явят нам новый мир за пределами опыта наших чувств, новую действительность, которую люди могут увидеть лишь в воображении, действительность, чье устройство до того затейливо, что знаменитые законы Ньютона придется заменить целиком – новым набором законов, которые Ньютону показались бы чужеродными даже более, чем физика Аристотеля.

# Глава 8
# Из чего все сделано

Еще подростком я увлекся двумя отчетливо разными научными подходами к тайнам Вселенной. До меня постоянно долетали странные слухи о достижениях физиков, об их открытии квантовых законов, согласно которым я вроде как мог находиться в двух местах одновременно. Я сомневался, что в настоящей жизни такое и впрямь бывает, да и мест, где я бы хотел оказаться, было не так много. Но еще я слыхал и о более приземленных тайнах, которыми занимались химики, – устрашающих и опасных, но мало похожих на отмычку от Вселенной: они возбуждали во мне дух приключений и обещали наделить силами, каких дети обычно не имеют. Вскоре я уже смешивал аммиак с раствором йода, перхлорат калия с сахаром и цинковую пыль с нитратом и хлоридом аммония – и взрывал все подряд. Архимед говорил, дескать, дайте ему точку опоры, и он перевернет мир; я верил, что с помощью подходящей бытовой химии я его взорву. Вот она, сила постижения веществ вокруг нас.

Первые научные мыслители этого мира торили эти два пути изучения физического мира. Они задавались вопросом, что творит изменения, и разбирались, из чего все сделано и как состав предметов влияет на их свойства. Со временем Аристотель предложил план движения по обоим направлениям, но указанные им дороги оказались тупиковыми.

Ньютон и его предшественники прошли долгий путь к пониманию вопросов о переменах. Ньютон попытался понять и науку материи, но и близко не стал химиком столь же великим, каким был физиком. Загвоздка не в том, что ему не хватило интеллекта, и даже не в том, что он брел длинной тупиковой дорогой алхимии. Мешало ему вот что: хотя химия, наука о веществе, развивалась бок о бок с физикой, наукой о переменах, она совсем другого свойства. Она грязнее и сложнее, и заниматься ею настолько основательно, как Ньютон возился с изучением изменений, потребовало бы множества технических нововведений, большинство которых во времена Ньютона еще не были изобретены. И потому Ньютон оказался в безвыходном положении, а химии не хватало могучей фигуры, которая вывела бы эту дисциплину (а вместе с ней – и эту самую фигуру) к славе. Так что химия развивалась постепенно, а слава досталась нескольким первопроходцам разом.

История о том, как человечество разбиралось с составом всего, дорога

моему сердцу, поскольку химия – моя первая любовь. Я вырос в маленькой двухэтажной квартире в Чикаго, где жили тесно, зато имелся большой подвал, в котором я, предоставленный сам себе, смог построить собственный Диснейленд – затейливую лабораторию, загроможденную полками со склянками, разноцветными порошками и бутылками с крепчайшими кислотами и щелочами.

Кое-какие реактивы приходилось покупать из-под полы или невольной помощью моих родителей («Вот был бы у меня галлон муравьиной кислоты, уж я б ту кошачью мочу от бетона-то оттер»). Нимало не чураясь хитрости, я понял, что, изучая химию, мог бы создавать клевые салюты, а попутно утолять любопытство, каким я пылал к окружающему миру. И, видимо, подобно Ньютону, я осознал, что у моего занятия есть масса преимуществ перед попытками обустраивать общение с людьми. Реактивы добывать проще, чем друзей, и когда мне хотелось играть с реактивами, они не говорили, что им нужно идти мыть голову или что-нибудь менее вежливое – типа, что не хотят водиться с чудиками. Впрочем, как это бывает со многими первыми любовями, мы с химией друг к другу охладели. Я начал флиртовать с другой дисциплиной – физикой. И вот тогда-то понял, что разница между разными отраслями науки – не только в том, что они отвечают на разные вопросы, но и в том, что вокруг них складываются разные культуры.

Разница между физикой и химией ярче всего проступала в совершаемых мною ошибках. Я довольно быстро понял, к примеру, что, если мои физические расчеты сводились в конце концов к уравнению «4 = 28», это означало, что я не открыл некую глубинную прежде не замеченную истину, а, скорее, сделал какую-то ошибку. Но ошибка эта безобидная, существовавшая только на бумаге. В физике подобные ляпы почти неизбежно приводили к безопасной, хоть и раздражающей математической белиберде. Химия – другое дело. Мои ошибки в химии венчались большими объемами дыма и огня, а также кислотным ожогам кожи, и оставляли рубцы, не сходившие десятилетиями.

Мой отец описывал разницу между физикой и химией по опыту своего общения со знакомцами, которые были ближе всего к практике этих дисциплин. «Физик» – точнее, математик – в концентрационном лагере, который объяснил отцу, как решить ту самую задачку, в обмен на хлеб. Человек, которого отец именовал «химиком», – из еврейского подполья[229], которого он встретил перед отправкой в Бухенвальд[230].

Мой отец состоял в группе, планировавшей подрыв железной дороги,

шедшей через их город, Ченстохову. Химик, рассказывал отец, мог пустить под откос поезд, применив взрывчатку, хитро установленную на рельсы, но ему для этого нужно было выбраться из гетто и добыть кое-какие исходные материалы, которые, как он утверждал, можно приобрести взятками и воровством. На это потребовалось несколько ходок, но из последней он так и не вернулся, и больше о нем ничего не слыхали.

Физик, по словам отца, был изящный тихий человек, нашедший прибежище от ужасов лагеря, как умел: скрывшись в мире своего же ума. Химик же был ковбоем и мечтателем с горящими глазами, он бросался в гущу событий и сломя голову – в бой с хаосом. В этом и состояла, по мнению отца, разница между химией и физикой.

Что правда, то правда: в отличие от первых физиков, первым химикам требовалось немало чистой физической смелости, ибо случайные взрывы были неизбежным риском их работы, равно как и отравления: химики, чтобы определять вещества, частенько пробовали их на вкус. Быть может, самый знаменитый из давних экспериментаторов – Карл Шееле. Шееле выжил, хоть и был первым химиком, выделившим страшно едкий и ядовитый газ хлор, и каким-то чудом сумел подробно описать вкус цианистого водорода, чрезвычайно ядовитого газа, и при этом не умер. Но в 1786 году сорокатрехлетнего Шееле все же добила болезнь, подозрительно похожая на тяжелое отравление ртутью[231].

Если же говорить о личном, разница между химиком и физиком для меня самого походила на разницу между отцом и мной. После исчезновения химика отец и четверо других заговорщиков продолжили осуществлять план расшатать рельсы с применением только подручных инструментов – «всяких отверток»[232], как он объяснил, – а не взрывчатки. Все пошло наперекосяк: один из подпольщиков запаниковал и привлек внимание оказавшихся неподалеку эсэсовцев. В итоге уцелеть удалось лишь моему отцу и еще одному диверсанту – они легли на рельсы и остались незамеченными: над ними прогромыхал длинный товарный состав. Я же, напротив, редко берусь за какое-нибудь значимое во внешнем мире дело, а только рассчитываю последствия событий при помощи уравнений и бумаги.

Пропасть между физикой и химией также отражают происхождение и культуры обеих дисциплин. Физика началась с умозрительного теоретизирования Фалеса, Пифагора и Аристотеля, а химия родилась в кладовках торговцев и темных подвалах алхимиков. Хотя практики в обеих областях были движимы горним желанием познавать, химия еще и

коренится в дольнем – иногда в стремлении облегчить жизнь человеческую, иногда в жажде наживы. Есть в химии благородство – благородство стремления постигать и приручать материю, но всегда есть и потенциал больших барышей.

* * *

Три закона движения, открытые Ньютоном, были в некотором смысле просты, хоть и прячутся от обычного взгляда во мгле трения, сопротивления воздуха и незримости силы тяготения. Химия, однако, не управляется набором постановлений, подобных Ньютоновой тройке универсальных законов движения. В химии все гораздо запутаннее: наш мир богат на ошарашивающее разнообразие веществ, и химии пришлось постепенно с ними всеми разбираться.

Первое открытие в химии было таким: некоторые вещества – «элементы» – базовые, а другие состоят из различных комбинаций элементов. Интуитивно это осознали еще греки. По Аристотелю, например, элемент есть «одно из тех тел, до которого можно разложить другие тела, а сам он разложен быть на составляющие не может»[233]. Называл он четыре элемента: земля, воздух, вода и огонь.

Очевидно, многие вещества состоят из других веществ. Соль плюс пресная вода равно соленая вода; железо плюс вода равно ржавчина; водка плюс вермут равно мартини. И наоборот: можно разложить многие вещества на составляющие путем нагревания. К примеру, если нагреть известняк, он разложится на негашеную известь и газ – диоксид углерода[234]. Сахар разлагается на углерод и воду. Подобные простенькие наблюдения, впрочем, ведут недалеко, поскольку не существует единого описания того, что именно происходит. Допустим, если нагревать воду, она превращается в газ, но этот газ химически не отличается от жидкости, это просто другое ее физическое состояние. Ртуть при нагревании тоже не распадается на составляющие – напротив, соединяется с незримым кислородом воздуха и образуется вещество, именуемое ртутной окалиной.

А есть еще горение. Представьте горящую древесину. При сжигании дерева получаются огонь и зола, но было бы ошибкой предполагать, что дерево состоит из огня и золы. Более того, в пику Аристотелеву описанию, огонь – вообще не вещество, а, скорее, свет и тепло, выделяющиеся, когда вещества претерпевают химические превращения. На самом же деле при

горении дерева выделяются невидимые газы[235] – в основном, диоксид углерода и водяной пар, но вообще там более сотни разных газов, и у древних не было никаких приборов, которые позволили бы им эти газы собрать и уж тем более разделить или идентифицировать.

Такого рода трудности делали непосильным понимание, что именно сделано из двух или более веществ, а что – вещество простое. В результате этой путаницы многие ученые, подобно Аристотелю, ошибочно считали воду, огонь и другие фундаментальными элементами, но при этом не смогли опознать семь металлических простых веществ – ртуть, медь, железо, свинец, олово, золото и серебро, хотя те были ученым знакомы.

Так же, как рождение физики зависело от математических нововведений, рождение настоящей химии дожидалось определенных технических изобретений – оборудования для точного взвешивания веществ, для измерения тепла, поглощаемого или выделяемого в ходе реакций, для определения, кислота вещество или щелочь, для уловления, отделения и манипулирования газами, а также для определения температуры и давления. Лишь с разработкой этих приспособлений в XVII–XVIII веках химики смогли начать разбираться в запутанных прядях своего знания и развивать плодотворные методы представления химических реакций. Следует отдать должное человеческому упорству: даже и до всех этих технических усовершенствований люди, практиковавшие ремесла, зародившиеся в древних городах, собрали громадный массив знаний во множестве различных направлений этой области постижения – в окрашивании, парфюмерии, стекольном деле, металлургии и бальзамировании.

* * *

Бальзамирование возникло первым. В пространстве этого знания родословную химической науки можно отследить вплоть до Чатал-Гуюка, поскольку жители его хоть покойников и не бальзамировали, культуру отношения к смерти все же развили и за своими покойниками ухаживать начали. Во времена древнего Египта возросшее беспокойство о судьбе усопших привело к изобретению мумификации. Считалось, что успешная мумификация – залог счастливой загробной жизни; еще бы – ни единого недовольного клиента с жалобами. Следовательно, возник спрос на бальзамирующие вещества. Родилась новая индустрия, стремившаяся, перефразируя девиз компании «Дюпон», к лучшим вещам для лучшей

загробной жизни – благодаря химии.

Миру всегда хватало мечтателей, и среди них были счастливые личности, воплотившие свою мечту, – или, по крайней мере, жившие стремлением к ней. Эти вторые необязательно признаны за талант или ученость, но неизбежно выделяются трудолюбием. Должно быть, египетские предприниматели и новаторы стремились разбогатеть, совершенствуя процесс бальзамирования, ибо вкладывали в эти попытки много времени и стараний. Со временем, путем многочисленных проб и ошибок, египетские бальзамировщики постепенно научились применять действенные сочетания солей натрия, смолы, мирру и другие консерванты, с помощью которых можно было успешно предотвращать разложение трупов, и все эти открытия были сделаны без всякого знания происходящих химических процессов и причин распада человеческого тела.

Поскольку бальзамирование было ремеслом, а не наукой, с его открытиями обращались не как с теориями древних эйнштейнов, а, скорее, как с рецептами «Бейглы Братьев Айнстайн»[236]: их тщательно стерегли. А поскольку бальзамирование связано с покойниками и загробным миром, практиковавшие это искусство считались колдунами и чародеями. Со временем развились и другие скрытные профессии, копившие знания о минералах, маслах, вытяжках из цветов, растительных плодов и кореньев, о стекле и металлах. Здесь, в прото-химии, практикуемой людьми торговыми, – истоки таинственной и мистической культуры алхимии.

Умельцы в этих областях вместе собрали обширный массив особого, но разрозненного опыта. Этот пестрый набор ноу-хау наконец начал объединяться, когда Александр Великий основал в 331 году до н. э. в устье Нила египетскую столицу Александрию.

Александрия была роскошным городом, с изящными зданиями и улицами в сотню футов шириной. Через несколько десятилетий после основания греческий царь Египта Птолемей II возвел культурную жемчужину города – Мусейон. Мусейон, в отличие от современных музеев, не выставлял экспонаты, а предоставлял убежище сотне ученых и книжников, получавших государственные стипендии, бесплатное жилье и питавшихся с кухни Мусейона. Этот храм науки был оборудован исполинской библиотекой на полмиллиона свитков, обсерваторией, анатомическими лабораториями, садами, зоопарком и другими исследовательскими удобствами. Здесь размещался достославный центр постижения, живой, действующий памятник человеческому стремлению знать. То был первый в мире исследовательский институт, сыгравший ту же роль, что и позднее – европейские университеты, хотя, как ни печально,

ему суждено было погибнуть в огне, в III веке н. э.

Александрия вскоре стала культурной Меккой, а всего за пару столетий – величайшим и знаменитейшим городом на белом свете. Здесь разнообразные теории материи и перемен в ней пересеклись с египетским химическим знанием. Эта встреча идей все изменила.

До вторжения греков египетское знание о свойствах веществ веками было исключительно практическим. Однако греческая физика предложила египетскому знанию теоретическую базу и контекст. В особенности Аристотелева теория материи объясняла, как вещества меняются и взаимодействуют. Теория Аристотеля, конечно, была заблуждением, однако вдохновила объединенный подход к науке о веществе.

Особенно влиятельной оказалась одна сторона Аристотелевой теории – его представление о преобразовании веществ. Возьмем процесс кипения. Аристотель считал, что у элемента воды есть два ключевых свойства: она влажная и холодная. Элемент воздух же он охарактеризовал как влажный и горячий. Кипение, на его взгляд, – это процесс, в котором элемент огонь преобразует холод в тепло и таким образом превращает воду в воздух. Египтяне, унюхав возможность заработать на этом представлении, превзошли самих себя и предположили: если воду можно превратить в воздух, можно ли какой-нибудь не очень ценный материал превратить в золото? Примерно как моя дочь Оливия, которая в ответ на сообщение, что можно получить доллар от зубной феи, если оставить зуб под подушкой, тут же уточнила: «А сколько мне причтется за обрезки ногтей?»

Египтяне заметили, что золото, подобно Аристотелевым главным элементам, имеет некоторые ключевые свойства: это металл, мягкий, желтый. Золото само по себе всеми этими качествами располагает, однако они в разных сочетаниях встречаются у многих веществ. Можно ли найти способ, как передавать между веществами их свойства? В особенности, если кипение – процесс, в котором применение огня позволяет изменить физические свойства воды и превратить ее в воздух, вероятно, существует похожий процесс, посредством которого можно трансмутировать сочетание металлических, мягких и желтых веществ в золото.

В результате таких рассуждений к 200 году до н. э. из первых намеков[237] на подлинное химическое знание, смешанных с представлениями из греческой философии и старой прото-химией бальзамирования, металлургии и других практических умений, родился объединенный подход к исследованию химических изменений. Так родилась алхимия, ее главной целью стало производство золота, а позднее – «эликсира жизни», дарующего вечную молодость.

Историки спорят, когда именно прорезалась наука химия, но химия – не люцерна, и потому дата ее прорезывания – скорее вопрос личного мнения, нежели точный факт. Одно, впрочем, бесспорно: алхимия служила полезному делу – и химия, когда бы ни достигла своего современного вида, есть наука, выросшая из искусств и мистицизма этого древнего предмета.

* * *

Первый рывок от алхимической волшбы к научным методам произошел благодаря одному из довольно странных персонажей в истории человеческой мысли. Родившегося в деревушке на территории современной Швейцарии двадцатиоднолетнего Теофраста Бомбаста фон Гогенгейма [Хоэнхайма] (1493–1541) отец отправил изучать металлургию и алхимию, но тот решил учиться медицине и занялся этой профессией. Тогда же, еще до тридцати, он взял себе имя Парацельс, что означает «превзошедший Цельса», римского врача I века н. э. Поскольку труды Цельса были в XVI веке очень популярны, Парацельс, сменив прозвище, сумел из человека по имени Бомбаст сделаться тем, кто это качество воплощает[238]. Но дело не только в напыщенности: Парацельс шумно презирал бытовавший в те времена подход к медицине. Ученый продемонстрировал свое презрение довольно картинно: на традиционных студенческих посиделках летом у костра Парацельс швырнул в огонь, вместе с несколькими горстями серы, медицинские труды почтенного греческого врача Галена.

Неприязнь Парацельса к Галену была того же рода, что и у Галилея и Ньютона – к Аристотелю: его труды обесценились наблюдениями и опытом позднейших практиков. Парацельс, в частности, считал, что традиционное представление о болезни как о неравновесии загадочных телесных жидкостей под названием «гуморы» не выдерживает проверки временем. Сам он был убежден, что болезни возникают из-за внешних агентов, а с ними нужно разбираться, пользуя больного подобающими лекарствами.

*Парацельс, изображенный на копии XVII века с утраченного оригинала фламандского художника Квинтена Матсейса (1466–1529)*

Именно поиск этих самых «подобающих лекарств» и привел Парацельса к попытке трансформировать алхимию. Попытка принесла щедрые плоды, среди них – открытие новых веществ, в том числе солей металлов и минеральных кислот, но Парацельс желал оставить поиск золота и сосредоточиться на цели поважнее – создать вещества, какие есть в лаборатории человеческого тела и могут лечить те или иные заболевания. Что не менее важно, Парацельс стремился реформировать алхимические методы, в те времена – неточные и небрежные. Парацельс сам был не только книгочеем, но и знатоком торговли, и потому придумал для обновленной алхимии свежее название. Заместив арабский префикс «ал» (определенный артикль) на греческое слово, означающее «медицина» – иатро, он составил слово «иатрохимия»[239]. Не слишком удобное для произношения, вероятно, поэтому оно вскоре усохло до краткого «химия».

Соображения Парацельса позднее повлияют и на великого Исаака Ньютона, и на его соперника Лейбница, и оба они помогут двинуть

алхимию к новому ее образу – науке химии. Но хотя Парацельс и был пылким борцом за собственный новый подход к науке, действенность его личных уговоров оказалась подпорчена качествами его характера. Он бывал изрядно неприятен – под словом «неприятен» я подразумеваю «вел себя, как буйнопомешанный».

Парацельс не носил бороды, был довольно женоподобен и не интересовался сексом, однако если бы в Олимпийских играх давали золотые медали в кутеже, Парацельс выиграл бы платину. Большую часть времени он пил, и один его современник отмечал, что жил Парацельс «как свинья». Продвижением себя самого он тоже занимался не слишком деликатно и склонен был бросаться заявлениями типа: «Все университеты и все старые писаки, вместе взятые, таланта имеют меньше, чем моя задница»[240]. А еще ему нравилось бесить влиятельные круги, временами – просто так. К примеру, когда его назначили лектором в Университете Базеля, он явился на первую лекцию в кожаном лабораторном фартуке, а не в положенной академической мантии, говорил на швейцарском немецком, а не на приличествующей латыни, а после объявления, что сейчас он продемонстрирует величайшую тайну медицины, показал всем судок с фекалиями.

Подобные выходки привели к тому же результату, какой случился бы и ныне: он оттолкнул своих врачебных и ученых коллег, однако стал популярен среди студентов. И все же, когда Парацельс говорил, люди слушали, поскольку многие его лекарства и впрямь помогали. Например, обнаружив, что опиаты гораздо лучше растворимы в спирте, чем в воде, он создал опийный раствор, который назвал «лауданумом», оказавшийся очень действенным против боли.

Однако лучшим двигателем идей Парацельса оказалась, похоже, экономика. Возможности новых химических снадобий от болезней увеличивали доход, общественное положение и популярность аптек, что создало спрос на знания в этой области. Расплодились учебники и медицинские занятия, и они, в полном согласии с желанием Парацельса, стали и точнее, и унифицированнее – благодаря переходу понятийного и методического аппарата алхимии на язык химии. К началу 1600-х годов, хоть многие по-прежнему и практиковали старую алхимию, новый Парацельсов стиль алхимии – химия – тоже набирал популярности.

Подобно мёртонцам-математикам, Парацельс стал переходной фигурой: он помог преобразовать свой предмет и заложил примитивный фундамент для тех, кто будет развивать эту практику вслед за ним. Масштабы влияния Парацельса и на старый, и на новый мир химии

делаются ясны из его собственной жизни: он хоть и критиковал традиционную алхимию, сам же в ней и плескался. Всю свою жизнь он ставил эксперименты, нацеленные на создание золота, а однажды даже объявил, что получил и выпил эликсир жизни и дальше будет жить вечно.

Увы, в сентябре 1541 года, когда Парацельс находился в заведении под названием «Трактир Белая Лошадь» в венском Зальцбурге, Бог поймал его на блефе. Парацельс шел ночью по темной узкой улице к себе и либо неудачно упал, либо его избили головорезы, нанятые местными врачами, с которыми он ссорился, – выбирайте версию на свой вкус. Обе истории вели к одному концу: Парацельсову. Он скончался от увечий несколько дней спустя, в сорок семь лет. Говорят, при смерти выглядел гораздо дряхлее своих лет – из-за вечных загулов и пития. Проживи он еще полтора года, мог бы застать издание великой работы Коперника *«De Revolutionibus Orbium Coelestium»* («О вращениях небесных сфер»[241]), которую часто считают началом научной революции, а такое развитие дел Парацельс почти наверняка бы одобрил.

* * *

Через полтора века после смерти Парацельса начался период, как мы убедились, в котором первопроходцы Кеплер, Галилей и Ньютон, развивая начатое в трудах постарше, создали новый подход к астрономии и физике. Со временем качественные теории мироздания, управляемого метафизическими принципами, уступили место представлениям об измеримой, подчиняющейся неизменным законам Вселенной, которую можно оценивать количественно. А подход к знанию, основанный на книжном авторитете и метафизических доводах, заменила убежденность, что нам необходимо постигать законы природы путем наблюдения и эксперимента и формулировать эти законы на языке математики.

Как и в физике, интеллектуальная трудность, с которой столкнулось новое поколение химиков, не сводилась к разработке методов строгого рассуждения и экспериментирования – нужно было отринуть философию и представления прошлого. Чтобы набраться зрелости, новой химии требовалось и учесть уроки Парацельса, и низвести с трона тупиковые теории Аристотеля – только не теории движения, которыми занимались Ньютон и другие физики и математики, а теории материи.

Прежде чем сложить головоломку, необходимо разобраться с ее фрагментами, а в головоломке природы фрагменты – это химические

элементы. Пока люди верили, что все состоит из земли, воздуха, огня и воды – или в пределах какой-нибудь подобной схемы, – их понимание материальных тел основывалось на выдумках, а способность создавать новые полезные вещества по-прежнему ограничивалась методом проб и ошибок, без возможности какого-либо настоящего понимания. Так сложилось, что в новой интеллектуальной атмосфере XVII века, покуда Галилей и Ньютон окончательно изгоняли Аристотеля из физики и заменяли его представления на теорию, основанную на наблюдении и эксперименте, один из тех, чья работа по оптике помогла вдохновить Ньютона, взялся изгонять Аристотеля из химии. Речь об ирландце Роберте Бойле, сыне первого графа Коркского[242].

Один путь посвятить себя жизни в науке – добыть университетскую должность. Другой – быть непристойно богатым. В отличие от университетских про-фессоров-первопроходцев физики, многие герои юной химии были людьми со средствами, кои во времена, когда лаборатории оставались редкостью, могли себе позволить создать свою собственную. Роберт Бойль [Бойл] был сыном графа не просто богатого, а, возможно, богатейшего во всей Великобритании.

Про мать Бойля известно немногое – помимо того, что она вышла замуж в семнадцать лет и за последующие двадцать три года выносила пятнадцать детей, после чего упала замертво от чахотки, что к тому времени в ее судьбе, вероятно, было облегчением. Роберт был ее четырнадцатым ребенком и седьмым сыном. Граф, похоже, больше любил делать детей, чем их растить, а потому вскоре после рождения их всех отправляли под опеку нянь, затем – в пансионы и колледжи или же за рубеж, учиться у частных преподавателей.

Самые нежные свои лета Бойль провел в Женеве. В четырнадцать он как-то раз проснулся среди ночи в жуткую грозу и поклялся, что, если выживает, посвятит себя Богу. Если бы люди выполняли или даже просто помнили все клятвы, данные в трудных обстоятельствах, мы бы жили в лучшем мире, но Бойль своей клятве остался верен. Была та гроза подлинной причиной или же нет, но Бойль сделался глубоко религиозен и, невзирая на богатство, жил аскетом.

Через год после той судьбоносной грозы он навещал Флоренцию – как раз когда неподалеку в изгнании умер Галилей. Бойль ухитрился добыть книгу Галилея о системе Коперника – его «Диалог о двух главных системах». То была счастливая случайность, однако случайность, в истории мысли примечательная: по прочтении книги Бойль, в те поры

пятнадцатилетний, влюбился в науку[243].

Ни из каких исторических документов не ясно, почему Бойль выбрал химию, но со дня своего обращения он искал, как бы послужить Богу, и решил, что химия – способ что надо. Подобно Ньютону и Парацельсу, он хранил безбрачие и сделался одержим работой; как и Ньютон, верил, что усилия понять устройство природы ведут к постижению путей Господних. Однако, в отличие от физика Ньютона, химик Бойль считал науку важной еще и потому, что она может облегчать страдания людей и улучшать их жизнь.

Бойль в некотором смысле был ученым из-за своей филантропии. В 1656 году в двадцать девять лет он переехал в Оксфорд, и, хотя в университете официально химию пока не преподавали, Бойль на свои деньги обустроил лабораторию и отдался исследованиям – преимущественно, пусть и не исключительно, в химии.

Оксфорд во времена Английской гражданской войны был оплотом короны и укрытием многим сбежавшим из парламентского Лондона. Бойль, похоже, не склонялся ни к той, ни к другой позиции, но примкнул к еженедельному собранию беженцев, на котором обсуждались общие интересы в экспериментальной науке. В 1662 году, незадолго до восстановления монархии, Карл II пожаловал этой группе особый статус, и она стала Королевским обществом (или, точнее, Лондонским Королевским обществом по развитию знаний о природе), сыгравшим столь важную роль в карьере Ньютона.

Королевское общество вскоре стало местом, где многие величайшие умы того времени, включая Ньютона, Гука и Галлея, собирались для обсуждений, дебатов и взаимной критики, а также чтобы поддерживать друг друга и добиваться, чтобы идеи проникали во внешний мир. Девиз Общества *Nullus in verba* приблизительно означает «Не верь на слово», но в частности это означало «Не верь на слово Аристотелю», поскольку члены Общества понимали, что движение вперед требует превзойти мировоззрение Аристотеля.

Бойль принял скептицизм как личную мантру, что нашло отражение в названии его книги 1661 года, «Химик-скептик» – по большей части сплошь разоблачение Аристотеля. Бойль, как и его коллеги, осознал, что научная строгость в понимании влекшего его к себе предмета требовала отказа от значительной части наследия прошлого. Химия, может, и уходила корнями в мастерские бальзамировщиков, стеклодувов, красильщиков, металлургов, алхимиков, а также, со времен Парацельса, аптекарей, однако Бойль воспринимал ее как единое поле знание, достойное изучения ради

него самого как необходимого для фундаментального понимания естественного мира, подобно изучению астрономии и физики, и дисциплина эта имеет право на такой же интеллектуально строгий подход.

В своей книге Бойль предложил множество примеров химических процессов, противоречивших Аристотелевым представлениям об элементах. Он в подробностях рассмотрел, например, горение дерева до золы. Если жечь бревно[244], сообщал Бойль, вода, выкипающая с концов, «совсем не элементарная вода», а дым – «совсем не воздух»: если его перегнать, останутся масло и соли. Утверждение, будто огонь преобразует бревно в вещества-«элементы» – землю, воздух и воду, – не выдерживает проверки практикой. При этом другие вещества, например, золото и серебро, разложить на составляющие, похоже, не удается, а значит их, вероятно, следует считать «элементами».

Величайший вклад Бойля – развенчание представления о воздухе как об «элементе». Он подкрепил свои выводы экспериментами, в которых ему помогал ворчливый юный ассистент, оксфордский выпускник и пылкий роялист Роберт Гук. Бедняга Гук[245]: позднее им пренебрег Ньютон, за эксперименты с Бойлем он тоже не слишком восхвален в веках, хотя, вероятно, собрал все оборудование и произвел почти всю работу сам.

В одной серии экспериментов они исследовали дыхание – пытались разобраться, как наши легкие взаимодействуют с поступающим в них воздухом. Они поняли, что происходит нечто очень важное. В конце концов, если там не протекает некое взаимодействие, тогда мы тратим на дыхание уйму времени впустую, просто чтоб легкие занять в паузах между сигарами. Разбираясь в этом, они ставили опыты на мышах и птицах. Увидели, что у животных, помещенных в закупоренный сосуд, дыхание постепенно затрудняется, а потом и вовсе прекращается.

Что показали эксперименты Бойля? Очевиднейший вывод: Роберту Бойлю не годится поручать приглядывать за вашим питомцем. Но помимо этого стало ясно, что, когда животные дышат, они либо поглощают некий компонент воздуха, который, если заканчивается, приводит к смерти, либо выделяют какой-то газ, который в достаточных концентрациях оказывается смертелен. Либо и то, и другое. Бойль считал, что верно первое, но, как бы то ни было, эти эксперименты показывали, что воздух – не «элемент», а состоит из разных компонентов.

Бойль разобрался и с ролью воздуха в горении, применив сильно усовершенствованную версию вакуумного насоса, изобретенного Гуком незадолго до этого. Бойль увидел, что, стоит откачать весь воздух из

закупоренного сосуда с горящим предметом, огонь гаснет. Вывод: в горении, как и в дыхании, участвует некое неведомое вещество воздуха, необходимое для протекания этих процессов.

Попытка определить «элементы» – суть работы Бойля. Он знал, что Аристотель и его последователи заблуждаются, однако, с поправкой на ограничения доступных ресурсов, в замещении их представлений более точными он смог добиться лишь частичного успеха. И все же просто показать, что воздух состоит из разных газов, – столь же действенный удар по теориям Аристотеля, как и наблюдения холмов и кратеров на поверхности Луны, а также лун Юпитера Галилеем. Бойль своими трудами помог освободить нарождающуюся науку от опоры на привычную мудрость прошлого, заменив ее тщательным экспериментированием и наблюдением.

* * *

В химическом исследовании воздуха есть нечто глубоко значительное. Знания о селитре или же оксидах ртути про нас самих ничего нам не сообщает, а вот воздух дарует нам жизнь. И все же до Бойля воздух никто изучать не рвался. Исследование газов было задачей трудной и крайне ограниченной тогдашним состоянием техники. И ситуация не менялась вплоть до конца XVIII века, когда разработка нового лабораторного оборудования[246] – например, пневматической ванны – позволила собирать образующиеся в химических реакциях газы.

К сожалению, поскольку незримые газы часто поглощаются или выделяются в химических реакциях, без понимания газообразного состояния веществ химики вынуждены были проводить неполный и зачастую ошибочный анализ многих химических процессов – в особенности горения. Химии, чтобы окончательно превзойти себя средневековую, требовалось изменить это – и понять природу огня.

Через сто лет после Бойля кислород, газ, необходимый для горения, был наконец открыт. Ирония истории: в 1791 году у человека, открывшего кислород, разъяренная толпа сожгла дом. Гнев толпы навлекла поддержка этим человеком Американской и Французской революций. Из-за этих противоречий Джозеф Пристли (1733–1804) покинул родную Англию и перебрался в 1794 году в Америку[247].

Пристли был унитарианцем, знаменитым – и пылким – сторонником

религиозной свободы. Он начал свою карьеру священником, но в 1761 году сделался учителем современного языка в одной из нонконформистских академий, игравших роль университетов для тех, кто отпал от Церкви Англии. Тамошние лекции коллеги-преподавателя вдохновили его написать историю новой науки об электричестве. Его исследования в этой теме подтолкнули его к оригинальным экспериментам.

Яркий контраст между жизнями и происхождениями Пристли и Бойля отражают контраст их времен. Бойль умер в начале Эпохи Просвещения – периода в истории западной мысли и культуры примерно между 1685 и 1815 годами. Пристли же, напротив, трудился на пике той эры.

Эпоха Просвещения – время мощных революций, и в обществе, и в науке. Само понятие[248], по словам Иммануила Канта, представляет «выход человечества из самонаведенной незрелости». Девиз Канта для просвещения прост: *Sapere aude* – «Дерзай знать». И, конечно, Просвещение прославилось признанием развития науки, пылом в ниспровержении старых догм и принципом, что разум должен свергнуть слепую веру и может принести практическую пользу обществу.

Не менее важно и то, что во дни Бойля (и Ньютона) наука была вотчиной лишь немногих избранных мыслителей. Однако XVIII век увидел начало промышленной эры, непрерывное расширение среднего класса и закат владычества аристократии. И потому во второй половине века наука стала заботить относительно большой образованный класс, более разнородную группу людей, включавшую и середняков, а многие из них учились ради улучшения экономических условий своей жизни. От такого расширения рядов практикующих химия особенно выиграла: люди вроде Пристли привнесли в нее дух изобретательности и предприимчивости.

Книга Пристли об электричестве увидела свет в 1767 году, но в тот же год он переключился с физики на химию, и в особенности на химию газов. Область интересов он сменил не потому, что его посетило какое-то великое озарение в новой науке, и не потому, что она показалась ему более важной областью исследования. Он просто поселился рядом с пивоварней, где в деревянных бочках, где бродило их содержимое, обильно и яростно бурлил некий газ, и это разожгло в Пристли любопытство. Он постепенно собрал значительный объем этого газа и в экспериментах, подобных Бойлевым, определил, что горящие деревянные щепки, помещенные в закупоренный сосуд с этим газом, гасли, а мыши довольно быстро умирали. Он также заметил, что при растворении этого газа в воде получается беспокойная жидкость с приятным вкусом. Ныне нам известно, что этот газ – диоксид углерода. Пристли нечаянно изобрел способ производства газированных

напитков, но, увы, поскольку человек он был со скромными средствами, коммерциализировать свое изобретение не смог. Это сделал через несколько лет Йоханн Якоб Швеппе, чья компания по производству газированных напитков работает и поныне.

Вполне логично, что Пристли оказался в химии благодаря интересу к побочному продукту коммерческой деятельности: с приходом промышленной революции в конце XVIII века наука и производство начали подвигать друг друга ко все более впечатляющим достижениям. В предыдущем веке от науки получилось очень немного непосредственного практического прока, однако ближе к концу XVIII века успехи науки полностью преобразили повседневность. Прямые результаты союза науки и промышленности – паровой двигатель, использование энергии воды на фабриках, развитие механизированных инструментов, а позднее и появление железных дорог, телеграфа и телефона, электричества и электрических лампочек.

Пусть на ранних этапах, около 1760-х годов, промышленная революция и опиралась на замыслы изобретателей-кустарей, а не на открытие новых научных принципов, она тем не менее подпитала склонность богатых людей поддерживать науку как способ развивать производство. Один такой увлеченный наукой состоятельный покровитель – Уильям Петти, граф Шелбёрнский. В 1773 году он устроил Пристли библиотекарем и учителем своим детям, а еще оплатил организацию лаборатории и выделил ученому много свободного времени для исследований.

Пристли был изобретательным и дотошным экспериментатором. У себя в новой лаборатории он взялся ставить опыты над ртутной окалиной, то есть «ржавчиной» ртути. Химики того времени знали, что при нагревании до получения окалины ртуть что-то забирает из воздуха, но не знали, что. Любопытно, что при дальнейшем нагревании окалина опять превращалась в ртуть, по-видимому, выбрасывая в воздух то, что поглотила из него вначале.

Пристли обнаружил, что газ, выделяемый из ртутной окалины, имеет удивительные качества. «Это воздух превосходного свойства, – писал он. – Свеча горит в нем с поразительной силой пламени… Но, чтобы полностью доказать высокое качество этого воздуха, я поместил в него мышь; в количестве его таком, что, будь это обыкновенный воздух, мышь умерла бы примерно через четверть часа... она провела целый час, и изъята была вполне бодрой»[249]. Пристли и сам попробовал «превосходный» воздух – то был, разумеется, кислород: «В легких у меня я не ощутил разницы

между ним и обычным воздухом; но мне почудилось, что в груди у меня ненадолго стало примечательно легко и свободно». Быть может, рассуждал он, таинственный газ станет популярным новым баловством среди богатых бездельников.

Пристли не заделался поставщиком кислорода богатеям. Он продолжил изучать этот газ. Поместил в сосуд с ним темную свернувшуюся кровь и обнаружил, что та сделалась ярко-красной. Еще он заметил, что, если оставить темную кровь в маленьком закупоренном пространстве, она впитывала этот газ и краснела, а животные, помещенные в этот же сосуд после покраснения крови, задыхались насмерть.

Пристли сделал из этих наблюдений вывод: наши легкие взаимодействуют с воздухом, чтобы оживить в нас кровь. Он поставил опыты над мятой и шпинатом и обнаружил, что растения могут восстанавливать способность воздуха поддерживать и дыхание, и горение – иными словами, он первым заметил результаты процесса, который мы ныне зовем фотосинтезом.

Хотя Пристли многое узнал о свойствах кислорода, и часто говорят, что именно он открыл этот газ, его значения в процессах горения Пристли не понял. Напротив, он присоединился к расхожей, но затейливой теории того времени, что предметы горят не потому, что соединяются с чем-то в воздухе, а потому что выделяют нечто под названием «флогистон».

Пристли провел знаменательные эксперименты, но не смог понять, что же они знаменуют. Объяснить подлинное значение экспериментов Пристли выпало на долю француза по имени Антуан Лавуазье (1743–1794)[250] – это он понял, что дыхание и горение суть процессы, при которых из воздуха поглощается нечто (кислород), а не высвобождается флогистон.

* * *

Что область знания, начавшаяся алхимией, дорастет до математической строгости Ньютоновой физики, казалось зряшной мечтой, однако многие химики XVIII века в нее верили. Бытовало даже суждение, что силы притяжения между атомами, составляющими вещества, в сути своей гравитационные по природе, и ими можно объяснять химические свойства. (Ныне мы знаем, что они были правы, вот только силы эти – электромагнитные.) Подобные соображения выдвинул Ньютон, утверждавший, что «действующие силы природы способны заставлять частицы тел [то есть атомы] объединяться очень сильным притяжением.

Дело экспериментальной философии выяснить их»[251]. Такова была одна из забот химии – вопрос о том, насколько буквально взгляды Ньютона в физике можно распространять на другие науки.

Лавуазье был одним из тех химиков, на кого Ньютонова революция повлияла очень сильно. Он воспринимал химию в ее тогдашнем виде как «основанную на самой малости фактов… состоящую из совершенно бессвязных мыслей и неподтвержденных предположений... не тронутую логикой науки»[252]. И все же он пытался подтолкнуть химию к строгой количественной методологии экспериментальной физики, а не к чистым математическим системам физики теоретической. То был мудрый выбор, если учесть знания и технические возможности того времени. Позднее теоретическая физика смогла объяснить химию своими уравнениями, однако этого не случилось вплоть до возникновения квантовой теории или, что еще полезнее, высокоскоростных компьютеров.

Подход Лавуазье к химии отражал его любовь и к химии, и к физике. Он мог бы, в принципе, предпочесть вторую первой, однако вырос в семье состоятельного парижского поверенного, где тщательно оберегали общественное положение и привилегии, и потому счел физику слишком язвительной и противоречивой. Хотя родственники Лавуазье поддерживали его устремления, они хотели видеть его и общественно преуспевающим, и прилежным, а также предпочитали осторожность и сдержанность – качества, ему не очень-то свойственные.

Истинность любви Лавуазье к науке была, похоже, очевидна для всех, кто его знал. У него были сумасшедшие замыслы и великие планы. Еще подростком он пытался разобраться в воздействии диеты на здоровье, подолгу потребляя исключительно молоко, и предложил запереть его в темной комнате на полтора месяца – чтобы усилить свою способность распознавать небольшие различия в яркости света. (Его, похоже, отговорил кто-то из друзей.) Та же страсть к научному исследованию осталась с ним на всю жизнь и проявлялась в невероятной способности, присущей многим пионерам науки, во имя понимания по многу часов заниматься однообразной работой.

Лавуазье повезло: деньги для него никогда не были преградой – ему еще не исполнилось тридцати, а он уже получил авансом часть своего наследства, эквивалентного десяти с лишним миллионам долларов в современных деньгах. Он вложил их с прибылью, приобретя долю в учреждении под названием Генеральный откуп. Дольщики этой компании собирали кое-какие налоги, которые монархия решила отдать на откуп

частным лицам.

Вложение Лавуазье требовало от него участия – и налагало ответственность следить за внедрением табачных акцизов. В обмен на старания откупщик получал, в современных деньгах, примерно два с половиной миллиона долларов ежегодно в виде своей доли дохода. Лавуазье применил заработанное на постройку лучшей частной лаборатории в мире, по слухам, набитой таким количество стекла, что, по-видимому, Лавуазье нравилось любоваться своей коллекцией мензурок в той же мере, в какой применять их. На гуманитарные цели деньги он тоже пускал.

Лавуазье прослышал про эксперименты Пристли осенью 1774 года от самого Пристли, который оказался в Париже, путешествуя с лордом Шелбёрном в качестве научного гида. Эти трое вместе с другими знаменитостями парижской науки вместе поужинали, а затем потолковали о цеховых делах.

Когда Пристли рассказал Лавуазье о своей работе, тот мгновенно понял, что эксперименты Пристли с горением имеют нечто общее с опытами, которые сам он ставил, изучая ржавление, и его это удивило и обрадовало. Но еще ему показалось, что Пристли не очень понимает теоретические принципы химии или даже следствия своих собственных экспериментов. Работа Пристли, писал Лавуазье, есть «ткань, сотканная из экспериментов, едва ли проникнутых каким-либо пониманием»[253].

Преуспеть и в теоретической, и в экспериментальной науке – дело, разумеется, нешуточное, и я знаю лишь нескольких больших ученых, кто мог бы на такое претендовать. Во мне самом довольно рано опознали начинающего теоретика, и потому в колледже от меня требовалось пройти всего один лабораторный курс по физике. В рамках этого курса мне полагалось спроектировать и собрать радиоприемник с нуля, и этот проект занял целый семестр. Получившийся у меня приемник работал только в условиях «вверх тормашками и потрясти», но и в этом положении он ловил всего одну станцию – какую-то бостонскую, игравшую какофонию авангардной музыки. И потому я, как и большинство моих друзей, и теоретиков, и экспериментаторов, благодарен за разделение труда в физике.

Лавуазье был мастером и теоретической, и практической сторон своей науки. Отмахнувшись от Пристли как от интеллекта слабее своего, воодушевившись возможностями исследовать параллели между процессами ржавления и горения, он повторил работу Пристли с ртутью и ее оксидом, начав на следующий же день поутру. Лавуазье усовершенствовал эксперименты Пристли, все тщательно измерил и

взвесил. И дал объяснение открытиям Пристли, какие сам Пристли и представить себе не мог: когда ртуть горит и образует окалину, она соединяется с газом, кой есть фундаментальный элемент природы и, как показали замеры, набирает в массе столько же, сколько впитывает газа.

Точные измерения, произведенные Лавуазье, показали и еще кое-что: когда происходит обратное, то есть когда окалина при нагревании вновь преобразуется в ртуть, она делается легче, судя по всему, отдавая тот же газ, какой поглотила до этого, и теряет массу, в точности равную массе, приросшей в процессе образования окалины из ртути. Хотя Пристли считают первооткрывателем газа, поглощаемого и выделяемого в этих экспериментах, именно Лавуазье объяснил суть этого процесса – и назвал газ «кислородом»[254].

Позднее Лавуазье облек свои наблюдения в форму одного из знаменитейших законов науки – в закон сохранения массы: общая масса продуктов химической реакции всегда равна массе исходных реагентов[255]. То была, вероятно, величайшая веха на пути от алхимии к современной химии: определение химического преобразования как перегруппировки составляющих компонентов веществ.

Участие Лавуазье в Откупе финансировало его важную научную работу. Но оно же, как оказалось, стало причиной его конца: он попался на глаза революционерам, свергнувшим французскую монархию. Во все времена и всюду сборщикам налогов рады примерно так же, как чахоточному больному с тяжким кашлем. Но откупщиков ненавидели особенно люто, поскольку многие налоги, в сборе которых их обвиняли, народ, в особенности – бедняки, считал неразумными и несправедливыми.

Сам Лавуазье, согласно любым источникам, выполнял свои обязанности честно и справедливо, однако Французская революция не славилась разборчивостью. А Лавуазье дал им массу поводов для нелюбви.

Наибольшая его провинность – мощная каменная стена, строительство которой он предложил, и она обошлась в несколько сот миллионов долларов в нынешних деньгах. Войти в город и покинуть его можно было лишь через ворота в этой стене, а их стерегли вооруженные стражники, ведшие учет всего товара, проходившего через ворота, и записи, по которым потом пересчитывались налоги. Таким образом Лавуазье привнес свою склонность к дотошным замерам из лаборатории в налоговое дело – к неудовольствию публики.

С началом Революции в 1789 году стена откупщиков первой приняла на себя удар повстанцев. Лавуазье вместе с другими откупщиками

арестовали в 1793-м, в Эпоху Террора, и приговорили к смерти. Он попросил отсрочки своей казни – чтобы успеть довести исследования до конца. Судья якобы сказал ему: «Республике не нужны ученые»[256]. Может, и не нужны, однако химии – еще как, и, к счастью, за свои пятьдесят лет жизни Лавуазье все же успел преобразить эту дисциплину.

Ко времени казни Лавуазье идентифицировал тридцать пять простых веществ. Ошибся лишь в десяти из них. Он создал стандартную систему именования сложных веществ в соответствии с простыми, входящими в их состав, и так заменил путаный и невнятный язык химии, существовавший до него. Я много говорил о важности математики как языка физики, но дисциплинированный язык столь же важен и в химии. До Лавуазье, к примеру, одно и то же вещество носило два разных имени – окалина гидраргирума и окалина быстрого серебра. В терминологии Лавуазье это вещество стало окисью ртути.

До изобретения современного вида химических уравнений вроде «$2Hg + O_2 \rightarrow 2HgO$», описывающего образование оксида ртути, Лавуазье не добрался, однако основу такой записи заложил. Его открытия произвели революцию в химии и сильно оживили промышленность, коя в свою очередь начала снабжать будущих химиков новыми веществами – и новыми вопросами.

В 1789 году Лавуазье опубликовал «Начальный курс химии», в котором объединил свои соображения. Ныне его считают первым современным учебником, который прояснил понятие простого вещества как не разлагаемого на составляющие, отверг теорию четырех элементов и существование флогистона, сформулировал закон сохранения массы и представил новую рациональную номенклатуру[257]. В пределах одного поколения книга стала классикой, по ней учились и ею вдохновлялись многочисленные позднейшие ученые. Сам Лавуазье к тому времени уже был казнен, а тело его сброшено в общую могилу.

Всю жизнь Лавуазье прослужил науке, но отчаянно желал и славы – и жалел, что сам так и не выделил ни одного нового химического элемента (хотя пытался приписать и себе заслугу в открытии кислорода). Наконец в 1900 году, век спустя после того как родина Лавуазье объявила о ненужности ученых, она же поставила ему в Париже памятник. Знаменитости, присутствовавшие на открытии, говорили, что Лавуазье «заслужил человеческое уважение» и был «великим благодетелем человечества», потому что «установил фундаментальные законы химических превращений»[258]. Один оратор объявил, что монумент

запечатлел Лавуазье «в блеске его мощи и ума».

*Памятник Лавуазье с головой Кондорсе*

Похоже на то, чего Лавуазье алкал при жизни, однако церемония ему бы вряд ли понравилась. Как оказалось, лицо статуи – не великого французского химика, а философа и математика маркиза де Кондорсе, служившего секретарем Академии наук в последние годы Лавуазье. Скульптор Луи-Эрнест Барриас (1841–1905)[259] скопировал голову со скульптуры, выполненной другим художником, и неправильно опознал ее хозяина. Это открытие французов, похоже, не смутило, и бронзовое заблуждение осталось быть – мемориалом гильотинированному человеку с чужой головой[260]. Но статуя простояла примерно столько же, сколько прожил Лавуазье. Как и ее прототип, она пала жертвой политики войны – нацисты пустили металл на пули[261]. Ну хоть взгляды Лавуазье выдержали

проверку временем. Они перелицевали химию.

* * *

Часто говорят о «поступи науки», однако наука не своими ногами ходит – вперед ее двигают люди, а прогресс наш – скорее эстафета, нежели марш. Более того, эстафета эта довольно странная, поскольку тот, кто хватает палочку, частенько срывается с места в направлении, какого предыдущий бегун не ожидал – и не одобрил бы. В точности так случилось со следующим великим визионером химии, получившим эстафету после блестящего забега Лавуазье.

Лавуазье прояснил значение простых веществ в химических реакциях и поддерживал количественный подход в описании их. Ныне мы знаем: чтобы по-настоящему разуметь химию и в особенности количественно оценивать химические реакции, необходимо понимать атом. Но Лавуазье презрел понятие атома. Не потому что был зашорен или недальновиден. Скорее, он противился идее мыслить в понятиях атомов исключительно из практических соображений.

Ученые строили догадки об атомах со времен Древней Греции, хотя иногда именовали их иначе – «корпускулами», «частицами материи» и др. И все же, поскольку атомы так малы, за почти двадцать столетий никто не задумывался над тем, как связать их с физически возможными наблюдениями и измерениями.

Чтобы примерно понять, насколько мал атом, вообразите, что мировой океан состоит из шариков размером с марбл. Теперь представьте, что все они уменьшились до размеров атома. Сколько места они теперь будут занимать? Меньше чайной ложки. И как тут надеяться увидеть взаимодействия чего-то настолько маленького?

Оказывается, надеяться можно запросто: это чудесное достижение – наблюдать за такими взаимодействиями – стало первым прорывом школьного учителя-квакера Джона Дальтона [Долтона] (1766–1844)[262]. Многие великие ученые в истории науки были людьми яркими, но Дальтон, сын бедного ткача, – не таков. Он был методичен во всем – от своих ученых занятий до ежедневных чаепитий в пять пополудни и последующих ужинов в девять, мясом с картошкой.

Дальтон известен своей книгой «Новая система химической философии» – подробнейшим трехчастным трактатом, который, что еще более ошеломительно, ученый экспериментально наполнил и написал

исключительно в свое свободное время. Первая часть, изданная в 1810 году, когда ему было за сорок, – исполинский труд на 916 страниц. Из них лишь одна глава, страниц пять в лучшем случае, представляет эпохальную мысль, благодаря которой Дальтон известен нам и поныне: способ рассчитывать относительные массы атомов на основе измерений, которые можно произвести лабораторно. Такова интрига и сила научных идей – пять страниц могут отменить ошибочные представления двух тысячелетий.

Эта мысль, как часто бывает, пришла к Дальтону кружным путем, и, хотя дело было уже в XIX веке, она была вдохновлена человеком, рожденным в середине века XVII-го, – Ньютон дотянулся и до Дальтона.

Дальтону нравилось гулять, а в младые годы он жил в Камберленде, самой сырой части Англии, и там увлекся метеорологией. А еще он был юным гением и еще подростком изучал «Принципы» Ньютона. Это сочетание интересов оказалось поразительно плодотворным: оно привело Дальтона к изучению физических свойств газов – например, сырого воздуха камберлендской глубинки. Увлекшись Ньютоновой теорией корпускул, повторявшей, по сути, античные представления греков об атомах, но усовершенствованной Ньютоновыми представлениями о силе и движении, Дальтон постепенно заподозрил, что разная растворимость газов связана с различием в размерах их частиц, а это, в свою очередь, привело его к размышлениям о массах атомов.

Подход Дальтона основывался на представлении о том, что, если рассматривать только чистые вещества, они должны состоять из своих компонентов в точных и одинаковых пропорциях. К примеру, существует два разных оксида меди. Если изучить эти оксиды по отдельности, выяснится, что на каждый грамм поглощенного кислорода при получении одного оксида уходит четыре грамма меди, а на получение другого – восемь. Это означает, что во втором виде оксида с каждым атомом кислорода соединяется вдвое больше атомов меди.

Теперь допустим для простоты, что в первом случае каждый атом кислорода соединяется с одним атомом меди, а во втором – с двумя. Раз в первом случае оксид получается из четырех граммов меди на грамм кислорода, можно заключить, что атом меди в четыре раза больше по массе, чем атом кислорода. Это заключение, как выяснилось, верно, и такое рассуждение Дальтон применил для расчета относительных атомных масс всех известных элементов.

Поскольку Дальтон рассчитывал относительные массы, ему нужно было от чего-то отталкиваться, и он принял легчайший известный тогда элемент водород за единицу и массы всех остальных химических

элементов рассчитывал в пропорции к нему.

К сожалению, его допущение, что все элементы соединяются друг с другом в простейших возможных пропорциях, оправдывалось не всегда. К примеру, согласно этому допущению формула воды – HO, а не более затейливая известная нам ныне $H_2O$. Следовательно, когда он рассчитывал относительную массу атома кислорода к водороду, результат получился вполовину меньший, чем должен быть. Дальтон вполне понимал эту степень неопределенности и в отношении воды признавал и формулу $HO_2$, и $H_2O$ как допустимые возможности. Рассчитать относительные массы было бы гораздо труднее, если б у обычных веществ были формулы вроде $H_{37}O_{22}$, но так, к счастью, дело не обстоит.

Дальтон знал, что оценки его приблизительны, и им необходима опора на данные о множестве веществ – тогда удастся выявить нестыковки, а они в свою очередь проявят ошибки в найденных формулах. Эта трудность мучила химиков еще лет пятьдесят, но то, что на прояснение деталей ушло время, не уменьшает значимости этой работы для химии, ибо Дальтонова версия атомизма наконец оказалась практически осмысленной: ее можно было увязать с лабораторными показателями. Более того, основываясь на работе Лавуазье, Дальтон применил свои соображения для разработки первого количественного языка химии – нового способа понимать проводимые химиками эксперименты в понятиях обмена атомами между молекулами. В современной версии, к примеру, описывая получение воды из кислорода и водорода, химик (или школьник) напишет: $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$.

Новый язык химии революционизировал способность химиков понимать наблюдаемое и измеряемое в химических реакциях и рассуждать о них, и представления Дальтона сделались с тех пор центральными в химической теории. Работа Дальтона принесла ему мировую славу, и, хотя он скрывался от публичных почестей, все же принимал их, включая и членство в Королевском обществе, коим его наделили невзирая на его яростные возражения. Когда в 1844 году он умер, погребение, которое, он надеялся, будет скромным, происходило в присутствии более сорока тысяч скорбящих.

Усилиями Дальтона человеческое мышление о природе вещества перешло от теорий, восходящих к древнему наследию мистики, к началам понимания материи на уровне далеко за пределами наших чувств. Но если атом каждого элемента имеет определенную массу, как это свойство связано с наблюдаемыми химическими и физическими особенностями

веществ? Это следующий этап эстафеты и, разумеется, последний глубинный вопрос о химии, на который можно ответить, не выходя за пределы Ньютоновой науки. Будут и дальнейшие прозрения, но с ними придется подождать до квантовой революции в физике.

* * *

Стивен Хокинг, прожив не один десяток лет парализованным болезнью, которая должна была бы угробить его за считанные годы, однажды сказал мне, что считает упрямство своей величайшей добродетелью, – и, вероятно, он прав. Хоть это качество иногда затрудняет работу с ним, он знает, что именно его упрямство поддерживает в нем жизнь и дает силу продолжать исследования.

Готовые теории науки могут показаться самоочевидными – когда они уже сформулированы, но в борьбе за их создание обычно можно победить лишь потрясающей настойчивостью. Психологи называют это качество «выдержкой», свойством, связанным с упорством и упрямством, но и со страстью тоже, а такие качества мы на страницах этой книги уже встречали. «Склонность стремиться к достижению долгосрочных целей с устойчивым во времени интересом и усилием»[263] – таково определение выдержки, и психологи, что не удивительно, обнаружили: она связана с успехом во всем – от супружеской жизни до службы в армейских подразделениях особого назначения. Быть может, поэтому персонажи, с которыми мы успели познакомиться, – своевольные, даже высокомерные. Таковы многие новаторы. Им приходится.

Наш следующий пионер науки, Дмитрий Иванович Менделеев (1834–1907)[264], русский химик, который, говорят, был склонен к истерикам и припадкам ярости (и стриг волосы и бороду не чаще раза в год), вполне вписывается в пантеон упрямых ослов. Такова была сила его личности, что супруга Менделеева постепенно поняла: стоит жить подальше от него, в их загородном доме, – кроме тех случаев, когда он заявлялся туда, и тогда она брала детей и перебиралась в их городское жилье.

Менделеев, как и Хокинг, – выживший. Ближе к двадцати годам он попал в больницу с туберкулезом, но не просто выжил – он нашел поблизости лабораторию и, пока выздоравливал, проводил там целые дни за экспериментами. Он выучился на преподавателя, но по окончании Главного Педагогического института, по настоянию врача, отправился в

Крым. Шел 1855 год, и Менделеев, прибыв в Симферополь и дожидаясь приема у великого Пирогова, устроился в местную гимназию, но та из-за войны почти не работала. Вернувшись с юга, Менделеев стал приват-доцентом Петербургского университета, а потом и профессором.

*Дмитрий Иванович Менделеев*

То, что Менделеев стал химиком и вообще получил образование, – заслуга его матери. Он родился в небогатой семье в Западной Сибири, младшим из четырнадцати или семнадцати детей – сведения разнятся. В школе учился неважно, но любил самопальные эксперименты. Мать Менделеева верила в силу его ума и, когда ему исполнилось пятнадцать и умер его отец, она отправилась с ним в путь – подобрать сыну университет.

То было странствие в тысячу четыреста миль, на перекладных, но в итоге Менделеев начал учебу в Главном Педагогическом институте в Петербурге, с небольшой стипендией – директор института был старым другом его покойного отца. Мать тоже вскоре скончалась, а Менделеев посвятил ее памяти научный труд, процитировав ее последние слова, которые он назвал «священными»: «избегать […] самообольщения, настаивать в труде, а не в словах, и терпеливо искать божескую или научную правду»[265]. Менделеев, как и многие великие ученые до него, прожил по этому завету всю жизнь.

В некотором смысле Менделееву повезло родиться тогда, когда он

родился. Практически все великие открытия и изобретения возникли из сочетания интеллектуального прозрения и счастливых обстоятельств. Волею судеб научная работа Эйнштейна началась вскоре после того, как была сформулирована современная теория электромагнетизма, предполагавшая, что скорость света постоянна, а именно эта мысль стала сутью теории относительности. Стиву Джобсу [Джобзу] тоже повезло – его карьера стартовала, когда техническое развитие достигло точки, в которой можно было разработать удобный персональный компьютер. С другой стороны, армяноамериканскому изобретателю и предпринимателю Лютеру Симиджяну принадлежит множество патентов, однако лучшая мысль пришла ему в голову с опережением лет в десять: в 1960 году он придумал автоматическую банковскую машину, которую назвал банкографом[266]. Убедил Банк Нью-Йорка установить несколько штук, но клиенты боялись класть через эти машины деньги, и пользовались ими только проститутки и аферисты, избегавшие личного общения с банковскими служащими. Через десятилетие ситуация изменилась, банкоматы прижились, но в другом техническом воплощении.

В случае Менделеева время оказалось на его стороне. Он достиг зрелости, когда химия была готова к рывку – представление о том, что химические элементы можно организовать в семейства, в 1860-х витало в воздухе по всей Европе. Классификация фтора, хлора и брома как «галогенов» Йенсом Якобом Берцелиусом в 1842 году, к примеру, не прошла незамеченной; эти элементы словно родственники: все три – чрезвычайно едкие газы, усмиряемые соединением с натрием, в результате которого образуются безобидные кристаллы, похожие на поваренную соль. (Поваренная соль – хлорид натрия.) Нетрудно было усмотреть общее и среди щелочных металлов лития, натрия и калия. Все три – блестящие, мягкие и очень активные. Члены семейства щелочных металлов до того похожи друг на друга, что, если заменить в поваренной соли натрий на калий, получится настолько похожее вещество, что его можно применять как заменитель поваренной соли.

Химики, вдохновленные схемой Карла Линнея, предложенной для биологических организмов, пытались разработать понятную систему родства и в своей дисциплине и объяснить с ее помощью взаимоотношения между элементами. Но не все элементы группировались очевидным манером, неизвестно было и то, как они соотносятся друг с другом и какие свойства атомов отвечают за фамильное сходство. Эти вопросы занимали мыслителей по всей Европе. В общее дело включился даже некий сахаровар – ну или, по крайней мере, работавший в сахароварне химик. Но

хотя несколько ученых и стучали в дверь ответа, лишь один – Менделеев – в эту дверь вломился.

Вам может показаться, что, раз мысль об упорядочивании элементов «витала в воздухе», значит, человек, которому такая систематизация удается, достоин искреннего признания, однако есть вероятность, что в величайшие гении этого человека вы не запишете; Менделеев меж тем – именно величайший гений. Так что же ставит его в один ряд с исполинами вроде Бойля, Дальтона и Лавуазье?

«Периодическая таблица», составленная Менделеевым, – не химическая версия полевого путеводителя по птицам, а, скорее, ответ химиков законам Ньютона – или, во всяком случае, самое близкое к волшебству достижение, на какое химики могли надеяться. Это не просто список семейств элементов – это настоящая спиритическая доска, позволяющая химикам понимать и предсказывать свойства любого элемента, включая и еще не известные.

Оглядываясь на это открытие, легко приписать прорыв Менделеева его способности задавать правильные вопросы вовремя, или его трудовой этике, страсти, упрямству и крайней самоуверенности. Но, как это часто бывает с открытиями и нововведениями – и зачастую в нашей с вами жизни, – помимо интеллектуальных свойств имеет значение счастливая случайность или, по крайней мере, сторонние обстоятельства, позволившие этим качествам добиться успеха. В случае с Менделеевым эту роль сыграло его решение написать учебник по химии.

В 1866 году, после того, как Менделеева назначили профессором химии в Петербургском университете, в тридцать два года он решил составить учебник. Санкт-Петербург основал за полтора века до этого Петр Великий, и город к середине XIX века сделался одним из интеллектуальных центров Европы. Университет Петербурга был лучшим в России, но Россия отставала от остальной Европы, и Менделеев, изучив российскую химическую литературу, пришел к выводу, что приличного современного учебника, пригодного для преподавания, не имеется. И он взялся писать его. На эту работу ушли годы, но учебник в итоге был переведен на все основные мировые языки и применялся в университетах по всему свету многие десятилетия после его издания. Он был оригинальным, богатым на прибаутки, рассуждения и чудачества. То был труд любви, и стремление Менделеева написать наилучший учебник подтолкнуло его сосредоточиться на вопросах, которые и привели к его великому открытию.

Первая запинка на пути Менделеева к идеальному учебнику – как

организовать материал. Менделеев решил поделить элементы и их соединения на группы, или семейства, согласно их свойствам. Выполнив сравнительно простую задачу – описав галогены и щелочные металлы, – он задался вопросом, о какой совокупности элементов писать дальше. В случайном порядке? Или, может, сформулировать принцип, в согласии с которым установить порядок?

Менделеев сражался с этой задачей, вглядываясь в глубины обширного химического знания в поисках подсказок, как могут соотноситься друг с другом различные группы элементов. Однажды в субботу он настолько ушел в работу, что провел без сна всю ночь и утро. Так ничего и не добился, но что-то подтолкнуло его записать названия элементов из групп кислорода, азота и галогенов, итого двенадцать элементов, на обороте конверта – в порядке увеличения их атомных масс.

И тут вдруг он заметил поразительную закономерность: список начинался с азота, кислорода и фтора – легчайших членов своих групп, а затем продолжился вторыми по массе, тоже по порядку, и так далее. Список, иными словами, сложился повторяющимся, или «периодическим», узором. И лишь два элемента этой закономерности не поддерживали.

Менделеев сделал свое открытие еще отчетливее, разместив группы элементов в ряд, а ряды друг над другом, и получилась таблица. (Ныне мы записываем группы колонками.) Правда ли есть в этом что-то? А если эти двенадцать элементов и впрямь образуют осмысленную последовательность, впишутся ли в эту схему остальные известные в то время пятьдесят один?

Менделеев с друзьями любил раскладывать карточные пасьянсы – располагать игральные карты в определенном порядке. Из карт получалась таблица, которая, как он впоследствии вспоминал, выглядит очень похоже на ту, из двенадцати элементов, которую он в тот день изобразил. Решив записать названия и атомные массы всех известных элементов на карты и попытаться составить из них таблицу, он разложил, по его словам, «химический пасьянс». Принялся перекладывать карты так и эдак, пытаясь разместить их в осмысленном порядке.

В подходе Менделеева был серьезный изъян. Во-первых, было неясно, к каким группам некоторые элементы принадлежат. Свойства других к тому времени оставались непонятыми. Были и разногласия в отношении атомных масс одних элементов, а массы, присвоенные другим элементам, – попросту ошибочны. А во-вторых, что важнее, были и элементы, которые еще предстояло открыть, и из-за этого предположенная закономерность давала сбой.

Все эти трудности усложняли Менделееву задачу, но было и еще кое-что – нечто более тонкое: не хватало оснований считать, что схема, основанная на атомных массах, – непременно рабочая, поскольку никто в то время не понимал, какой аспект химических свойств связан с атомной массой. (Теперь-то мы знаем, что это число протонов и нейтронов в атомном ядре, и что масса, приходящаяся на нейтрон, никак на химические свойства вещества, состоящего из тех или иных атомов, не влияет.) И вот тут-то упрямство Менделеева поддержало его страсть достичь цели: он продолжил сражаться, основываясь исключительно на интуиции и вере.

Работа Менделеева куда буквальнее многих других показывает: научный процесс – решение головоломок. Но она еще и иллюстрирует важное отличие: в отличие от головоломки, купленной в магазине, кусочки мозаики, которую складывал Менделеев, не стыковались друг с дружкой. Частично в науке и полностью – в новаторстве временами бывает важно не обращать внимание на особенности дела, вроде бы подсказывающие, что ваш подход никак не может быть состоятельным, и верить, что какой-нибудь обходной путь все же найдется, или что эти особенности не будут иметь значения. Менделеев, благодаря поразительной одаренности и чрезвычайной настойчивости, собрал свою картинку, переделав одни части мозаики и выдумав с нуля другие.

Представлять достижение Менделеева в героическом свете задним-то числом просто – видимо, так оно и выглядит в моем описании. Пусть ваши взгляды отдают безумием, если они действенны – мы сотворим из вас героя. Но тут есть и оборотная сторона: за века накопилось множество безумных схем, оказавшихся в итоге ошибочными. Работающих систем гораздо меньше, чем неработающих. Ошибочные быстро забываются, а часы, дни и годы работы тех, кто в них верил, потрачены, как оказывается, впустую. И часто мы зовем поборников этих систем неудачниками и чокнутыми. Но героизм – это готовность рисковать, и потому героизм исследования, успешного или провального, – в риске, который берем на себя мы, ученые и новаторы, а это долгие часы и дни, месяцы или даже годы яростной интеллектуальной борьбы, коя может привести к плодотворному завершению и результату, а может и нет.

Менделееву уж точно пришлось покорпеть. Элементы не встали на свои места так, как ему хотелось, но он отказался смириться с недееспособностью своей системы. Напротив, он стоял на своем и заключил, что те, кто мерил атомные массы, ошиблись, – и он смело вычеркнул известные величины и вписал то значение, с которым элемент занимал правильное место в его системе.

Самый дерзкий его вывод возник в отношении пустых ячеек в таблице – элементов с отвечающими этому месту в системе свойствами не было известно. Менделеев не только не отказался от своих соображений и не попытался изменить организующий принцип, он упрямо настаивал, что пустые ячейки – это пока не открытые элементы. Он даже предсказал свойства этих новых элементов – атомную массу, физические свойства, с какими другими элементами они могут взаимодействовать и какие сложные вещества образовывать – исключительно на основании того, в какой части таблицы эта пустая ячейка возникла.

К примеру, существовал зазор рядом с алюминием. Менделеев вписал туда неведомый элемент экаалюминий и предсказал, что, когда химики откроют экаалюминий, это будет блестящий металл, хорошо проводящий тепло, с низкой температурой плавления и массой одного кубического сантиметра ровно 5,9 граммов. Через несколько лет французский химик по имени Поль-Эмиль Лекок де Буабодран открыл в образце руды элемент, в точности совпадавший с описанием, за исключением массы кубического сантиметра – 4,7 граммов. Менделеев тут же послал Лекоку письмо, в котором сообщил, что образец был явно неочищенный. Лекок повторил анализ с новым образцом и добился тщательной очистки. На сей раз все сошлось с предсказанием Менделеева – 5,9 граммов на кубический сантиметр. Лекок назвал элемент галлием, в честь латинского названия Франции – Галлия.

Менделеев обнародовал свою таблицу в 1869 году, сначала в «Журнале Русского химического общества»[267], а затем – в почтенном немецком издании[268], под названием «Периодическая закономерность химических элементов». Помимо галлия, таблица включала в себя еще несколько на ту пору неизвестных элементов – ныне это скандий, германий и технеций. Технеций радиоактивен и до того редок, что его открыли лишь в 1937 году, синтезировав в циклотроне, разновидности ускорителя элементарных частиц, через тридцать лет после смерти Менделеева.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Ti = 50 | Zr = 90 | ? = 180 |
| | | | V = 51 | Nb = 94 | Ta = 182 |
| | | | Cr = 52 | Mo = 96 | W = 186 |
| | | | Mn = 55 | Rh = 104,4 | Pt = 197,4 |
| | | | Fe = 56 | Ru = 104,4 | Ir = 198 |
| | | | Ni = Co = 59 | Pd = 106,6 | Os = 199 |
| H = 1 | | | Cu = 63,4 | Ag = 108 | Hg = 200 |
| | Be = 9,4 | Mg = 24 | Zn = 65,2 | Cd = 112 | |
| | B = 11 | Al = 27,4 | ? = 68 | Ur = 116 | Au = 197? |
| | C = 12 | Si = 28 | ? = 70 | Sn = 118 | |
| | N = 14 | P = 31 | As = 75 | Sb = 122 | Bi = 210? |
| | O = 16 | S = 32 | Se = 79,4 | Te = 128? | |
| | F = 19 | Cl = 35,5 | Br = 80 | J = 127 | |
| Li = 7 | Na = 23 | K = 39 | Rb = 85,4 | Cs = 133 | Tl = 204 |
| | | Ca = 40 | Sr = 87,6 | Ba = 137 | Pb = 207 |
| | | ? = 45 | Ce = 92 | | |
| | | ?Er = 56 | La = 94 | | |
| | | ?Yt = 60 | Di = 95 | | |
| | | ?In = 75,6 | Th = 118? | | |

*Оригинальная периодическая таблица Менделеева, опубликованная в 1869 году, и ее современный вид*

Нобелевскую премию по химии впервые дали в 1901 году, за шесть лет до кончины Менделеева. Он не получил Нобелевскую премию, и это величайший промах Нобелевского комитета, поскольку Периодическая

система – главный организующий принцип современной химии, открытие, сделавшее возможным наше освоение науки о веществе, это венец двухтысячелетней работы, начатой в лабораториях бальзамировщиков и алхимиков.

Но все же Менделеев стал членом еще более элитарного клуба. В 1955 году ученые в Беркли выделили всего десяток с чем-то атомов нового элемента, тоже в циклотроне, и в 1963 году назвали его менделевием, в честь автора великого открытия. Нобелевскую премию вручили более чем восьми сотням людей, но лишь шестнадцать ученых увековечены в Периодической таблице. И Менделеев – один из них, со своим личным местом в своей же таблице, под номером 101, совсем рядом с эйнштейнием и коперницием.

# Глава 9
# Одушевленный мир

Хотя ученые еще с античных времен считали, что материальные предметы собраны из базовых составляющих, никто не подозревал, что это верно и для живых существ. И потому все, должно быть, страшно удивились, когда в 1664 году наш старый приятель Роберт Гук заточил перочинный ножик до состояния «острый как бритва», срезал тоненький кусочек с пробки, всмотрелся в него посредством самодельного микроскопа и стал первым человеком, увидевшим нечто, названное им «клетками»[269]. Это название он выбрал, потому что они ему напомнили кельи[270], в которых жили монахи в монастырях.

Можно считать клетки атомами жизни, но они сложнее атомов и – что, вероятно, еще сильнее потрясло их первооткрывателей – живые сами по себе. Клетка – кипучая живая фабрика, потребляющая энергию и сырье и производящая из них разнообразные продукты, преимущественно белки, решающие практически все важнейшие биологические задачи. Чтобы выполнять функции клетки, необходимы обширные знания, и, хотя у клеток нет мозгов, они «знают» много чего – как создавать белки и другие материалы, необходимые нам для роста и деятельности, а что важнее всего – они знают, как воспроизводить себя самих.

Важнейший и исключительный продукт клетки – копия ее самой. Благодаря этой способности мы, люди, возникаем как единственная клетка и последовательным сорока с лишним кратным удвоением наконец обрастаем тридцатью триллионами клеток[271], а это в сто раз больше, чем звезд в галактике Млечный Путь. Невероятное чудо: сумма деятельности наших клеток, взаимодействия целой галактики существ, не способных к мышлению, составляет целое, которое есть мы. Не менее поразительно и то, что мы смогли разобраться, как это все работает, – подобно компьютерам, которым это никто не поручал, мы проанализировали собственное устройство. Таково чудо биологии.

Чудо это оказывается еще величественнее, если вспомнить, что мир биологии для нас по большей части незрим. Отчасти из-за миниатюрности клеток, отчасти из-за ошеломительного многообразия жизни. Если исключить бактерии и считать лишь живые организмы с клетками, у которых есть ядра, выйдет, по оценкам ученых, что на нашей планете –

примерно десять миллионов биологических видов[272], из которых мы открыли и классифицировали около 1 %. Одних только муравьев 22 000 видов, а на каждого человека на Земле приходится от одного до десяти миллионов штук этих насекомых.

Всем нам знакома мешанина дворовых насекомых, но в одной лишь горсти плодородной почвы содержится больше видов существ, чем мы могли бы счесть, – сотни или даже тысячи беспозвоночных видов, несколько тысяч микроскопических круглых червей и десятки тысяч видов бактерий. Присутствие жизни на Земле столь вездесуще, что мы постоянно поглощаем организмы, которые, вероятно, предпочли бы не есть. Попробуйте приобрести арахисовое масло, в котором не содержится фрагментов насекомых, – не выйдет. Правительство понимает, что производство арахисового масла без содержания насекомых непрактично, и потому правилами допускается до десяти фрагментов насекомых на тридцать один грамм продукта[273]. Меж тем порция брокколи может содержать шестьдесят тлей и/или клещей, а в банке молотой корицы – четыре сотни фрагментов насекомых[274].

Неаппетитно это все, однако полезно помнить: даже наши тела – не без посторонних, поскольку любой из нас есть целая экосистема живых организмов. Ученые определили, к примеру, сорок четыре рода (групп видов) микроскопических организмов, обитающих на вашем предплечье и не менее 160 видов бактерий, населяющих человеческий кишечник[275]. Между пальцами на ногах? Сорок видов грибов. Вообще, если дать себе труд пересчитать их все, выяснится, что в наших телах клеток микробов гораздо больше, чем человеческих.

Каждая часть нашего тела – отдельная среда обитания, а существа, населяющие ваш кишечник или пространство между пальцами на ногах, имеют больше общего с организмами, населяющими симметричные части моего тела, нежели с живностью на вашем предплечье. В Университете Северной Каролины есть даже научный центр под названием «Проект биологического многообразия жизни в пупе», который занимается изучением жизни, существующей в этом темном, заповедном краю. А есть еще проклятые кожные клещи. Родственники лесных клещей, пауков и скорпионов, эти твари менее трети миллиметра размером и живут они у вас на лице – в волосяных луковицах и железах, связанных с ними, в основном, рядом с носом, ресницами и бровями, и сосут ваши сочные клетки. Но не тревожьтесь, от них обыкновенно нет никаких болезнетворных последствий, а если вы оптимист, можете надеяться, что относитесь к той

половине взрослого населения, на которой они не живут.

С учетом сложности жизни, многообразия ее размеров, форм и сред обитания, а также нашей естественной склонности не верить, что мы «всего лишь» результат действия физических законов, неудивительно, что биология как наука отстала в развитии от физики и химии. Подобно другим дисциплинам, биологии для движения вперед пришлось преодолеть свойственную человеку привычку считать себя особенным и убежденность, что миром правят боги и/или волшебство. И, как и в других науках, это означало преодоление богоцентрического мировоззрения Католической церкви и человекоцентрического – Аристотеля.

Аристотель сам был увлеченным биологом[276] – почти четверть сохранившихся его рукописей относится к этой дисциплине. Аристотелева физика считает нашу планету физическим центром Вселенной, а его биология имеет более личное свойство и воспевает человека – в особенности мужчину.

Аристотель считал, что божественный разум создал всех живых существ, отличающихся от неодушевленных тем, что у них есть особое качество, или суть, коя покидает организм или же прекращает быть, когда живое умирает. Среди всех образчиков жизни, полагал Аристотель, люди – высшая точка. В этом отношении Аристотель был настолько непримирим, что, описывая особенность того или иного вида, отличающуюся от соответствующей особенности человека, называл ее уродством. Аналогично он рассматривал женщину как изуродованного или же ущербного мужчину.

Распад этой традиционной, но ошибочной системы верований дал рождение современной биологии. Одна из первых давних побед над этими убеждениями – отказ от принципа Аристотелевой биологии под названием «самозарождение», согласно которому живые существа якобы возникают из неживой материи – из пыли, например. Примерно в то же время, доказав, что даже простейшие формы жизни имеют те же органы, что и мы, а растения и животные, как и мы, состоят из клеток, новые методы микроскопического наблюдения поставили под сомнение старый способ мышления. Но биология не могла по-настоящему вызреть как наука, пока не был открыт ее главный организующий принцип.

У физики, изучающей взаимодействие между предметами, есть законы движения; у химии, науки о взаимодействиях между веществами, есть периодический закон. Биология разбирается в том, как функционируют и взаимодействуют друг с другом биологические виды, и для достижения успехов ей нужно было понять, почему у биологических видов именно

такие свойства, – требовалось объяснение, отличное от традиционного «потому что Боженька их такими сделал». Это понимание пришло вместе с Дарвиновой теорией эволюции, основанной на естественном отборе.

* * *

Наблюдатели за жизнью существовали задолго до возникновения биологии. В морские и сухопутные организмы вглядывались земледельцы, рыбари, врачи и философы. Но биология – это больше, чем подробности из каталогов растений или справочников по птицам: наука не сидит себе в углу, описывая мир, – она вскакивает с места и выкрикивает объяснения, что именно она видит. Но объяснить – гораздо сложнее, чем описать. И потому, до развития научного метода, биология, как и другие науки, полнилась объяснениями и соображениями с виду разумными, но – ошибочными.

Возьмем, к примеру, лягушек в древнем Египте. Каждую весну после разлития Нила по прилежащим полям оставался плодородный ил, и земли, укрытые им, стараниями земледельцев кормили народ. Илистая почва приносила и еще один урожай, невозможный на землях посуше – лягушек. Шумные создания появлялись столь внезапно, и было их так много, что, казалось, они возникают прямо из ила – и именно в такое их происхождение верили древние египтяне.

Египетская теория – не плод небрежного мышления. Пристальные наблюдатели почти всю историю человечества приходили к точно такому же выводу. Мясники замечали, что черви «возникали» на мясе, землепашцы обнаруживали, что мыши «появлялись» в корзинах, где хранилась пшеница. В XVII веке химик Ян Баптиста ван Гельмонт [Хельмонт] даже предложил рецепт создания мышей из подручных материалов: поместите несколько зерен пшеницы в горшок, добавьте грязное исподнее и подождите три недели. Рецепт, как сообщается, часто оказывался действенным.

Теория в основании предложенного ван Гельмонтом метода – самозарождение, то есть убежденность, что простые живые организмы могут самопроизвольно возникать из определенных неодушевленных субстратов. Со времен древнего Египта, а, возможно, и прежде, люди считали, что во всех живых существах есть некая жизненная сила или энергия[277]. Постепенно побочным продуктом подобных взглядов стала уверенность, что жизненной энергией можно как-то пропитать

неодушевленную материю и так сотворить новую жизнь, а когда это мировоззрение Аристотель преобразовал в складную теорию, она приобрела особый вес. Но так же, как некоторые ключевые наблюдения и эксперименты XVII века привели к концу Аристотелеву физику, вышло и с подъемом науки, нанесшим мощный удар по воззрениям Аристотеля на биологию. Один из наиболее памятных ударов – опыт самозарождения, проведенный итальянским врачом Франческо Реди в 1668 году. То был один из первых подлинно научных биологических экспериментов.

Реди избрал простой метод. Он добыл несколько широкогорлых горшков и поместил в них образцы свежего змеиного мяса, рыбы и телятины. Затем оставил некоторые горшки открытыми, а другие затянул чем-то вроде марли или бумаги. Реди предположил, что, если самозарождение действительно произойдет, мухи и личинки должны появиться на мясе во всех трех случаях. Но если личинки возникают, как и предполагал Реди, из крошечных незримых яиц, отложенных мухами, они должны появиться лишь на мясе в незакрытых емкостях, а в тех, что запечатаны, – нет. Он также предсказал, что личинки появятся на марле, которой накрыты оставшиеся емкости: голодные мухи постараются подобраться к мясу как можно ближе. В точности так и вышло.

Эксперимент Реди восприняли неоднозначно. Некоторые сочли, что он опровергает самозарождение. Другие решили не обращать внимания на полученные результаты или искать ошибки в эксперименте. Многие, вероятно, попали во вторую категорию просто из предубеждения и приверженности своим взглядам. У всей этой истории к тому же были и теологические последствия: некоторым думалось, что самозарождение оставляет за Богом роль создателя жизни. Но были и научные причины сомневаться в выводах Реди: распространять этот эксперимент за пределы изучаемых им существ, например, быть может, и не следовало бы. Возможно, Реди лишь показал, что самозарождение не применимо к мухам.

Следует отдать должное Реди: сам он не был зашорен и даже выявил примеры, в которых, как он подозревал, все же имело место самозарождение. Так или иначе этот вопрос обсуждали и далее две сотни лет, пока в конце XIX века Луи Пастер окончательно не отправил эту теорию на покой – тщательными экспериментами, показывающими, что даже микроорганизмы не самозарождаются. И все же, хоть и не окончательная, работа Реди – роскошный пример биологического эксперимента. Великолепие его в том, что провести его мог кто угодно, но никто не додумался.

Люди часто считают великих ученых обладателями феноменального

ума, а в обществе, особенно в деловой среде, мы стараемся избегать людей, не ладящих с окружающими. Но ведь именно эти иные люди зачастую видят то, что не заметно другим. Реди был человеком сложным – ученым, но и суеверным (он мазался маслом, чтобы оградить себя от болезней): физик и натуралист, но одновременно поэт, сочинивший классические стихи в похвалу тосканским винам[278]. В отношении самозарождения лишь Реди оказался в достаточной мере чудиком, чтобы выйти за пределы привычного, и он еще до эры научного мышления соображал и действовал как ученый. Он не только усомнился в ложной теории, а еще и насмеялся над Аристотелем и недвусмысленно предложил новый подход к ответам на вопросы биологии.

* * *

Эксперимент Реди был в значительной мере ответом на микроскопические исследования, показавшие, что крошечные создания до того сложны, что у них даже есть органы воспроизводства, – убеждение, что «низшие животные» слишком просты и не могут сами размножаться, было главным доводом Аристотеля в пользу самозарождения.

Микроскоп, вообще-то, изобрели за несколько десятилетий до этого – более или менее одновременно с телескопом, хотя никто доподлинно не знает, кто и когда. Но мы точно знаем, что поначалу оба прибора назывались одним и тем же словом *perspicillum*[279], и Галилей применял один и тот же инструмент – свой телескоп – для наблюдений и вовне, и внутрь. «В эту трубку, – сказал он гостю в 1609 году, – я видел мух размером с ягнят»[280].

Микроскоп, как и телескоп, позволил выявить в царстве природы новые подробности, какие древние не могли ни представить себе, ни учесть в своих теориях, и в конечном счете помог ученым открыться новому мышлению в изучаемой области науки и подтолкнуть интеллектуальное развитие, приведшее к вершине его – к Дарвину. Но, как и телескоп, микроскоп поначалу восприняли в штыки. Средневековые книжники отмахивались от «оптических иллюзий» и не доверяли никакому прибору, встававшему между ними и воспринимаемым предметом. У телескопа хоть был Галилей, быстро ответивший на критику и принявший инструмент в работу, а микроскопу до появления первых энтузиастов пришлось ждать полвека.

Одним из главных энтузиастов[281] оказался Роберт Гук, производивший исследования с применением микроскопа по приказу Королевского общества и таким образом внесший вклад в зарождение биологии – в точности так же, как он помог химии и физике. В 1663 году Королевское общество поставило Гуку задание предъявлять не менее одного нового наблюдения на каждом заседании. Вопреки слабости глаз, из-за которой затяжная работа с линзой была и трудна, и болезненна, он с задачей справился и, применив усовершенствованные инструменты, которые сам и спроектировал, произвел целую серию выдающихся наблюдений.

В 1665 году тридцатиоднолетний Гук опубликовал книгу под названием «Микрография», то есть «Малые рисунки». Работа получилась некой смесью трудов и соображений Гука в нескольких сферах изучения, однако произвела немалый шум, показав в пятидесяти семи поразительных иллюстрациях, выполненных самим Гуком, странный новый микромир. Эти картинки впервые явили человеческому восприятию анатомию блохи, тело вши, глаз мухи и жало пчелы, увеличенные до размеров целой страницы, а некоторые даже на складных вклейках. То, что даже простые существа имеют части тела и органы, как у нас, было не просто поразительным откровением миру, который никогда прежде не видел насекомых через увеличительное стекло, – это было прямое противоречие Аристотелеву мировоззрению, откровение, подобное Галилееву открытию холмов и долин на Луне – в точности как на Земле.

В год издания «Микрографии» Великая чума, убившая каждого седьмого лондонца, достигла апогея. На следующий год Лондон охватил Великий пожар. Но вопреки всему этому хаосу и страданиям люди читали книгу Гука, и она стала бестселлером. Знаменитый Сэмюэл Пипс, автор дневника о жизни лондонцев, чиновник морского ведомства и позднее – член Парламента, до того увлекся, что сидел до двух часов ночи и не мог оторваться, а затем назвал ее «самой поразительной книгой из всех, какие ему доводилось читать»[282].

*«Микрография» Гука*

Гук увлек новое поколение ученых, однако вызвал насмешки скептиков, которым оказалось трудно принять гротескные изображения, основанные на наблюдениях посредством прибора, которому они не доверяли. Худшее случилось, когда Гук, посещая сатирическую постановку, написанную английским драматургом Томасом Шедуэллом, пережил унижение, осознав, что на сцене прямо перед ним высмеивают в основном его же эксперименты[283]. Их взяли из его драгоценной книги.

Однако среди не сомневавшихся в выводах Гука был ученый-любитель по имени Антон ван Левенгук (1632–1723)[284]. Он родился в голландском Делфте. Его отец плел корзины, в которых по всему свету доставляли знаменитый сине-голубой делфтский фарфор, мать Левенгука происходила из семьи, занятой другим традиционно делфтским делом – пивоварением. В шестнадцать лет юный Антон поступил на работу кассиром и бухгалтером к торговцу тканями, а в 1654 году открыл собственное предприятие – торговлю тканями, лентами и пуговицами. Вскоре он добавит к этим занятиям еще одно, никак с исходными не связанное: станет хранителем городской ратуши Делфта.

Левенгук в колледже не учился и латыни, языка науки того времени, не знал. И хотя дожил до девяноста с лишним лет, из Нидерландов выезжал лишь дважды – один раз навещал Антверпен в Бельгии, и один раз – Англию. Но книги Левенгук читал, и бестселлер Гука вдохновил его не на шутку. Эта книга изменила его жизнь.

Введение к «Микрографии» объясняет, как соорудить простейший микроскоп, и торговец тканями Левенгук, вероятно, имел какой-то опыт в

вытачивании линз, поскольку они требовались для оценки образцов льна. Но по прочтении «Микрографии» он сделался фанатичным изготовителем этих волшебных стекол и посвящал многие часы созданию микроскопов и наблюдениям с их помощью.

В первых работах Левенгук попросту повторил эксперименты Гука, но вскоре превзошел его. Микроскопы Гука были для своего времени технически совершенными, и он поразил Королевское общество двадцати-пятидесятикратной увеличительной силой своих инструментов. Можно лишь вообразить всеобщее изумление, когда секретарь Общества Генри Ольденбург получил в 1673 году письмо, сообщившее, что необразованный хранитель ратуши и торговец тканями из Нидерландов «разработал микроскопы, намного превосходящие любые виденные доселе»[285]. Сорокаоднолетний Левенгук достиг в десять раз большего увеличения, чем удавалось Гуку.

Мощность микроскопам Левенгука придавала его искусность, а не хитроумный дизайн. Устроены они были просто, с одной-единственной линзой, выточенной из избранных кусков стекла или даже песчинок и оправленные в пластины, выполненные из золота или серебра, которые Левенгук в некоторых случаях извлекал из руды собственноручно. Как бы то ни было, голландский умелец ни с кем не делился своими секретами и в целом очень скрывал свои методы, поскольку, подобно Ньютону, желал избегнуть «возражений или осуждения от других». За свою долгую жизнь он произвел более пяти сотен линз, но никто по сей день не знает, как именно он их сделал.

Когда молва о достижениях Левенгука распространилась широко, английский и голландский флоты пуляли друг по другу из пушек – шли англо-голландские войны, но положение войны со страной, откуда происходил Левенгук, не остановило Ольденбурга: он призвал Левенгука сообщать об открытиях – и голландец не отказал. В своем первом письме Левенгук, смущенный вниманием знаменитого Королевского общества, извинился, что не объявил о недостатках своих трудов. Он писал, что его работа – «исключительно плод личного самостоятельного порыва и любопытства; кроме меня в моем городе нет философов, занятых этим искусством; молю вас, не судите меня за бедность языка и вольность, кою позволил я себе, записывая свои случайные соображения»[286].

Левенгуковы «соображения» оказались еще замечательнее, чем у Гука. Гук видел в подробностях части тела крошечных насекомых, а Левенгук рассматривал целиком существ гораздо мельче тех, что можно углядеть

невооруженным глазом, целые сообщества организмов, о чьем существовании никто прежде и не подозревал, в тысячу или даже в десять тысяч раз мельче самого маленького животного, доступного наблюдению. Он назвал их «анималкулами». Ныне мы именуем их микроорганизмами.

Галилей восторгался пейзажами на Луне и подсматривал за кольцами Сатурна, а Левенгук в той же мере наслаждался наблюдением в свои линзы новых миров, населенных странными крошечными существами. В одном своем письме он толковал о мире, существовавшем в капле воды: «Я увидел теперь впрямую, что там водятся крошечные угри, или черви, все сгрудились и шевелятся… вода словно кишела этими разнообразными анималкулами. Должен сказать, что, как по мне, не видал я ничего приятнее, чем тысячи этих живых тварей, обитающих в маленькой капле воды»[287].

Впрочем, Левенгук, время от времени докладывая о своих наблюдениях, подобно оку Божию, за целыми мирами, в некоторых письмах рассказывал об отдельных существах так, что можно было подробно описать многие новые виды. К примеру, он сообщил, что у одного существа «торчат два маленьких рожка, они постоянно движутся, подобно ушам лошади. [тело округлое], если не считать того, что в задней части оно сходится в точку; на этой задней оконечности имеется хвост»[288]. За пятьдесят лет Левенгук ни разу не посетил заседания Королевского общества, но написал ему сотни писем, и большая их часть сохранилась. Ольденбург велел их редактировать и переводить на английский или латынь, и Королевское общество их издавало.

Работа Левенгука стала сенсацией. Мир поразился, узнав, что каждая капля прудовой воды – вселенная, и целые классы жизни совершенно скрыты от наших чувств. Более того, когда Левенгук обратил свои микроскопы на ткани человеческого тела – клетки спермы или же кровеносные капилляры, – он помог обнаружить, как устроены мы сами и до чего это похоже на остальную жизнь, и сколько у нас общего с другими ее формами.

Как и Гуку, Левенгуку досталась своя мера скептиков, считавших, что он это все выдумывает. Он отбивался от них подписанными подтверждениями от почтенных свидетелей, публичных нотариусов и даже пастора прихода Делфта. Большинство ученых ему верили, и Гук даже смог повторить некоторые изыскания Левенгука. Слухи продолжали распространяться, и в лавку Левенгука начали наведываться посетители – с просьбой дать поглядеть на крошечное зверье. Карл II, основатель и

покровитель Королевского общества, попросил Гука показать ему Левенгуковы эксперименты, которые Гуку удалось воспроизвести, а Петр Великий навещал делфтца лично. Для хозяина лавки тканей – грех жаловаться.

В 1680 году Левенгука заочно избрали членом Королевского общества, и он продолжал трудиться вплоть до самой смерти – до девяносто одного года, то есть еще почти сорок лет. Ни одного охотника за микробами, сравнимого с ним по масштабу вклада в науку, не появилось еще полтора века.

Левенгук, умирая, попросил одного своего друга перевести два последних письма на латынь и переслать в Общество. Приготовил он и подарок: черный с золотом ящик со своими лучшими микроскопами – некоторые из них прежде никто не видел. Доныне уцелела лишь малая часть его микроскопов; в 2009 году один продали с аукциона за 312 000 фунтов стерлингов[289].

За свою долгую жизнь Левенгук помог определить многие грани науки, которая впоследствии станет биологией, – микробиологию, эмбриологию, энтомологию, гистологию, а один биолог XX века назвал послания Левенгука «важнейшей перепиской в истории научного сообщества»[290]. Не менее важно и другое: Левенгук – подобно Галилею в физике и Лавуазье в химии – участвовал в обустройстве научной традиции в своей дисциплине. Пастор Новой церкви в Делфте писал Королевскому обществу после смерти Левенгука, в 1723 году: «Антон ван Левенгук считал, что истину естественной философии можно плодотворнейше исследовать экспериментальным методом, укрепленным свидетельством чувств; по этой причине, прилежанием и неустанным трудом он произвел своими руками великолепнейшие линзы, с помощью коих открыл многие секреты Природы, ныне знаменитые во всем философском Мире»[291].

* * *

Гук и Левенгук – своего рода Галилеи биологии, а ее Ньютон – Чарлз Дарвин (1809–1882)[292]. Он и похоронен всего в нескольких футах от Ньютона, в Вестминстерском аббатстве, а в погребальной процессии шли два герцога и граф, а также бывший, тогдашний и будущий президенты Королевского общества. Хотя похороны Дарвина в аббатстве могут показаться кому-то неуместностью, «было бы неуместно, – сказал епископ

Карлайла на церемонии прощания, – если бы возникло что-либо, придающее вес или ценность глупому убеждению… что между знанием Природы и верой в Бога непременно есть противоречие»[293]. Это погребение стало достославным концом человеку, чье главное достижение поначалу встретило лишь зевки, а затем обильный яд и скептицизм.

Одним из не впечатленных оказался издатель самого Дарвина Джон Мюррей [Мёрри] – он согласился опубликовать книгу, в которой Дарвин развивает свою теорию, но начальный тираж определил всего в 1250 экземпляров. Мюррею хватало оснований для беспокойства: те, кто читал текст книги Дарвина до издания, восторга не выказывали. Один из первых обозревателей даже порекомендовал Мюррею не издавать ее совсем: книга, дескать, «несовершенное и посредственное изложение теории», – писал он. Тот обозреватель предложил, что пусть бы Дарвин написал книгу о голубях и включил в нее свою теорию, вкратце. «Голуби всем интересны, – рассуждал обозреватель. – Книга вскоре будет на каждом столе»[294]. Совет передали Дарвину, но тот его отклонил. Сам он, правда, тоже не был уверен в написанном. «Одному Богу известно, что подумает публика»[295], – отмечал он.

Дарвину не следовало волноваться. «Происхождение видов путем естественного отбора или сохранение благоприятных рас в борьбе за жизнь» станет для биологии «Принципами» Ньютона. Опубликованные 24 ноября 1859 года, все 1250 экземпляров тут же расхватали прыткие книготорговцы, и с тех пор книга непрерывно переиздается. (Впрочем, вопреки легендам, тираж в день выхода из печати распродан не был.) Утешительный прием для человека, наделенного пылом и терпением достаточными, чтобы двадцать лет собирать подтверждения своим мыслям, приложившего усилия столь монументальные, что всего один из многих побочных продуктов их – 684-страничная монография по морским желудям.

Предшественники Дарвина узнали множество наглядных особенностей форм жизни, от бактерий до млекопитающих, но не имели представления о более фундаментальной стороне дела: что именно привело биологические виды к этим особенностям? Подобно физикам до Ньютона или химикам до Периодической системы, до-дарвиновские биологи собирали данные, но не понимали, как они сочетаются друг с другом. Они и не могли: до Дарвина юную биологию сковывало убеждение, что происхождение и взаимосвязи между различными разновидностями живого не подлежат научному познанию – убеждение, происходившее из

буквального восприятия библейской истории творения, согласно которой Земля и вся жизнь на ней были созданы за шесть дней и с тех пор биологические виды никак не менялись.

Нельзя сказать, что мыслителей, раздумывавших над представлением об эволюции видов, не было – они существовали еще со времен древних греков, и в их же число входил дедушка самого Дарвина, Эразм Дарвин. Но до-дарвиновские эволюционные теории были смутны и ненамного более научны, нежели религиозное учение, которое они стремились заменить. В результате, хоть до Дарвина и ходили разговоры об эволюции, большинство людей, в том числе и ученых, считали, что люди венчают пирамиду более примитивных существ, чьи особенности постоянны и созданы творцом, а его замыслов мы никогда не постигнем.

Дарвин изменил положение дел. До него существовала некая поросль рассуждений об эволюции, а его теория вознеслась над нею величественным древом точной науки. На каждый довод и знак, выдвинутый его предшественниками, у него нашлось по сотне встречных. Еще важнее другое: он открыл механизм эволюции – естественный отбор, и этим сделал эволюционную теорию проверяемой и научно состоятельной; он освободил биологию от упования на Бога и позволил ей превратиться в подлинную науку, укорененную, как физика и химия, в физическом законе.

* * *

Чарлз родился в фамильном доме в Шрусбери, Англия, 12 февраля 1809 года, у городского врача Роберта Дарвина и Сюзанны Веджвуд, чей отец основал знаменитое фарфоровое производство. Дарвины были семейством состоятельным и прославленным, но Чарлз учился плохо и школу терпеть не мог. Позднее он писал, что у него негодная для зубрежки память и «никаких особых дарований». Это он себя явно недооценивал: он признавал, что имеет «великое любопытство на факты и их значение»[296] и «энергию ума, явленную в кипучей и продолжительной работе над одним и тем же предметом». Эти две черты для ученого – или любого новатора – конечно же, особые дарования, и послужили они Дарвину отменно.

Любопытство Дарвина и его целеустремленность прекрасно иллюстрирует случай, произошедший с ним в колледже в Кембридже, где он самозабвенно коллекционировал жуков. «Однажды, – писал он, – оторвав кусок старой коры, я увидел двух редких жуков и схватил по одному каждой рукой, потом увидел третьего и нового вида, и упустить его

я никак не мог и потому сунул того, что был у меня в правой руке, в рот»[297]. Лишь из юноши с таким нравом мог вырасти человек, которому достанет упорства составить 684-страничный труд о морских желудях (хотя незадолго до окончания этой работы он написал: «Ненавижу морских желудей – как никто прежде»[298]).

Чарлз искал свое призвание много лет. Его поиск начался осенью 1825 года, когда отец отправил его, шестнадцатилетнего, не в Кембридж, а в Университет Эдинбурга изучать медицину – как и сам он, и дед Чарлза в свое время. Оказалось, то было скверное решение.

Чарлз, во всяком случае, был брезглив, а в те времена хирургические операции сопровождались обильным кровопролитием и воплями пациентов, которых резали без благодати обезболивания. При этом брезгливость не помешала Чарлзу годы спустя в поисках подтверждения его теории эволюции резать собак и уток. Вероятно, его медицинская учеба была обречена просто из-за недостатка и интереса, и мотивации. Как Дарвин писал позднее, он уверился, что отец оставит ему достаточно собственности, «чтобы существовать с некоторым удобством», и это ожидание оказалось «достаточным, чтобы бросить любые настойчивые попытки изучать медицину»[299]. Вот так, весной 1827 года, Чарлз бросил Эдинбург, не заработав никакой ученой степени.

Вторая остановка – Кембридж. Отец заслал его туда с мыслью, что сын выучится теологии и двинется по клерикальной стезе. На сей раз Чарлз получил степень и достиг десятого места среди 178 выпускников. Его успехи удивили его самого, но они отражали, вероятно, возникшее в нем подлинное увлечение геологией и естественной историей – это очевидно из его коллекционирования жуков. И все же выходило, что его ждет жизнь, в которой науке будет отведено место хобби, не более, тогда как профессиональные усилия придется посвятить церкви. Однако, окончив учебу и вернувшись с пешей геологической экскурсии в Северном Уэльсе, Дарвин обнаружил письмо, предлагавшее другой вариант развития событий: возможность отправиться вокруг света на судне Его Величества «Бигл» под командованием капитана Роберта Фицроя.

Письмо прислал Джон Хенслоу, кембриджский профессор ботаники. Вопреки приличным оценкам, Дарвин мало кому в Кембридже казался выдающимся студентом, но Хенслоу все же усмотрел в нем потенциал. Он отмечал: «В этом юноше Дарвине главное – умение задавать вопросы»[300], – довольно пресный комплимент вроде бы, однако он означает, что, по мнению Хенслоу, в Дарвине жила душа ученого. Хенслоу

подружился с любознательным студентом, и когда его попросили порекомендовать молодого человека натуралистом в путешествие, он вспомнил о Дарвине.

Письмо Хенслоу Дарвину стало кульминацией целой череды маловероятных событий. Все началось с того, что предыдущий капитан «Бигла» Прингл Стоукс застрелился, пуля свое дело не сделала, но капитан помер от гангрены. Фицрой, первый помощник капитана Стоукса, привел корабль домой, но не мог не отметить, что подавленность Стоукса возникла из одиночества многолетнего морского странствия, в котором капитану запрещено было общение с командой. Дядя самого Фицроя вскрыл себе горло бритвой несколько лет спустя, и Фицрой, очевидно, понимал, что ему следует любой ценой избежать судьбы своего капитана. В итоге, когда двадцатишестилетнему Фицрою предложили занять место Стоукса, он решил, что ему нужен компаньон. В те времена задачи натуралиста выполнял судовой врач, но Фицрой решил объявить, что на судно требуется молодой «джентльмен-натуралист» аристократического положения – то есть, по сути, наемный друг капитану.

Дарвин оказался не первым кандидатом на эту роль – до него ее предлагали многим другим. Прими это предложение кто-нибудь до Дарвина, тот, вероятно, продолжил бы жить тихой церковной жизнью и никогда не разработал свою теорию эволюции – так же, как Ньютон никогда не завершил бы и не издал свою величайшую работу, не заскочи Галлей повидаться и спросить про закон обратных квадратов. Однако предложенная Фицроем должность никак не оплачивалась – деньги должны были поступить от последующих продаж собранных по пути образчиков живой природы, и никто из спрошенных не оказался готов провести годы в море на самофинансировании. В результате выбор пал на двадцатидвухлетнего Дарвина – ему предложили приключение и возможность не начинать работу, которая предполагала проповедь о создании Земли в ночь на 23 октября 4004 года до н. э. (как утверждал библейский анализ XVII века). Дарвин ухватился за этот шанс. Изменилась и его жизнь, и история науки.

«Бигл» отплыл в 1831 году и вернулся лишь в 1836-м. Плавание было не из легких. Дарвин жил и работал в крошечной каюте на полуюте, в самой тряской части судна. Его поселили с двумя другими членами экипажа, и все спали в гамаках, подвешенных над прокладочным столиком. «Пространства у меня – только развернуться и не более»[301], – писал он Хенслоу. Неудивительно, что его изнуряла морская болезнь. И хотя Дарвину удалось наладить какую-никакую дружбу с Фицроем – он был

единственным членом команды, кому дозволялось общение с капитаном, и они обычно вместе ужинали, – тем не менее, они часто ссорились, особенно на тему рабства, которое Дарвин не выносил, но постоянно наблюдал, когда сходил на берег на стоянках.

И все же неудобства путешествия блекли на фоне потрясающего воодушевления визитов на твердую почву. Дарвин участвовал в бразильском карнавале, наблюдал извержение вулкана близ чилийского Осорно, пережил землетрясение в Консепьсоне и побродил по тамошним развалинам, видел революции в Монтевидео и Лиме. И все это время собирал образцы жизни и окаменелости, упаковывал и отправлял в ящиках Хенслоу, в Англию, на хранение.

Дарвин позднее сочтет эту поездку главным событием, сформировавшим его жизнь, нрав и новое почтение к миру природы. Знаменитые прозрения об эволюции Дарвин, тем не менее, обрел *не* в поездке[302] – в пути он к принятию самого представления об эволюции даже не приблизился. Более того, вояж он завершил таким же, каким был и до него, – убежденным в авторитете Библии.

И все же планы на будущее у него поменялись. По окончании путешествия он написал двоюродному брату, трудившемуся на ниве церкви: «Твое положение превыше всякой зависти; я не дерзаю даже воображать столь счастливые грезы. Для человека, пригодного к церковной службе, жизнь священника… почтенна и счастлива»[303]. Вопреки этим словам поддержки Дарвин решил, что сам он для такой жизни не приспособлен, и избрал мир лондонской науки.

*** * ***

Вернувшись в Англию, Дарвин обнаружил, что его наблюдения, описанные в письмах профессору Хенслоу, привлекли некоторый научный интерес – в особенности о геологии. Вскоре Дарвин начал читать лекции в престижном Геологическом обществе Лондона по темам вроде «Связь некоторых вулканических явлений с образованием горных цепей и возвышением материков». Он был финансово независим – благодаря назначенной ему отцом стипендии в четыреста фунтов в год. По совпадению, ровно эту же сумму зарабатывал Ньютон, начав трудиться на Монетный двор, однако в 1830-х, согласно Британским национальным архивам, это было «всего лишь» в пять раз больше заработка среднего

ремесленника (хотя все еще достаточно для покупки, например, двадцати шести лошадей или семидесяти пяти коров). Эти деньги позволяли Дарвину заниматься превращением дневника странствий на «Бигле» в книгу и упорядочиванием множества собранных растительных и животных образцов. Именно этот опыт и изменил наши представления о природе жизни.

Поскольку Дарвина никакие великие озарения о биологии за время его плавания не посетили, он, вероятно, ожидал, что рассмотрение образцов, отправленных домой, приведет к созданию серьезного, но не революционного корпуса трудов. Однако вскоре начало казаться, что его исследования, возможно, более впечатляющи, нежели изначально думалось: Дарвин передал кое-какие образцы специалистам на анализ, и многие последовавшие результаты ошеломили его.

Одна группа окаменелостей, к примеру, предполагала «закон наследования» – вымерших южноамериканских млекопитающих заменили другие, подобные им. Из другого отчета, по галапагосским воробьинообразным, выходило, что их существует всего три вида, а не четыре, как он думал прежде, и что они характерны только для островов, так же, как и тамошние гигантские черепахи. (История о том, что с Дарвином случилась «эврика!», когда он отыскивал отличия в устройстве клювов воробьинообразных с разных островов Галапагосского архипелага, – апокриф[304]. Он действительно привез несколько экземпляров воробьинообразных, но орнитологии не был обучен и вообще-то неверно определил их как смесь вьюрков, крапивников, «крупноклювов» и дроздов – и не было никакой маркировки, с какого именно острова какая особь.)

Возможно, самым поразительным оказался ответ экспертов относительно образчиков нанду, или южноамериканского страуса, которых Дарвин и прочий экипаж готовили и ели, но молодой ученый успел осознать возможную значимость этой находки и отправил останки домой. Оказалось, что исследуемый образец принадлежит к другому биологическому виду, который, как и обыкновенный нанду, имел свою среду обитания, однако соперничал с обыкновенным нанду на пограничных территориях. Это противоречило расхожему мнению того времени: считалось, что каждый вид устроен оптимально для своей среды обитания и никаких неоднозначных территорий, на которых происходит соперничество с другими, сходными видами, быть не может.

Дарвин, разбираясь с этими противоречивыми результатами, мысленно эволюционировал в отношении роли Бога в сотворении мира. Сильное

влияние оказал на Дарвина Чарлз Бэббидж, занимавший, как прежде Ньютон, пост Лукасовского профессора математики в Кембридже, и известный прежде всего изобретением механического компьютера. Бэббидж устраивал вечера, на которых собирались разные вольнодумцы, и сам написал книгу, в которой предположил, что Бог действует посредством физических законов, а не как веление свыше или же чудо. Эта мысль, многообещающая основа для возможности сосуществования религии и науки, юному Дарвину понравилась.

Постепенно Дарвин пришел к убежденности, что биологические виды – не неизменные формы жизни, выдуманные Богом так, чтобы вписывались в некий великий замысел, – они скорее приспосабливались, чтобы вписаться в свою экологическую нишу. К лету 1837-го, через год после возвращения «Бигла» из плавания, Дарвин сделался неофитом эволюционных представлений, хотя все еще был далек от формулирования своей теории.

Вскоре Дарвин отказался и от мысли о превосходстве человека – вернее, от мысли, что какое-либо животное превосходит другое, и пришел к заключению, что всякий биологический вид изумителен и идеально – ну или почти идеально – приспособлен к своей среде обитания и роли в ней. Ничто из этого, по Дарвину, не отнимало у Бога его включенности: Дарвин считал, что Бог измыслил законы, управляющие воспроизведением так, чтобы виды со временем менялись и тем приспосабливались к изменениям среды.

Если Господь установил законы воспроизводства, позволявшие живым существам подходить своим условиям обитания, каковы они, эти законы? Ньютон постиг Божий замысел для физической Вселенной через математические законы движения, Дарвин так же – во всяком случае, поначалу, – искал механизм эволюции, полагая, что он объяснит замысел Бога в отношении живого мира.

Подобно Ньютону, Дарвин принялся исписывать тетрадь за тетрадью своими соображениями и мыслями. Он анализировал взаимоотношения между видами живого и окаменелостями, обнаруженными в поездке; он изучал обезьян – орангутанга и мартышек в Лондонском зоопарке, подмечал их человекоподобные эмоции; пригляделся к работе заводчиков голубей, собак и лошадей и задумался, сколь великое разнообразие особенностей можно получить путем «селекции», или искусственного отбора; масштабно осмыслял влияние эволюции на метафизические вопросы и человеческую психологию. И вот, примерно в сентябре 1838 года, Дарвин прочитал популярный «Очерк о законе народонаселения»

Томаса Р. Мальтуса [Малтаса]. Знакомство с этим текстом направило его мысли по пути открытия процесса, коим осуществляется эволюция.

Книгу Мальтус написал неприятную. Страдания, по его мнению, – естественная и неизбежная участь человечества, потому что рост населения неумолимо ведет к жестокому соперничеству за пищу и другие ресурсы. Из-за ограничений земельных угодий и производства, сообщал он, эти ресурсы могут нарастать лишь «арифметически», то есть в соответствии с численным рядом 1, 2, 3, 4, 5 и так далее, тогда как население нарастает с каждым поколением как последовательность 1, 2, 4, 8, 16 и так далее.

Ныне мы знаем, что один-единственный кальмар может за один брачный сезон отложить до трех тысяч яиц. Если бы каждое яйцо превращалось со временем в кальмара, способного к воспроизводству, на седьмом поколении объема кальмаров хватило бы, чтобы набить Землю наполовину, будь она полая, а всего за тринадцать поколений одними яйцами можно было бы заполнить всю видимую Вселенную.

У Дарвина этих сведений не было, и с математикой он был не в ладах, но понимал достаточно, чтобы осознать: сценарий Мальтуса не реализуется. Напротив, рассуждал он, из громадного числа яиц и потомства, производимого природой, в состязании на выживание уцелевают лишь немногие – обычно те, кто лучше приспособлен. Он назвал этот процесс естественным отбором, чтобы подчеркнуть сравнение с искусственным отбором, осуществляемым заводчиками.

Позднее, в автобиографии, Дарвин описал свое озарение: «Меня вдруг поразило, что в заданных обстоятельствах благоприятные вариации сохраняются, а неблагоприятные уничтожаются»[305]. Однако свежие идеи редко приходят в голову первооткрывателю ни с того, ни с сего, сразу опрятными и продуманными, и слова Дарвина, похоже, – искажение, привнесенное позднейшим осмыслением. Из записных книжек, которые он вел в то время, ясно иное: поначалу он лишь учуял след мысли, а затем на осознание, достаточно отчетливое, чтобы его записать, потребовалось несколько лет.

Одна из причин, отчего представлению о естественном отборе нужно было для развития несколько лет, – в том, что Дарвин понял: прополка неприспособленных особей в каждом поколении может закрепить определенные особенности, но не создаст нового вида, то есть особей настолько отличных от исходных, что они даже не смогут скрещиваться и производить способное к размножению потомство. Чтобы это случилось, закреплению существующих черт должно сопутствовать появление новых. А такое, пришел к выводу Дарвин, происходит по чистой случайности.

Цвет клюва у зебровых амадин, к примеру, обычно варьирует от бледно– до темно-красного. Тщательным скрещиванием можно развести популяцию с каким угодно в этом диапазоне оттенком клюва, но зебровая амадина с новым цветом клюва – допустим, синим, – может возникнуть лишь в процессе того, что мы ныне зовем мутацией, то есть случайным изменением в структуре гена, приводящим к появлению нового, производного вида организма.

Вот теперь-то теория Дарвина обрела стройность. Случайное варьирование и естественный отбор творят отдельных особей с новыми чертами, и благоприятным чертам дают большие возможности распространиться. В результате, точно так же, как у селекционеров получаются животные и растения с нужными особенностями, природа создает виды живого, хорошо приспособленные к их среде обитания.

Осознание того, что случайность играет в эволюции свою роль, – важная веха в развитии науки: открытый Дарвином механизм затруднил примирение между эволюцией и любой состоятельной идеей о божественном замысле. Разумеется, понятие эволюции само по себе противоречит библейской истории творения, но именно теория Дарвина пошла еще дальше – она затруднила рационализацию Аристотелевых и традиционных христианских взглядов, подразумевающих что события развиваются с некоторой целью, а не по безучастным физическим законам. В этом отношении Дарвин сделал с нашим пониманием живого мира то же, что Галилей и Ньютон – с нашими взглядами на мир неодушевленный: он отсек науку и от религиозного мышления, и от древнегреческой традиции.

* * *

Дарвин, как Галилей и Ньютон, был человеком верующим, и потому его теория ввела его самого в противоречие с собственной системой верований. Он пытался избежать этого столкновения, принимая и теологические, и научные взгляды в соответствующих контекстах, нежели деятельно пытаясь их примирить.

*Энни Дарвин (1841–1851)*

Но нацело обойти это затруднение он не мог: в январе 1839 года женился на своей двоюродной сестре Эмме Веджвуд, приверженной христианке, и ей его взгляды не понравились. «Когда я умру, – однажды писал он ей, – знай, что я много раз… скорбел об этом»[306]. Вопреки различиям связь их была сильна, и они прожили всю жизнь преданной друг другу парой и родили десятерых детей.

Хотя много чего было написано о примирении эволюции с христианством, именно случившаяся через много лет смерть второго ребенка Дарвина, десятилетней Энни[307], окончательно разрушила веру Дарвина в христианство. Причина смерти Энни до сих пор неясна, однако, умирая, она неделю промучилась жаром и жестоким расстройством пищеварения. Дарвин писал: «Мы утратили радость Дома, утешение наших преклонных лет: она знала наверняка, до чего сильно мы любили ее; о, теперь-то она точно поняла бы, как глубоко, как нежно мы по-прежнему любим ее и будем любить вечно ее милое радостное лицо»[308].

Первый ребенок у Дарвинов родился в 1839 году. К тому времени Дарвину исполнилось всего тридцать, а он уже страдал мучительными припадками неведомой (доныне) загадочной болезни. Остаток его дней радость от семейной жизни и научных трудов перемежалась частыми вспышками болезненной немощи, коя, бывало, месяцами не давала ему работать.

Симптомы Дарвина указывали на все сразу, как библейские напасти:

колики, рвота, метеоризм, головные боли, сердцебиение, дрожь, истерические рыдания, звон в ушах, усталость, тревожность, подавленность. Попытки лечиться – некоторые отчаявшийся Дарвин предпринял вопреки здравому смыслу – были столь же разнообразны: энергичное растирание холодными мокрыми полотенцами, ножные ванны, натирания льдом, ледяные души, причудливая электротерапия с применением шока, гомеопатические лекарства и, конечно, викторианское обязательное – висмут. Ничто не помогало. Вот так человек, в двадцать лет бывший лихим путешественником, превратился к тридцати годам в болезненного инвалида-отшельника.

Новорожденный ребенок, работа и болезнь подтолкнули Дарвина к большему затворничеству, он оставил вечеринки и старые дружеские круги. Дни Дарвина сделались тихи и однообразны, похожи друг на друга «как две горошины»[309]. В июне 1842 года Дарвин наконец закончил тридцатипятистраничный синопсис эволюционной теории, а в сентябре того же года уговорил отца одолжить ему денег на покупку пятнадцатиакрового участка в Дауне, Кент, в приходе с четырьмястами обитателями, в шестнадцати милях от Лондона. Дарвин именовал это место «предельным краем света»[310]. Его жизнь там складывалась как у благополучного приходского священника, каким он когда-то собирался стать, и к февралю 1844 года Дарвин, воспользовавшись тишиной и уединением, расширил свой труд до 231-страничной рукописи.

Дарвинова рукопись – научное завещание, а не работа, коей предполагалось немедленное издание. Он доверил ее Эмме, с письмом, что рукопись следует прочесть в случае его «внезапной смерти», что, ввиду его болезни и по его опасениям, могло случиться очень скоро. В письме сообщалось, что такова его «официальная последняя просьба»[311]: после его кончины предать рукопись обнародованию. «Если будет признана даже одним компетентным судящим, – писал Дарвин, – она станет значительным шагом в науке»[312].

У Дарвина были веские основания не желать прижизненной публикации своих взглядов. Он заработал звездную репутацию в высочайших кругах научного сообщества, но его новые воззрения – однозначный повод для критики. Более того, у него, помимо жены, было немало друзей-священников, поддерживавших креационистские взгляды.

Дарвиновы поводы откладывать издание подкрепились событиями осени того года, когда анонимно вышла книга «Пережитки естественной истории творения»[313]. Книга не предъявляла крепкой теории эволюции,

однако объединила несколько научных представлений, включая и трансмутацию биологических видов, и стала международным бестселлером. Религиозная верхушка, однако, восстала против неведомого автора. Один обозреватель, к примеру, обвинил его в «отравлении основ науки и подрыве устоев религии»[314].

Кое-кто и из научного сообщества оказался ненамного мягче. Ученые всегда были публикой непростой. Даже сегодня, со всей легкостью общения и путешествия, благодаря которым сотрудничество и взаимное содействие сделалось проще, чем когда-либо, представление новых взглядов может подвести вас под жестокие нападки: помимо страсти к своему предмету и воззрениям, ученые иногда демонстрируют пылкое сопротивление работам, которые считают ошибочными – или же просто неинтересными. Если лекция ученого гостя о его трудах на научном семинаре оказывалась недостойной внимания, один мой знакомый знаменитый ученый доставал газету, распахивал ее и принимался читать, недвусмысленно выказывая скуку. Другой известный ученый, любивший усаживаться в первых рядах, мог встать посреди лекции, объявить о своем несогласии и выйти вон. Но самую интересную выходку я наблюдал от третьего большого ученого, человека, лично знавшего не одно поколение физиков, поскольку он разработал стандартный вузовский экзамен по электромагнетизму.

Этот профессор уселся в первом ряду семинарской комнаты, в которой рядов-то всего десяток, поднял свой пенопластовый стаканчик высоко над головой и слегка поворачивал его влево-вправо, чтобы все, кто сидит за ним, – но не растерянный докладчик – увидели надпись на стаканчике, большими печатными буквами: «ЭТА ЛЕКЦИЯ – Х*РНЯ!» И затем, внеся таким манером свой вклад в дискуссию, встал и вышел вон. Любопытно, что лекция посвящалась теме «Спектроскопия очарованных частиц и античастиц». Хотя слово «очарованный» в этом контексте – понятие техническое и не связано с его повседневным значением, думаю, справедливо будет сказать, что помянутый профессор явно «анти-очаровывал» окружающих. Однако, если вот так принимают спорные соображения в такой мудреной области науки, можно лишь вообразить свирепость, выказываемую «большим идеям», ставящим под сомнение привычные истины.

Дело вот в чем: да, все носятся с противостоянием поборников религии новым веяниям в науке, однако есть сильная традиция противостояния и в среде самих ученых. Обычно это полезно, поскольку если мысль ошибочна, скептицизм ученых помогает уберечь эту область

знания от движения в тупик. Более того, если предъявить подходящие доказательства, ученые прежде всех готовы менять свои взгляды и принимать диковинные новые воззрения.

И все же меняться трудно всем, а маститые ученые, посвятившие себя развитию того или иного образа мыслей, иногда откликаются на противоречащие представления вполне отрицательно. И потому предлагать поразительные новые научные теории – риск подставиться нападкам за неосведомленность, заблуждения или прямо-таки глупость. Полностью надежных способов протолкнуть нововведение не очень-то много, а вот угробить его просто – не защитить от противоречия устоявшимся взглядам. Тем не менее, именно в таких условиях приходится осуществлять революционные шаги.

В случае эволюции Дарвину было много чего опасаться, что стало ясно, к примеру, из отклика на «Пережитки» друга Дарвина Адама Седжвика [Эдама Седжуика], почтенного кембриджского профессора, преподававшего у Дарвина геологию. Седжвик назвал «Пережитки» «мерзкой книгой»[315] и написал разгромный восьмидесятипятистраничный отзыв. Прежде чем подставляться под такую критику, Дарвин накопил гору весомых доказательств в поддержку своей теории. Эти старания заняли его на следующие пятнадцать лет, но в итоге именно благодаря им теория обрела успех.

* * *

За 1840-1850-е годы в семье Дарвинов прибыло. Отец Чарлза умер в 1848 году, оставив значительную сумму, на которую полагался Дарвин-младший, еще учась медицине, – вышло около пятидесяти тысяч фунтов, по современным деньгам – миллионы долларов. Дарвин вкладывал деньги с умом и сделался очень богат, так что заботиться о большой семье не составляло труда. Но беды с желудком продолжали донимать его, и он еще более ушел в затворничество, пропустив по болезни даже похороны отца.

Все это время Дарвин продолжал развивать свои представления. Он исследовал животных и ставил на них эксперименты – изучал, например, голубей, о которых ему потом предложит написать коллега, или, опять же, вспомним морских желудей. Ставил он опыты и на растениях. В одной серии исследований он проверял всеобщее убеждение, что жизнеспособные семена не могут долетать до далеких островов в океане. Он взялся проверять это мнение с разных сторон: пробовал проращивать

садовые семена, много недель выдержанные в рассоле (имитация морской воды); высматривал, не прилипают ли семена к ногам птиц, искал их в помете; скармливал набитых семенами воробьев сове и орлу в Лондонском зоопарке, а затем изучал их помет. Все его исследования приводили к одному и тому же выводу: семена, оказывается, куда более живучи и подвижны, чем люди привыкли думать.

Немало времени Дарвин посвятил и вопросу многообразия: почему естественный отбор так сильно приумножает число биологических видов? Отвечая на этот вопрос, он вдохновлялся работами экономистов того времени, толковавших о разделении труда. Адам Смит показал, что люди гораздо продуктивнее, если занимаются неким одним видом деятельности, а не пытаются создать с нуля все изделие целиком. Это навело Дарвина на мысль, что тот или иной участок земли может прокормить больше живности, если его обитатели крайне специализированно эксплуатируют разные природные ресурсы.

Дарвин предполагал, что, если его теория верна, он обнаружит большее видовое многообразие в местах с сильным соперничеством за ограниченные ресурсы и искал свидетельства, подтверждающие или опровергающие это предположение. Такой способ мышления был характерен для дарвиновского новаторского подхода к эволюции: другие натуралисты искали подтверждения эволюции во временном развитии фамильных древ, соединяющих окаменелые останки жизни и жизнь нынешнюю, а Дарвин – в распределении видов и взаимоотношениях между ними в настоящем времени.

Чтобы разобраться с природными данными, Дарвину потребовалось общаться с другими естествоиспытателями. Даже пребывая в физическом уединении, он призвал на помощь многих и, подобно Ньютону, зависел от почтовой службы – в особенности от новой и дешевой программы «почта за пенни», помогшей ему выстроить беспрецедентную сеть натуралистов, селекционеров и других корреспондентов, поставлявших ему данные о мутациях и наследственности. Такие вот обмены на расстоянии позволили Дарвину сверить свои соображения с практическим опытом, не подвергая насмешкам подлинную цель его работы. Переписка также позволила ему постепенно вычленить тех своих коллег, кто мог бы отнестись к его взглядам с пониманием – и позднее поделиться с этой избранной группой оригинальными воззрениями.

В 1856 году Дарвин в подробностях доверил свою теорию узкому кругу друзей. В этот круг вошли Чарлз Лайель [Лайэлл], выдающийся геолог того времени, и биолог Томас Г. Гексли [Х. Хаксли], ведущий

сравнительный анатом мирового значения. Эти доверенные люди, в особенности Лайель, поддержали замысел об издании – пока кто-нибудь его не опередил. Дарвину к тому времени исполнилось сорок семь, над своей теорией он трудился восемнадцать лет.

В мае 1856 года Дарвин взялся за техническое изложение, адресованное коллегам. Он решил назвать его «Естественный отбор». К марту 1858-го книга была готова на две трети и насчитывала 250 000 слов. В июне того же года Дарвин получил по почте рукопись и сопроводительное письмо от одного знакомого, трудившегося на Дальнем Востоке, – Алфреда Рассела Уоллеса.

Уоллес знал, что Дарвин работает над теорией эволюции, и надеялся, что тот согласится передать Лайелю рукопись работы, в которой описывались соображения по теории естественного отбора, к которым Уоллес пришел независимо от Дарвина. Как и теория Дарвина, Уоллесовы предположения родились из взглядов Мальтуса о перенаселении.

Дарвин запаниковал. Худшее, о чем предостерегали его друзья, того и гляди воплотится: другой натуралист воспроизвел важнейший аспект его работы.

Ньютон, услышав заявления о чьей-то проделанной работе, похожей на его, делался противным, но Дарвин был другим человеком. Он в сложившейся ситуации маялся и, получалось, оказался в безвыходном положении. Можно было похоронить свою работу, можно было ринуться ее печатать, но оба варианта представлялись безнравственными. Или же помочь Уоллесу напечататься и отказаться от притязаний на работу всей своей жизни.

18 июня 1858 года Дарвин отправил Лайелю рукопись и сопроводил ее письмом:

*[Уоллес] нынче прислал мне приложенное и попросил передать вам. На мой взгляд, это достойно прочтения. Ваши предупреждения воплотились с лихвой – что меня опередят… Никогда не видывал я такого поразительного совпадения; даже будь у Уоллеса набросок моей рукописи 1842 года, он не смог бы сделать конспекта лучше! Даже его понятия вполне годятся в заголовки моим главам. Пожалуйста, верните мне [рукопись], хоть он и не говорит, что желает издания, но я, конечно, должен немедля написать ему и предложить разослать по любым журналам. Что ж, вся моя самобытность, какой ни была бы, окажется сокрушена, хотя книга моя, если есть в ней какая-то ценность, от этого не пострадает, поскольку весь труд посвящен применению теории.*

*Надеюсь, вам понравится набросок Уоллеса, и я смогу передать ему ваши слова*[316].

* * *

Как оказалось, вопрос о том, кому припишут заслуги создания теории, упирался в замечание Дарвина о ценности его книги, заключенной в прикладных подробностях. Уоллес не только не произвел исчерпывающего исследования свидетельств в пользу естественного отбора, в отличие от Дарвина, – он не смог и повторить Дарвинов доскональный анализ, как вариации могут достигать такого масштаба, чтобы порождать новые виды, а не просто «разновидности», которые мы ныне именуем подвидами.

Лайель ответил компромиссом: он и еще один близкий друг Дарвина, ботаник Джозеф Дальтон Гукер [Долтон Хукер], зачитают и работу Уоллеса, и тезисы воззрений Дарвина на заседании почтенного Линнеевского общества в Лондоне, и оба текста будут одновременно изданы в «Трудах» Общества. Дарвин маялся со своей работой, и по времени все складывалось неудачнее некуда. Сам он страдал все теми же своими хворями, недавно скончался его старый друг биолог Роберт Броун [Браун], а к тому же его десятый, младший сын Чарлз Уоринг Дарвин, всего одиннадцати месяцев отроду, тяжко болел скарлатиной.

Дарвин предоставил Лайелю и Гукеру действовать на их усмотрение, и 1 июля 1858 года секретарь Линнеевского Лондонского общества зачитал работы Дарвина и Уоллеса перед тридцатью одним ученым коллегой. Чтения не вызвали ни освистания, ни аплодисментов, а лишь каменное молчание. Далее последовали чтения еще шести других ученых работ, и, если кто-нибудь в аудитории еще бодрствовал при чтении первых пяти, он, вероятно, дотерпел и до последнего – пространного труда, посвященного растительности Анголы.

Ни Уоллеса, ни Дарвина на заседании не было. Уоллес все еще находился на Дальнем Востоке и о происходящем в Лондоне не знал. Когда его впоследствии уведомили, он великодушно согласился, что решение было справедливым, и в будущем всегда относился к Дарвину с уважением и даже сердечностью. Дарвин в то время хворал и потому до заседания не добрался бы в любом случае, но вышло так, что они с женой Эммой, пока шло заседание, хоронили на приходском кладбище своего второго почившего ребенка, Чарлза Уоринга.

Представлением Линнеевскому обществу, через двадцать лет тяжкого

труда сбора и подкрепления теории, Дарвин наконец явил ее публике. Немедленный отклик получился, мягко говоря, более чем невыразительный. Никто из присутствовавших не уловил значимости услышанного – лучше всего это подтверждает комментарий президента Общества Томаса Белла, пожаловавшегося[317] на выходе из зала заседаний, как он это сформулирует позднее, что тот год «не был отмечен ни одним из тех поразительных открытий, какие сразу перевернут, так сказать, [нашу] область науки».

После представления в Линнеевском обществе Дарвин взялся за дело споро. Менее чем за год он переработал «Естественный отбор» в свой шедевр – «Происхождение видов». Книга вышла короче и ориентировалась на широкую публику. Он завершил рукопись в апреле 1859 года. К тому времени он совершенно умаялся и был, по его словам, «слаб, как дитя»[318].

Ни на миг не забывая о необходимости питать общественное мнение так, чтобы оно склонилось в его пользу, Дарвин договорился со своим издателем Мюрреем раздарить великое множество экземпляров книги, и лично отправил многим респондентам самоуничижительные письма. Однако в самой книге Дарвин постарался допустить как можно меньше теологических противоречий. Он рассуждал, что правящий миром закон природы выше сомнительных чудес, однако все еще веровал в далекое божество и в «Происхождении видов» сделал все, чтобы создать впечатление, будто его теория – не шаг к атеизму. Напротив, он надеялся показать, что природа находится на службе у некого отсроченного блага живых существ – что она ведет биологические виды к прогрессу, к умственному и физическому «совершенству» в соответствии с замыслом благого творца.

«Есть величие в таком мировоззрении… – писал он, – изначально жизнь вдохнули в немногие формы – или же в одну. а покуда, в соответствии с незыблемым законом тяготения, вращалась эта планета, от столь простого начала развились и продолжают развиваться безмерные множества форм – прекраснейших, чудеснейших»[319].

*Дарвин в 1830-х, 1850-х и 1870-х годах*

*** * ***

Совсем не молчанием встретила публика «Происхождение видов». Старый наставник Дарвина по Кембриджу профессор Седжвик писал, к примеру: «Я прочитал вашу работу с болью, нежели с удовольствием… некоторые части читал я совершенно в печали, поскольку считаю их глубоко ложными и сокрушительно лукавыми»[320].

И все же «Происхождение видов» – сильная и подкрепленная доказательствами теория да во времена помягче, и потому такого негодования, как «Пережитки», она не вызвала. За десять лет после публикации споры между учеными в основном затихли, а к смерти Дарвина, еще десятью годами позже, эволюционная теория сделалась практически повсеместно принятой и главенствующей темой викторианской мысли.

Дарвин уже был почтенным ученым, однако с изданием этой книги стал, подобно Ньютону после «Принципов», фигурой публичной. Его

осыпали международным признанием и наградами. Он получил престижную Медаль Копли от Королевского общества; ему предложили звание почетного доктора и Оксфорд, и Кембридж; король Пруссии наградил его Орденом за Заслуги; его выбрали членом-корреспондентом и Императорской академии наук в Санкт-Петербурге, и Французской академии наук; он стал почетным членом Московского Императорского общества натуралистов, а также Южноамериканского миссионерского общества Церкви Англии.

Подобно Ньютонову, влияние Дарвина распространилось гораздо шире его научных теорий, и научная мысль сменила направление даже в областях, совершенно не связанных с живой природой. Как писало одно сообщество историков, «дарвинизм во всем сделался синонимом натурализма, материализма, или же эволюционной философии. Он поддерживает состязательность и сотрудничество, освобождение и соподчинение, прогресс и пессимизм, войну и мир. Его политика может быть либеральной, социалистской или же консервативной, а религия – атеизм или же ортодоксия»[321].

С точки зрения науки, впрочем, работа Дарвина, как и Ньютона, лишь началась. Его теория предлагала фундаментальный принцип, по которому меняются со временем признаки видов, отзываясь на воздействие окружающей среды, но ученые-современники по-прежнему блуждали впотьмах – не понимали механики наследственности.

Волею судеб, как раз когда работа Дарвина была представлена Линнеевскому обществу, у Грегора Менделя (1822–1884)[322], ученого и послушника монастыря в Брно (ныне территория Чешской Республики), полным ходом шла восьмилетняя программа экспериментов, с помощью которых можно было бы предположить механизм наследования – по крайней мере, умозрительно. Мендель допустил, что простые особенности определяются двумя генами – по одному от каждого родителя. Но труды Менделя добирались к известности медленно, и Дарвин о них так никогда и не узнал.

В любом случае, понимание материального воплощения механизмов Менделя потребовало достижений физики XX века, особенно квантовой теории и ее плодов – например, рентгеновского дифрактометра, электронного микроскопа и транзисторов, на основе которых получилось создать цифровой компьютер. Эти технологии постепенно явили нам устройство молекулы ДНК и генома и позволили изучать генетику на молекулярном уровне, и с тех пор ученые наконец начали осознавать, что

вообще к чему в наследственности и эволюции.

Но и это, тем не менее, лишь начало. Биология стремится понять жизнь во всех ее слоях, до самого основания структур и биохимических реакций внутри клетки, то есть свойства жизни, кои суть прямейший результат генетической информации, которая в нас заложена. Великая цель, не больше, не меньше, – воссоздание жизни, но она, несомненно, как и единая теория всего для физиков, – в далеком будущем. Но как бы хорошо мы ни понимали механизмы жизни, главный организующий принцип биологии – теория эволюции – возможно, навсегда останется озарением XIX века.

Сам Дарвин не был идеально приспособленной особью, но все же дожил до преклонных лет. В поздние годы его хронические болезни слегка отпустили его, хотя развилась непреходящая усталость. Тем не менее, он трудился до самого конца и издал свою последнюю работу «Образование растительного слоя земли деятельностью дождевых червей»[323] в 1881 году. В тот же год Дарвина после физических нагрузок начали мучить боли в груди, а ближе к Рождеству у него случился сердечный приступ. Следующей весной, 18 апреля, произошел второй приступ, и Дарвина едва вернули в чувства. Он пробормотал, что умирать не боится, и через несколько часов, около четырех утра следующего дня, скончался. Ему было семьдесят три. В одном из своих последних писем, адресованных Уоллесу, он сообщил: «У меня для счастья и удовлетворения есть все, но жизнь сделалась очень утомительной»[324].

# Часть III
# За пределами человеческих чувств

*Сейчас настало изумительное время: все, что мы почитали знанием, лопнуло, точно мыльный пузырь.*

*Том Стоппард, «Аркадия», 1993*[325]

# Глава 10
# Пределы человеческого опыта

Два миллиона лет назад мы, люди, совершили первый новаторский прорыв – поняли, как превращать камень в режущий инструмент. То был наш первый опыт приспособления природы под свои нужды, и практически нет второго открытия за всю историю, равного по величию озарения или приведшего бы к более масштабным переменам в нашей жизни. Но сто лет назад все же было сделано открытие, равное по мощи и значимости. Как и применение камня, оно касалось кое-чего столь же вездесущего, такого, что было у нас прямо перед глазами, хоть и незримо для них, от начала времен. Я говорю об атоме – и о диковинных квантовых законах, которые им правят.

Теория атома, очевидно, – ключ к пониманию химии, но прозрения, сопровождавшие изучение атомного мира, перевернули и физику с биологией. Ученые, постигнув устройство атома и взявшись разбираться в его законах, обрели видение, преобразившее общество, и пролили свет на предметы в диапазоне от фундаментальных сил и частиц природы до структуры ДНК и биохимии жизни, попутно породив новые технологические приемы, придавшие форму современной жизни.

Принято говорить о технологической революции, компьютерной революции, информационной революции и ядерном веке, однако в конечном счете все сводится к одному: превращению атома в инструмент. Ныне наша способность манипулировать атомами такова, что нам доступно что угодно – от телевидения до оптоволоконных кабелей, проводящих сигнал к телеэкрану, от телефонов до компьютеров, от интернет-технологий до приборов МРТ. Мы применяем наше знание атома даже в освещении: наши флуоресцентные лампы, к примеру, испускают свет, потому что электроны в атомах переходят в возбужденное состояние под действием электрического тока, а затем совершают «квантовый скачок» к более низким энергетическим состояниям. В наши дни даже самые будничные приспособления – духовки, часы, термостаты – содержат комплектующие, которые удалось создать лишь благодаря пониманию квантовой природы атома.

Великая революция, приведшая нас к пониманию устройства атома и квантовых законов атомного мира, произошла в начале XX века. За годы до этого было замечено: то, что мы сегодня именуем «классической физикой»

(физикой, основанной на Ньютоновых законах движения, а не на квантовых), не может объяснить явление, именуемое «излучением абсолютно черного тела», которое, как нам теперь известно, можно растолковать, только зная квантовые свойства атома. Эта отдельная немощь теории Ньютона в глаза бросилась не сразу. Наоборот – считалось, что физики просто не понимают, как именно применить Ньютонову физику к этой задаче, а когда поймут, излучение абсолютно черного тела станет ясно в пределах классической теории. Но физики постепенно открыли и другие атомные явления, которые тоже не получалось объяснить с позиций Ньютоновой физики, и в конце концов стало ясно, что от большей части Ньютоновых взглядов придется отказаться – так же, как перед этим вышло с Аристотелем.

Квантовая революция – это двадцать лет борьбы. То, что этот переворот осуществился всего за пару десятилетий, а не за века и эпохи, – заслуга несопоставимо большего числа ученых, трудившихся над решением этой задачи, а не показатель того, что это новое мировоззрение было так просто принять. Вообще-то новая философия, лежащая в основании квантовой теории, – кое-где до сих пор тема оживленных дискуссий. Ибо картина мира, возникшая за те двадцать лет, – ересь для всех, кто, подобно Эйнштейну, презирает роль случайности в исходе событий или верит в обычные законы причины и следствия.

*** * ***

Заковыристой темой причинности в квантовой вселенной не занимались вплоть до самого конца квантовой революции, и до этого мы еще доберемся. Но был и другой вопрос – из тех, что одновременно и философские, и практические, – он издавна сбивал с толку: атомы слишком малы[326], их не разглядеть и даже не измерить по одиночке – ученые до второй половины XX века даже «фотокарточку» молекулы-то не видали. И потому в веке XIX-м любая экспериментальная работа, связанная с атомами, сводилась лишь к описанию явлений, обусловленных поведением колоссального количества этих малюсеньких невидимых предметов. Имеет ли смысл вообще считать незримые предметы существующими в действительности?

Вопреки работе Дальтона, посвященной атому, мало кто из ученых так думал. Даже химики, применявшие понятие атома из-за того, что с ним делались понятнее явления, которые можно было наблюдать и измерять,

склонны были рассматривать его просто как рабочую гипотезу: химические реакции протекают так, будто при этом происходит перетасовывание атомов, входящих в состав веществ. Другие считали атомы понятием скорее философским, нежели научным, и стремились отказаться от него вообще. Немецкий химик Вильгельм Фридрих Оствальд говорил: атомы – «гипотетические фигуры, не ведущие ни к каким доказуемым заключениям»[327].

Нерешительность эта объяснима: пути науки и философии за века разошлись в точности на том, должны ли представления о природе быть поддержаны экспериментом и наблюдением. Настаивая на проверяемости как критерии принятия какой бы то ни было гипотезы, ученые смогли отрясти старые убеждения либо как не проверяемые, либо, как случилось со многими теориями Аристотеля, неверными. Их место заняли математические законы, позволявшие получать точные количественные прогнозы исходов наблюдаемых процессов.

Существование атомов впрямую доказать было нельзя, однако гипотеза об их существовании приводила-таки к проверяемым на практике законам, и законы эти, как подтвердилось, верны – к примеру, представление об атоме можно применять при выводе математической взаимосвязи между температурой и давлением в газах. Что же об этом атоме думать вообще? Вот каков был мета-вопрос эпохи. Ответ оставался неясным, а потому бо́льшую часть XIX века атом существовал себе призрачным духом за плечами у физиков, неуловимостью, шептавшей им в уши тайны природы.

Вопрос об атоме получил в конце концов ответ настолько мощный, что ныне вопроса-то никакого и нет: мы знаем, что, если науке потребен прогресс, ей придется переместить фокус внимания за пределы прямого чувственного опыта. В начале XXI века наше принятие незримого мира зашло настолько далеко, что от открытия знаменитой «частицы Хиггса» [Хиггза] никто и не поморщился, хотя никто не только в глаза никакой частицы Хиггса не видывал, но и не наблюдал осязаемых результатов взаимодействия частиц Хиггса с каким-нибудь прибором, который мог бы сделать их зримыми косвенно, как флуоресцентный экран делает «зримыми» электроны, когда светится от их ударов.

Подтверждение существования частиц Хиггса – сугубо математическое, оно выводится из определенных численных экспериментальных данных. Эти данные, характеризующие радиоактивное излучение, были сняты с обломков более трехсот триллионов столкновений протонов друг с другом, а затем проанализированы статистически намного

позднее самих событий с применением двух сотен вычислительных центров в трех десятках стран. Именно это имеет в виду физик, когда говорит: «Мы видели частицу Хиггса».

*Физические лаборатории, где изучают элементарные частицы, в 1926 году и в наши дни (расположение кольца ускорителя протяженностью в семнадцать миль, заглубленного на несколько сот футов под землю, показано белой окружностью)*

Подобное «наблюдение» Хиггсовых и других субатомных частиц сделало прежде незримый атом больше похожим на целую непустую вселенную, и в каждой капле воды – миллиарды миллиардов таких вселенных, крошечных миров не просто для нас незримых, а отделенных на несколько порядков от непосредственного наблюдения. Бросьте пытаться объяснить теорию бозона Хиггса физику XIX века – замучаетесь растолковывать, что вы имеете в виду, говоря, что «видели» бозон.

Новый способ наблюдения, не связанный с человеческим чувственным опытом, предъявил ученым новые требования. Наука Ньютона основывалась на том, что по силам воспринять органами чувств, ну, может, при помощи микроскопа или телескопа, но все же к прибору приставляли человеческое око. Наука XX века осталась приверженной наблюдению, но

приняла куда более широкое определение «зрения» – оно теперь включило в себя и косвенные статистические данные вроде тех, из каких сделали вывод о существовании частиц Хиггса. Из-за этого нового отношения к значению слова «видеть» физикам XX века пришлось развить умозрительные представления, соответствующие теориям, которые опираются на авангардные понятия вроде кванта, – понятия куда более далекие от границ человеческого опыта и укорененные в абстрактной математике.

Новый подход к занятиям физикой проявился в разделении труда между физиками. Усиливающаяся роль причудливой математики в физической теории, с одной стороны, и нарастание технической сложности экспериментов – с другой, расширили разрыв между формальными специальностями экспериментальной и теоретической физики. Примерно в то же время визуальные искусства развивались в похожем режиме: наметился раскол между традиционными художниками и пионерами кубизма и абстракционизма – Сезанном, Браком, Пикассо и Кандинским, которые, как и новые поборники квантовой теории, тоже «видели» мир принципиально иначе.

В музыке и литературе новый дух тоже ставил под сомнение косные нормы негибкой Европы XIX века. Стравинский и Шёнберг проверяли на прочность убеждения о традиционном западном звучании и ритме; Джойс и Вулф, а также их коллеги с континента, экспериментировали с новыми формами нарратива. В 1910 году философ, психолог и просветитель Джон Дьюи написал, что критическое мышление зачастую включает «готовность выдержать состояние умственной сумятицы и непокоя»[328]. Это верно не только в отношении критической мысли, но применимо и к любым творческим дерзаниям. В искусстве ли, в науке ли – никому из новаторов легко не было.

* * *

В изображенной мною картине науки начала XX века – множество преимуществ понимания задним числом. Физики, изучавшие атом в конце XIX века, не осознавали, что их ждет впереди. Более того – взгляд назад совершенно потрясает: вопреки бомбе с часовым механизмом – атому – у них на пороге, те физики воспринимали свой предмет изучения как более или менее устоявшийся и рекомендовали своим студентам сторониться физики, поскольку ничего увлекательного в ней не осталось.

Декан физфака в Гарварде, к примеру, был знаменит тем, что распугивал потенциальных студентов предупреждениями, что, дескать, все важное в физике уже открыли. За океаном глава физического факультета Университета Мюнхена в 1875 году предостерегал абитуриентов: в области родной ему дисциплины ловить нечего, поскольку «физика – русло познания, которое того и гляди переполнится»[329]. По своей предсказательной силе этот совет был под стать объявлению проектировщика «Титаника», что корабль «создан настолько совершенно, насколько это вообще под силу человеческому уму».

Один из тех, кто получил такой вот дурацкий совет на физфаке в Мюнхене – Макс Планк (1858–1947)[330]. Тощий, почти костлявый молодой человек, даже в свои юные годы в очках и с большими залысинами, Планк излучал не соответствующую своему возрасту серьезность. Родился он в немецком Киле, был потомком долгой череды пасторов, книжников и законников и идеально совпадал с шаблоном физика XIX века: трудолюбивый, прилежный и, по его же словам, «не склонный к сомнительным приключениям»[331]. Таких слов не очень-то ждешь от человека, чья работа в один прекрасный день опровергнет Ньютона, однако Планк не собирался затевать революцию. Какое там – он много лет не поддерживал движения, порожденного его же открытием.

Пусть и не склонный к приключениям, Планк все-таки начал карьеру с рискованного шага – пренебрег советом главы факультета и записался в физики. На изучение этой дисциплины его вдохновил школьный учитель, заражавший страстью «постигать гармонию, что властвует меж строгостью математики и разнообразием естественных законов»[332], а Планк верил в себя достаточно, чтобы своей страсти следовать. Много лет спустя он сказал одному своему студенту: «Мой девиз таков: обдумывай каждый шаг тщательно и, если уверен, что готов за него отвечать, – ничто не должно тебя останавливать»[333]. В этом утверждении нет лихости рекламной кампании «Найки» с их девизом «Делай и всё», нет и удалых заявлений, которые мы привыкли слышать от звезд спорта, но Планк, по-своему негромко и благопристойно, предъявил ту же внутреннюю силу.

Определившись в физики, Планк взялся выбирать тему своей докторской диссертации. И в этом он тоже предпринял смелый и важный шаг. Он выбрал термодинамику – физику тепла. В те поры это была довольно туманная область науки, но именно она вдохновила Планка еще в школе, и он вновь решился не отступать от своих интересов и не браться за просто модные темы.

Лишь горстка ученых того времени приняла представление об атоме и начала понимать механизм, лежащий в основе термодинамики, как статистический результат движения отдельных атомов. К примеру, если в замкнутом пространстве комнаты висит облачко дыма, термодинамика подсказывает нам, что погодя оно займет больший, а не меньший объем. Этим процессом определяется нечто, называемое физиками «стрелой времени»: будущее есть направление во времени, в котором дым занимает все больший объем, прошлое – направление, в котором дым сгущается. Такое положение дел удивительно: законы движения, примененные к каждому отдельному атому дыма (и воздуха) никак не указывают, в каком направлении во времени расположено будущее, а в каком – прошлое. Но явление это можно объяснить[334], применив статистический анализ движения совокупности атомов: «стрела времени» проступает лишь при наблюдении кумулятивного действия многих атомов.

Планку такие доводы не нравились. Он считал атом фантазией, а потому целью своей диссертации поставил получение конкретных проверяемых результатов, то есть следствий принципов термодинамики, не применяя понятие атома, по сути – вообще безо всяких допущений о внутренней структуре вещества. «Вопреки большому успеху теории атома, – писал он, – от нее рано или поздно придется отказаться в пользу допущения непрерывности материи»[335].

Кем-кем, а ясновидящим Планк не был. Не от теории атома рано или поздно пришлось отказаться, а от сопротивления ей. Более того, под конец его работу можно считать свидетельством в пользу, а не против существования атома.

Поскольку мою фамилию произносить непросто, столики в ресторанах я частенько бронирую на имя Макса Планка. Опознают его крайне редко, но однажды меня все-таки спросили, не родственник ли я «мужику, который изобрел квантовую теорию». Я ответил: «Я и есть он». Метрдотель, едва за двадцать, не поверил. Сказал, что я слишком молод. «Квантовую теорию изобрели где-то в 1960-х, – возразил он, – еще во время Второй мировой войны, в рамках Манхэттенского проекта».

Беседа наша не продолжилась, но я бы поболтал с ним не про его смутные представления о мировой истории, а о путанице в отношении того, что в физике означает «изобрести теорию». Слово «изобрести» означает создать нечто доселе не существовавшее. Открыть же, напротив, означает осознать нечто прежде не известное. Можно воспринимать теории и так, и эдак – как математические конструкции, которые ученые

изобретают для описания мира, или же как выражение законов природы, существующих независимо от нас и открываемых учеными.

В некотором смысле это метафизический вопрос: до какой степени должны мы принимать картины, рисуемые нашими теориями, как буквальную действительность (которую мы открываем), или же считать их просто моделями (которые мы изобретаем) – моделями мира, который можно в той же мере смоделировать и иначе, если, скажем, за это берутся люди (или пришельцы), думающие не так, как мы? Но, если отставить философию, у различия между изобретением и открытием есть еще одна грань, процессная: открытия мы совершаем в результате исследования, часто – случайно, а изобретения – плод спланированного проектирования, и случай играет в изобретении меньшую роль, нежели пробы и ошибки.

Эйнштейн, разумеется, знал, чем собрался заниматься, выдвинув теорию относительности, – и сделал это, а потому теорию относительности можно считать изобретением. Но квантовая теория – другая история. На пути, ведшем к разработке квантовой теории, куда чаще случалось такое, в отношении чего правильнее было бы говорить «открыл» или даже «наткнулся», нежели «изобрел», и (многие) первооткрыватели, включая и самого Планка, зачастую натыкались на полную противоположность того, на что надеялись и рассчитывали: вообразим, что Эдисон взялся изобретать искусственный свет, а изобрел бы искусственную темноту. Более того, им – в том числе и Планку – было уготовано не целиком понимать значение собственных трудов и протестовать против толкований, предложенных другими.

В своей диссертации 1879 года по термодинамике Планк не преуспел ни в подтверждении, ни в опровержении существования атома. Хуже того – диссертация оказалась для него бесплодной и профессионально. Его преподаватели в Мюнхене ее не поняли, Густав Кирхгоф [Кирххоф], берлинский эксперт в этой области физики, счел ее заблуждением, а двое других отцов-основателей дисциплины, Герман фон Гельмгольц [Херманн фон Хельмхольц] и Рудольф Клаузиус, отказались ее читать. Планк, не получив ответы на свои два письма, поехал в Бонн лично и заявился к Клаузиусу домой, но профессор не пожелал его принять. К сожалению, термодинамикой, кроме этих двух физиков, по словам одного коллеги Планка, «никто совершенно не интересовался»[336].

Недостаток интереса Планка не беспокоил, но все же привел к нескольким унылым годам, которые он провел в доме у родителей и проработал в университете внештатным лектором, как в свое время Менделеев.

Когда бы я ни заговаривал об этом, на меня всегда смотрят с изумлением. Люди почему-то считают, что на подобную любовь к своему искусству способны лишь художники и лишь они могут пойти на любые жертвы, жить на убогих чердаках или того хуже – с родителями, лишь бы только продолжать работать; в физиках такой страсти не усматривают. В аспирантуре, впрочем, я знавал двоих учащихся, которые столкнулись с таким же поражением, что и Планк. Один, увы, попытался наложить на себя руки. Второй убедил физфак Гарварда выделить ему для работы стол в людной приемной, без всякой оплаты. (Через год они его наняли.) Третий студент, с которым я не был знаком, вылетел из вуза несколькими годами ранее и с тех пор рассылал дорогие его сердцу (и глубоко ошибочные) собственные теории разным сотрудникам факультета, на него не обращали внимания, и тогда он решил явиться лично и уболтать их – прихватив с собой нож. Его поймала охрана, и больше он не показывался. В мифологии физики нет сказов об одиноких недооцененных физиках, отрезавших себе ухо, но за мои три года в аспирантуре Беркли все же произошли эти три истории, и каждая напитана страстью к физике.

Планк, подобно моему безработному другу-аспиранту, оказавшемуся в итоге в Гарварде, за свой «волонтерский» период трудов ухитрился проделать вполне достойное исследование и наконец нашел оплачиваемую работу. На это ушло пять лет. И вот, исключительно благодаря упорству, удаче и, как говорят, вмешательству отца он смог получить профессорскую ставку в Университете Киля. Через четыре года после этого его труд произведет достаточно сильное впечатление, и его пригласят в Университет Берлина, где в 1892 году он получит звание полного профессора, а это сделает его членом небольшого круга элиты термодинамики. Но то было лишь начало.

* * *

В Берлине Планк посвятил весь свой исследовательский задор постижению термодинамики в контексте, который не обязывал «прибегать» к понятию атома, – то есть, вещества считались «бесконечно делимыми», а не состоящими из дискретных частей. Вопрос, можно ли добиться такого понимания, был, по его мнению, главным вопросом физики, наставника у Планка в академическом мире не имелось, и отговорить его – во всяком случае, впрямую – было некому. Что хорошо, потому что ход мысли Планка был настолько далек от основного русла физики, что летом 1900 года, всего

за несколько месяцев до того, как Планк объявит о своем сотрясающем мироздание открытии, официальный историк на международном съезде физиков в Париже выразил мнение, что, помимо Планка, есть не более трех человек на всем белом свете, кто считает, что этим вопросом вообще стоит заниматься. За двадцать один год с защиты диссертации Планком мало что, судя по всему, изменилось.

В науке, как и во всех других областях знания, навалом заурядных людей, задающих заурядные вопросы, и многие неплохо устраиваются в жизни. Но наиболее преуспевающие исследователи обычно – из тех, кто задает странные вопросы, такие, которые никто не обдумывал или не счел интересными. На беду этим людям, их считали и будут считать чудаками, эксцентриками или даже психами – пока не придет время считать их гениями.

*Макс Планк, ок. 1930 года*

Разумеется, ученый, спрашивающий: «Покоится ли Вселенная на спине исполинского лося?» – тоже оригинальный мыслитель, как тот, видимо, кто пришел на факультет с ножом. И потому, глядя на сообщество вольнодумцев, стоит быть разборчивым, и в этом-то состоит трудность: людей, чьи соображения диковинны и только, поди отличи от тех, чьи мысли не только диковинны, но и истинны. Или же диковинны, но

приведут, пусть и нескоро, пусть через множество ошибочных шагов, к чему-то истинному. Планк был оригинальным мыслителем и задавал вопросы, которые не казались интересными даже его коллегам-физикам. Но именно они, как выяснилось, были теми вопросами, на которые не могла ответить классическая физика.

Химики XVIII века обнаружили, что изучение газов – своего рода Розеттский камень, ключ к пониманию важных научных принципов. Планк искал свой Розеттский камень в излучении абсолютно черного тела – термодинамическом явлении, которое обнаружил и поименовал Густав Кирхгоф в 1860 году. Ныне излучение абсолютно черного тела – понятие, физикам знакомое: это разновидность электромагнитного излучения, испускаемого телом, которое, буквально, черное и находится при определенной температуре.

Понятие «электромагнитное излучение» кажется сложным – или даже опасным, вроде атаки дронов на лагеря Аль-Каиды. Однако оно описывает целое семейство волн – к примеру, радиоизлучение, а также видимый и ультрафиолетовый свет, рентгеновские лучи и гамма-радиацию, и у них всех, если их приручить, есть множество практических применений; некоторые несут смерть, но все без исключения – часть мира, который мы привыкли воспринимать как данность.

Во дни Кирхгофа понятие об электромагнитном излучении все еще оставалось новым и загадочным. Теория, описывающая это излучение в контексте Ньютоновых законов, родилась у шотландского физика Джеймса Клерка Максвелла [Джеймза Кларка Максуэлла]. Максвелл и до сих пор герой физики, в студгородках футболки дипломников нередко украшает его лик и выведенные им уравнения. Причина подобного обожания такова: в 1860-х годах он добился величайшего объединения в истории физики – объяснил электрические и магнитные взаимодействия как проявления одного и того же явления, электромагнитного поля, и показал, что свет и другие разновидности излучения суть электромагнитные волны. Нащупать связи между разными явлениями, как это удалось Максвеллу, для физика – пожалуй, самое восхитительное деяние в человеческой жизни.

Надежда и греза Ньютона – что рано или поздно возникнет такой вот Максвелл, ибо Ньютон знал, что его теория неполна. Он сформулировал законы движения, объясняющие, как тела откликаются на приложенную к ним силу, но, чтобы применять эти законы, нужно было дополнить их отдельными законами сил – законами, описывающими любую силу, воздействующую на рассматриваемое тело. Ньютон вывел законы одной разновидности силы – гравитации, но знал, что должны существовать и

другие.

За века после Ньютона еще две силы природы постепенно явили себя физике: электричество и магнетизм. Создав количественную теорию этих сил, Максвелл в некотором смысле довершил Ньютонову (то есть «классическую») программу: вдобавок к классическим законам движения ученые разжились теориями всех сил, явленных нам в повседневном опыте. (За XX век мы откроем еще и так называемые сильные и слабые взаимодействия, чьи эффекты нам в быту не видны – они имеют место в крохотных пространствах внутри атомного ядра.)

Прежде, применяя закон всемирного тяготения вместе с законами движения Ньютона, ученые могли описывать лишь гравитационные явления – орбиты планет и траектории движения снарядов. Теперь же, применяя теорию Максвелла об электрических и магнитных полях в сочетании с Ньютоновыми законами движения, физики смогли анализировать широчайший спектр явлений, в том числе излучение и его воздействие на материю. По сути, физики сочли, что, располагая и Максвелловой теорией, они смогут в принципе объяснить любое природное явление, наблюдаемое вокруг: отсюда и буйный оптимизм физики в конце XIX века.

Ньютон писал, что есть «определенные силы, коими частицы тел, по каким-либо причинам доселе неведомые, либо взаимно направлены друг на друга и образуют устойчивые фигуры, либо отталкиваются взаимно и удаляются друг от друга»[337]. Это, по его мнению, есть причина «локальных движений, кои из-за малости движущихся частиц не могут быть уловлены… [но] если кому-то удастся открыть их все, я бы почти готов был сказать, что этот человек увидит всю природу тел как на ладони»[338]. Открытия физиков в электромагнетизме воплотили мечту ученых понимать силы, действующие между мельчайшими частицами предметов – атомами, – но грезе Ньютона о том, что его теория сможет объяснить свойства материальных тел, не суждено было воплотиться. Почему? Потому что, хоть физики и открыли законы действия электрических и магнитных сил, применение этих законов к атомам показывало, что Ньютоновы законы движения недействительны.

Хотя никто в те времена не осознавал этого, недостатки Ньютоновой физики проступали особенно ярко именно в явлении, которое взялся изучать Планк, а именно – в излучении абсолютно черного тела. Физики, применяя Ньютоновы законы к расчету количества разночастотного излучения черного материала, получали бессмысленный результат: черное

тело может испускать высокочастотное излучение бесконечной мощности.

Будь эти расчеты верны, из модели излучения абсолютно черного тела следовало бы, что, сидя у растопленного камина или открывая дверцу разогретой духовки, вы бы не только нежились в тепле низкочастотного инфракрасного излучения или же приятном чуть более высокочастотном красноватом видимом свете, но и подвергались бомбардировке опасными высокочастотными ультрафиолетовыми, рентгеновскими и гамма-лучами. А в те поры только-только изобретенная электрическая лампочка была бы не полезным инструментом искусственного освещения, а, из-за излучения, возникающего от высоких температур накаливания, оружием массового уничтожения.

Когда Планк начал работать в этой области физики, все знали, что расчеты излучения абсолютно черного тела неверны, но никто не понимал, почему. Пока большинство интересовавшихся этой задачей физиков чесали в затылке, немногие сосредоточились на сочинении частных математических формул для описания экспериментальных данных. Из этих формул удавалось вывести интенсивность излучения абсолютно черного тела для отдельных частот и при определенной температуре, но все равно выходило описательно, и получить можно было лишь заданные необходимые результаты, не выведенные из теоретического понимания. Да и не для всех частот результаты получались верными.

В 1897 году Планк принялся работать над заковыристой задачей – точным описанием излучения абсолютно черного тела. Как и другие, он не ожидал, что эта задача подразумевает неправоту Ньютоновой физики, – он, скорее, предполагал, что физическое описание материала абсолютно черного тела должно содержать глубинную ошибку. Прошло несколько лет, но Планк ничего не добился.

Наконец он решил работать в обратном направлении и, подобно физикам-прикладникам, попросту нащупать подходящее уравнение. Он сосредоточился на двух частных формулах – одна была точным описанием низкочастотного, а вторая – высокочастотного излучения абсолютно черного тела. После многих проб и ошибок он смог «сшить» их воедино в некую собственную формулу для частного случая – изящное математическое выражение, которое он состряпал попросту чтобы объединить отвечающие действительности свойства двух исходных.

Может показаться, что, если многие годы возиться с задачей, в конце концов заслужишь право сделать важное открытие – микроволновку там или на худой конец новый метод изготовления воздушной кукурузы. Планк же остался лишь с математическим выражением, которое, по неведомым

причинам, вроде бы работало прилично, хотя Планку не хватало данных, чтобы хорошенько проверить предсказательные способности полученного уравнения.

Планк обнародовал свое уравнение 19 октября 1900 года на заседании Берлинского физического общества. Не успело заседание окончиться, как физик-экспериментатор по имени Генрих [Хайнрих] Рубенс бросился домой и принялся запихивать в уравнение Планка всякие данные – проверить действенность полученной формулы на обильном экспериментальном материале. То, что он обнаружил, потрясло его: уравнение Планка оказалось куда точнее любых его мыслимых посягательств на истину.

Рубенс так воодушевился, что провозился почти всю ночь, дотошно проверяя математику Планкова уравнения применительно к разным частотам и сравнивая теоретические результаты со своими экспериментальными записями. На следующее утро он помчался в гости к Планку – сообщить поразительную весть: результаты согласовывались до ужаса точно – для всех частот. Уравнение Планка выполнялось слишком точно и потому не могло быть частным случаем. Это наверняка что-то значит. Незадача вот в чем: ни Планк, ни кто другой не понимали, что. Уравнение казалось волшебством – судя по всему, в нем, «выведенном» методом тыка, сокрыты глубокие и таинственные принципы.

* * *

Планк взялся трудиться над теорией излучения абсолютно черного тела с целью объяснить его, не прибегая к понятию атома. В некотором смысле ему это удалось. Однако уравнение у него получилось практически с кондачка, и он все же хотел ответить на вопрос, почему оно оказалось действенным. Успех его явно воодушевил, а вот неведение – обескуражило.

Планк со всегдашним своим терпением обратился – быть может, попросту от отчаяния, – к великому поборнику атома австрийскому физику Людвигу Больцману (1844–1906). Тот не одно десятилетие добивался строго противоположного от целей Планка – что атомы следует воспринимать всерьез – и достиг значительных успехов, развив методы, ныне именуемые статистической физикой (хотя убедить людей в важности своей работы ему удалось плохо).

Готовность Планка, пусть и неохотная, обратиться к исследованиям Больцмана – акт, достойный отдельного почтения: проповедник физики без

атома ищет интеллектуального прибежища в работах поборника теории, которой он всегда противился. Такая открытость к взглядам, противоречащим собственным убеждениям, есть метод, каким наука и должна делаться, и именно поэтому Эйнштейн позднее относился к Планку с большим почтением, – но обычно наука так не делается. Разумеется, так не делается и много чего в человеческих начинаниях в целом. К примеру, во времена развития интернета, смартфонов и других новых способов общения, подобно физикам, не желавшим принимать теории атома или кванта, почтенные компании вроде «Блокбастер Видео», звукозаписывающие студии, ключевые книготорговые сети, заслуженные магазины медиапродуктов сопротивлялись и не желали принимать новый образ жизни и ведения дел. И потому их обскакали люди и компании помоложе, с большей умственной гибкостью – «Нетфликс», «Ю-Тьюб» и «Амазон». Сам Планк сказал о науке то, что, по сути, применимо к любому революционно новому взгляду: «Новая научная истина не торжествует убеждением оппонентов и вынуждением их узреть свет, а, скорее, побеждает она оттого, что оппоненты постепенно вымирают, а новое поколение растет, уже зная о новой истине»[339].

Изучая работы Больцмана, Планк заметил: в своем статистическом описании австриец счел необходимым применить математическую уловку – он обращался с энергией так, будто она поступает дискретными дозами, как, скажем, яйца, но не мука, которую можно делить на бесконечно малые порции. То есть яиц может быть лишь целое число – одно, или два, или двести, а муки можно взять 2,7182818 унций – или сколько захочешь. По крайней мере, так думает повар, хотя муку на самом деле нельзя разделить на бесконечно малые порции, поскольку она состоит из дискретных частей – мелких отдельных крупинок, и их видно под микроскопом.

Больцманова уловка – всего лишь метод расчета; под конец выкладок он всегда устремлял размер дозы к нулю, то есть энергия все же поступает в любом количестве, а не дискретными порциями. К своему великому изумлению Планк обнаружил, что, применяя методы Больцмана к задаче абсолютно черного тела, он мог вывести свое уравнение, но лишь пропустив последний шаг и позволив подачу энергии лишь дозированно, как яйца, множеством определенных крошечных порций. Шеф-повар Планк назвал эту крошечную порцию квантом – от латинского «сколько».

Таково, если вкратце, происхождение представления о кванте. Квантовая теория возникла не из неутомимых попыток ученых, доводивших некий глубинный принцип до логической завершенности, и не из желания открыть новую философию физики, а от человека, который,

подобно шеф-повару, впервые заглянул в микроскоп и к своему изумлению обнаружил, что мука все-таки подобна яйцам – она состоит из отдельных частиц, и добавлять ее можно лишь мерами из множества этих крохотных порций.

Планк обнаружил, что размер порции, или квант, у разных частот света разный, и в видимом диапазоне это соответствует разным оттенкам цвета. В частности, Планк обнаружил, что квант световой энергии равен частоте, умноженной на коэффициент пропорциональности, который Планк назвал h, – сегодня мы именуем его постоянной Планка. Соверши Планк последний шаг вслед за Больцманом и, по сути, приравняй $h$ к нулю, энергия получилась бы бесконечно делимой. Но не сделав этого и зафиксировав $h$ после подстановки в уравнение экспериментальных данных, Планк установил – по крайней мере, применительно к излучению абсолютно черного тела, – что энергия поступает крошечными, неделимыми порциями и не может принимать какие попало значения.

Что же означала его теория? Планк понятия не имел. В некотором смысле ему удалось лишь создать таинственную теорию для объяснения таинственной догадки. И все же на декабрьском собрании Берлинского физического общества Планк объявил о своем «открытии». Ныне мы считаем это объявление рождением квантовой теории, и, конечно, эта теория заработает Планку Нобелевскую премию 1918 года и в конце концов перевернет физику вверх дном. Но тогда об этом никто, включая Планка, не догадывался.

*Людвиг Больцман, ок. 1900 года*

Большинству физиков казалось, что Планковское долгое исследование излучения абсолютно черного тела сделало его теорию еще более смутной и таинственной, да и вообще – что от нее толку? Сам Планк, однако, из своего опыта извлек кое-что важное. Он наконец «понял» излучение абсолютно черного тела, применив картинку, в которой черный материал оказывался состоящим из крошечных осцилляторов, вроде пружинок, которые он впоследствии стал считать атомами или молекулами – то есть наконец пришел к выводу, что атомы существуют. И все-таки ни сам он, ни кто бы то ни было еще из его современников не осознавал, что описанные Планком кванты могут быть фундаментальной характеристикой природы.

Кое-кто из современников Планка подумывал, что когда-нибудь найдется путь к уравнению Планка для абсолютно черного тела, который не потребует понятия кванта. Другие полагали, что квантовый мир однажды будет объяснен не как фундаментальный принцип природы, а как результат некой пока неведомой особенности материалов, совершенно

согласуемой с известной тогда физикой – к примеру, будничное механическое свойство, вытекающее из внутреннего устройства атомов или способа их взаимодействия. А некоторые физики попросту отмели работу Планка как бессмыслицу – невзирая на ее соответствие экспериментальным данным.

Критикуя Планка, один знаменитый физик – сэр Джеймс Джинс [Джеймз Джинз], трудившийся над этой же задачей, но, в отличие от Планка, не смогший вывести уравнение, писал: «Разумеется, я осведомлен, что закон Планка хорошо согласуется с экспериментом… тогда как мое уравнение, полученное [из варианта Планка] присвоением $h$ значения 0, никак не соответствует экспериментальным данным. Это не отменяет моей убежденности, что $h = 0$ – единственное значение, которое эта переменная может иметь»[340]. Ага, экая докука эти экспериментальные данные – ну их совсем. Или же, как писал Роберт Фрост в 1914-м: «Зачем, ей-ей, от веры отходить / Лишь потому, что правды в ней уж нет?»[341]

Вот итог: за вычетом раздражения Джеймса Джинса, работа Планка мало кого тронула. Считали физики его работу бессмысленной или же думали, что у нее есть обыденное объяснение, – они попросту не воодушевились, подобно фанатам на рок-фестивале, где закон о запрете наркотиков доведен до исполнения. И поставки тех наркотиков не предвиделось еще какое-то время. За следующие пять лет никто не произведет ни единого исследования, посвященного развитию мыслей Планка, – ни он сам, ни кто угодно еще. Вплоть до 1905 года.

* * *

Как я уже говорил, когда Планк выдвинул квантовую гипотезу, никто не понял, что это фундаментальный закон природы. Но вскоре на поле вышел еще один игрок – с совершенно иным настроем. Во времена, когда Планк сделал свое объявление, он, еще никому не известный выпускник колледжа, сочтет работу, посвященную кванту, глубокой и даже тревожной. «Словно у нас из-под ног выдернули почву, и нигде вокруг никакой твердой опоры»[342], – писал он позднее.

Человек, принявший работу Планка о кванте и показавший миру ее ценность известен не за это, а, наоборот, за то, что принял впоследствии противоположную позицию и, в традиции Джинса, не согласился с неким представлением невзирая на множество результатов наблюдения, кои вроде

бы доказывали, что представление это – верно. Речь об Альберте Эйнштейне (1879–1955).

Эйнштейну было двадцать пять, он еще не защитил докторскую диссертацию, но за квантовую гипотезу Планка схватился. К пятидесяти годам, однако, он уже возражал самому себе. Причины сменить точку зрения о квантовой теории у Эйнштейна были скорее философские или метафизические, а не научные. Соображения, высказанные им в двадцать пять, касались «всего-то» нового понимания света как энергии, состоящей из частиц-квантов. Квантовые представления, возникшие у него и затем им же опровергнутые, напротив, – фундаментально новый метод восприятия действительности.

По мере развития квантовой теории стало ясно: принимая ее, необходимо принять и новый взгляд на смысл порождения одним событием другого. Новое квантовое мировоззрение – куда больший отрыв от нашего интуитивного Ньютонова взгляда на мир, нежели механический Ньютонов взгляд – от целеполагательного перспективного взгляда Аристотеля, и Эйнштейн, стремясь пересмотреть физику, сойдет в могилу, не приняв радикального пересмотра метафизики, обусловленного его же трудами.

Ко времени моего знакомства с квантовой теорией, всего через пару десятков лет после смерти Эйнштейна, я, разумеется, уже был обучен современным формулировкам – и всем радикальным взглядам, которые не нравились Эйнштейну. В колледже нам их преподносили как скучные, хоть и странные аспекты хорошо разработанной и проверенной теории. Иногда обсуждаемая «квантовая странность» – например, возможность чего-нибудь быть в двух местах одновременно – в мое время уже считалась давно установленным фактом. Бывало, из него произрастали увлекательные питейные дискуссии, однако не то чтоб мы, студенты, по этому поводу ночей не спали. И все же Эйнштейн был одним из моих героев, и потому меня донимало, почему ему было так трудно принять воззрения, которые у меня в голове уложились без всякого сопротивления. Понятно, что я – не Эйнштейн, но все-таки чего же я не учитывал?

И вот возился я с этим вопросом, а отец меж тем рассказал мне историю. Дело было в предвоенной Польше, и он с друзьями как-то раз наткнулся на оленя, лежавшего на дороге – его сбила машина или грузовик. Еды в те поры не хватало, и они забрали оленя домой и съели его. Отец сказал, что ничего плохого в поедании сбитого на дороге животного они не усмотрели, а для американцев вроде меня это отвратительно, потому что нас воспитали так к этому относиться. Я осознал: для того, чтобы обнаружить вопросы, к которым у людей трудное отношение, нет нужды

обращаться к глубинным загадкам мироздания или сильным нравственным убеждениям. Такие вопросы – повсюду, и большинство их просто связано с тем, что люди склонны продолжать верить в то, во что они верили всегда.

Метафизические следствия квантовой теории были Эйнштейновым вариантом сбитого животного. Эйнштейн вырос в традиционных представлениях о причинах и результатах, и ему, конечно, невыносим был взгляд, у которого столь глубоко иные следствия. Но, родись он на восемьдесят лет позже и учись со мной в одном классе, он бы вырос на странности квантовой теории и, вероятно, смотрел на нее столь же невозмутимо, как я и все остальные учащиеся. К тому времени эта странность стала в интеллектуальной среде общепринятой, и, хотя осознать новизну квантового мира можно, в отсутствие эксперимента, опровергающего этот мир, никто лишний раз над этой странностью и не задумается.

* * *

Хотя Эйнштейн позднее станет отстаивать ключевые аспекты Ньютонова мировоззрения, традиционным мыслителем он не был никогда – и никогда не отвешивал незаслуженных поклонов светилам. Более того, это желание мыслить иначе и сомневаться в авторитетах было в нем столь выражено, что он еще подростком влипал в неприятности, когда учился в мюнхенской гимназии – это такой немецкий эквивалент средней школы. В его пятнадцать лет один учитель поставил ему на вид, что юноша Эйнштейн ввек ничего не добьется, а затем его либо насильно, либо «вежливо поощряя», выгоняли из школы, поскольку он выказывал учителям неуважение и считался скверным влиянием для других учеников. Позднее он назвал гимназию «машиной образования», имея в виду, что она не полезную работу производит, а портит воздух удушающими мысль загрязнениями.

Der Erziehungsrat
des
Kantons Aargau
urkundet hiemit:

Herr Albert Einstein von Ulm,
geboren den 14. März 1878,
besuchte die aargauische Kantonsschule 4 Jahre die III. & IV. Klasse
der Gewerbeschule.
Nach abgelegter Schluß- & mündl. Maturitätsprüfung am 18., 19. & 21.
September wurde am 30. September 1896 erteilt dieselbe folgende Noten:

| | |
|---|---|
| 1. Deutsche Sprache und Literatur | 5 |
| 2. Französisch | 5 |
| 3. Englisch | — |
| 4. Italienisch | 5 |
| 5. Geschichte | 6 |
| 6. Geographie | 4 |
| 7. Algebra | 6 |
| 8. Geometrie [Planimetrie, Stereometrie; Algebraische Geometrie] | 6 |
| 9. Darstellende Geometrie | 6 |
| 10. Physik | 6 |
| 11. Chemie | 5 |
| 12. Naturgeschichte | 5 |
| * 13. Freihandzeichnen | 4 |
| * 14. Technisches Zeichnen | 4 |

* Nur gültig für Schulentlassene

Gestützt hierauf wird demselben das Reifezeugnis der Reife erteilt.
Aarau, den 3. Oktober 1896.

Der Mitglieder des Erziehungsrates,
Der Präsident:
Der Sekretär:

*Табель успеваемости Эйнштейна из швейцарской школы. Оценки выставлялись по шестибалльной шкале, шесть – высший балл*

К счастью для физики, желание Эйнштейна понимать Вселенную превозмогло его неприязнь к формальному образованию, и потому, вылетев из средней школы, он подал документы в Швейцарский федеральный технологический институт в Цюрихе. Вступительный экзамен провалил, но после краткого исправительного срока в швейцарской средней школе все же поступил в Институт в 1896 году. Понравилось ему там не больше, чем в гимназии, на многие лекции он не ходил, но все же исхитрился вуз окончить – зубрежкой перед экзаменами, по записям, взятым у собрата-студента, с которым Эйнштейн успел подружиться. Марсель Гроссман, как позднее писал Эйнштейн, был «безукоризненным студентом, а я –

безалаберным мечтателем. Он ладил с учителями и все понимал, я же был парией, неудовлетворенным и недолюбленным»[343]. Знакомство с Гроссманом оказалось не просто удачей в учебных делах Эйнштейна – Гроссман позднее станет математиком и обучит Эйнштейна причудливой геометрии, необходимой теории относительности для ее завершенности.

Степень, полученная Эйнштейном в институте, его путь к успеху не упростила. Более того, один из его преподавателей озлобленно написал ему скверную рекомендацию. Во всяком случае отчасти поэтому Эйнштейн, доучившись в Цюрихе, не смог найти обычную работу – а хотел он университетскую ставку физика или математика, и занялся частным преподаванием с двумя мальчишками-гимназистами.

Вскоре после начала работы в этой должности Эйнштейн предложил своему нанимателю забрать мальчиков из школы совсем – чтобы избежать ее разрушительного влияния. Образовательную систему он осуждал за чрезмерную сосредоточенность на подготовке учащихся к экзаменам и удушение всякой подлинной любознательности и творчества. Поди ж ты: примерно век спустя идефиксом официальной американской образовательной системы стал план обучения, ориентированный на способность учеников запоминать факты и сдавать экзамены – программа президента Джорджа У. Буша «Ни одного ребенка в отстающих». Всем понятно, что Буш – не Эйнштейн, но, очевидно, по части заставлять людей принять ту или иную точку зрения Эйнштейн не был Бушем: его наниматель, выслушав заявление о роковом влиянии гимназии, Эйнштейна уволил.

Отец Эйнштейна писал о тяготах отпрыска: «Мой сын совершенно не рад положению дел с работой. День ото дня он все более ощущает, что карьера идет прахом… и прибывает в нем осознание, что он нам, людям с малыми средствами, обуза»[344]. Письмо это было отправлено лейпцигскому физику Вильгельму Фридриху Оствальду, которому Альберт предоставил копию своей первой статьи, приложив ее к прошению о работе. Ни Альберт, ни его отец ответа не получили. Через десять лет Оствальд первым выдвинет Эйнштейна на Нобелевскую премию. Но в 1901 году его интеллект ни на кого не произвел впечатления достаточного, чтобы пригласить его на работу, хоть как-то отвечающую его способностям.

Профессиональная жизнь Эйнштейна наконец устоялась в 1902 году, когда отец Марселя Гроссмана представил его директору Швейцарского патентного бюро в Берне, и тот пригласил Эйнштейна сдать письменный экзамен. Всё в целом удалось, и директор предложил ему работу. Она

состояла в чтении высокотехнической патентной документации и переводе ее на язык достаточно простой, чтобы начальство поглупее могло в ней разобраться. Тем же летом Эйнштейн приступил к своим обязанностям – на испытательном сроке.

Работа у Эйнштейна, похоже, спорилась, хотя, в 1904 году обратившись за повышением с должности эксперта третьего класса на должность эксперта второго класса, получил отказ. Тем временем его работа в физике, хоть и приносила Эйнштейну удовлетворение, оставалась непризнанной. Его первые две статьи[345], написанные в 1901 и 1902 годах, посвящались гипотезе универсальной силы, действующей между молекулами, и оказались, по его личному позднейшему мнению, бездарными. Далее последовали еще три статьи спорного качества, и они тоже не оказали на физику почти никакого влияния. Потом прошел еще один год, у Эйнштейна родился первый сын, но не родилось ни одной статьи по физике.

Хронический недостаток денег и кисшая карьера физика наверняка обескураживали, но Эйнштейну его работа нравилась – она виделась ему умственно стимулирующей, а к тому же, по его словам, «оставляла ему восемь часов безделья», которые он мог посвящать своей страсти и думать о физике. Он расширял свои часы исследований, проводимых на досуге, урывками возвращаясь к ним и на работе – и поспешно пряча бумаги с расчетами в стол, когда приближался кто-нибудь из коллег. Все эти усилия не пропали втуне – еще как не пропали: в 1905 году он опубликовал три отдельные революционные статьи, сделавшие его из эксперта третьего класса физиком первого.

Каждая из этих трех статей была достойна Нобелевской премии, хотя лишь одна в итоге принесла ему эту награду. В общем, можно понять, почему Нобелевский комитет не торопится выдавать много наград одному и тому же претенденту, но с годами эта организация, увы, прославится многими куда менее понятными промашками. Только среди физиков комитет проморгал наградить Арнольда Зоммерфельда, Лизу Мейтнер [Лизе Майтнер], Фримена Дайсона, Георгия Гамова, Роберта Дикке [Дика] и Джима Пиблса [Пиблза][346].

Не дать премию Мейтнер – в особенности вопиющее упущение: тысячи лет женщинам почти нацело отказывали в высшем образовании и в возможностях трудиться на ниве понимания мира. Ситуация начала меняться лишь лет сто назад, и этому общественному сдвигу до завершения еще очень долго. Мейтнер, первопроходец науки, стала лишь

второй дамой, получившей докторскую степень по физике в Университете Вены. Закончив учебу, она уговорила Макса Планка допустить ее к занятиям у него, хотя прежде он не позволял женщинам даже присутствовать у себя на лекциях. Она начала сотрудничать с юным берлинским химиком по имени Отто Ган [Хан]. Вместе они произвели множество научных прорывов, и важнейший из них – открытие ядерного распада. Увы: за эту работу Нобелевскую премию по химии в 1944 году Ган-то получил, а Мейтнер – нет[347].

* * *

В теоретической физике, среди прочего, пьянит вероятность, что какая-нибудь твоя мысль окажет мощное воздействие на то, как все мы думаем или даже как живем. Да, предмет требует многих лет на изучение и понимание, а также на постижение его методов и вопросов. Да, многие задачи, за которые берешься, как выясняется, нерешаемы. И да, большинство возникающих соображений оказываются чепухой, а в большинстве случаев приходится месяцами корпеть даже над малюсеньким шажком в гораздо более масштабном труде. Разумеется, если вы собрались быть физиком-теоретиком, вам пригодится упрямство и настойчивость – и способность упиваться даже маленькими открытиями, математическими мелочами, которые оказываются как по волшебству действенны и раскрывают вам тайны природы, о которых, пока ваша работа не будет опубликована, знаете лишь вы один. Но всегда есть и другая вероятность: вы можете удумать или же наткнуться на мысль столь мощную, что она окажется не маленькой тайной природы, а тем, что изменит взгляд на действительность не только у ваших коллег, но и, возможно, у всего человечества. Именно такого рода мысли возникли у Эйнштейна трижды – за один год работы в патентном бюро.

Из трех предложенных им потрясших мир теорий Эйнштейн более всего известен теорией относительности. Его работа в этой области перевернула наши представления о пространстве и времени и показала, что они близко связаны друг с другом, количественные измерения и того, и другого не абсолютны, а зависят от характеристик движения наблюдателя.

Закавыка, с которой взялся разбираться Эйнштейн, – парадокс, происходящий из Максвелловой теории электромагнетизма, предполагавшей, что все наблюдатели, измеряющие скорость света, придут к одному и тому же результату, независимо от их собственной скорости

относительно источника света.

Чтобы понять, почему вышеприведенное утверждение противоречит нашему повседневному опыту, произведем простой мысленный эксперимент в духе Галилея. Вообразите торговца закусками на перроне железнодорожной станции и проносящийся мимо поезд. Если пассажир этого поезда бросит вперед мяч (или любой материальный предмет), он покажется торговцу летящим быстрее, чем брошенный торговцем – с той же силой. Это оттого, что, с точки зрения торговца, мяч в поезде движется со скоростью, которую ему придал пассажир поезда, плюс скорость самого поезда. А вот свет, зажженный вспышкой на поезде, согласно теории Максвелла, быстрее перемещаться не будет. И пассажиру, и торговцу на перроне покажется, что свет распространяется с одной и той же скоростью. Физику, желающему все свести к какому-нибудь закону, требуется объяснение этого явления.

Какой закон отличает свет от материи? Физики годами ломали голову над этим вопросом, и популярнее прочих был подход, рассматривавший к тому времени неведомую субстанцию, через которую распространяется свет. Но у Эйнштейна были иные соображения. Объяснение не прячется в некоем неизвестном свойстве распространения света, понял он, а в понимании скорости. Поскольку скорость есть расстояние, деленное на время, рассуждал Эйнштейн, утверждая, что скорость света неизменна, теория Максвелла сообщает нам, что при измерении расстояния и времени нельзя достичь единства мнений. Нет ни универсальных часов, ни универсальной линейки, как доказал Эйнштейн, – любые такие измерения зависят от движения наблюдателя, то есть необходимо, чтобы все наблюдатели измеряли одну и ту же скорость света. Каждый из нас наблюдает и измеряет нечто, соответствующее нашему личному взгляду, не более, а не действительность, насчет которой достигнуто всеобщее согласие. Вот что такое, по сути, Эйнштейнова специальная теория относительности.

Теория относительности потребовала не замены Ньютоновой теории, а, скорее, ее видоизменения: Ньютоновы законы движения необходимо было подправить и с удобством обустроить в новой модели Эйнштейновых времени и пространства, согласно которой результаты измерений зависят от скорости измеряющего. Для предметов и наблюдателей, движущихся сравнительно медленно относительно друг друга, теория Эйнштейна, по сути, эквивалентна Ньютоновой. И лишь когда рассматриваемые скорости приближаются к скорости света, эффекты относительности делаются заметными.

Поскольку необычные эффекты относительности проявляются лишь в чрезвычайных условиях, на нашу повседневную жизнь они влияют гораздо меньше, чем квантовая теория, объясняющая саму стабильность атомов, из которых мы состоим. Но никто в те времена не знал, до чего далеко идущими у квантовой теории окажутся следствия, а между тем теория относительности произвела на сообщество физиков эффект землетрясения: в Ньютоновом мировосприятии, формировавшем науку на протяжении двухсот с лишним лет, наметилась первая трещина.

Теория Ньютона основывалась на том, что объективная действительность у нас одна. Пространство и время образуют неизменную структуру – сцену, на которой разворачиваются события мира. Наблюдатели пусть наблюдают откуда угодно, двигаясь или нет, видеть они будут одну и ту же пьесу, подобно Богу, что глядит на нас извне. Относительность противоречила этой установке. Утверждая, что нет никакой единой пьесы, – то есть, применительно к нашей повседневной жизни, действительность, переживаемая нами, у каждого своя личная и зависит от того, где мы находимся и как движемся, – Эйнштейн взялся рушить Ньютонов мир так же, как Галилей взялся за снос Аристотелева.

Работы Эйнштейна оказали важное влияние на культуру физики: они придали смелости не одному поколению новых мыслителей и упростили им решение дерзать и возражать старым представлениям. К примеру, книга по теории относительности, которую Эйнштейн написал для школьников, вдохновила Вернера Гейзенберга [Хайзенберга], с которым мы скоро познакомимся, податься в физику, а подход Эйнштейна к относительности наделил Нильса Бора, с которым мы тоже вскоре встретимся, храбростью вообразить, что атом может подчиняться законам, радикально отличным от тех, что правят нашей повседневной жизнью.

Как ни странно, из всех великих физиков, принявших и понявших Эйнштейнову теорию относительности, менее всех впечатлился сам Эйнштейн. По его мнению, он призывал не отринуть Ньютонов взгляд на мир, а лишь слегка его подправить, и поправки эти очень мало сказывались на почти любых экспериментальных наблюдениях того времени, однако, что важно, исправляли недочет в логическом устройстве теории. Более того, математические изменения, необходимые для того, чтобы Ньютонова теория не противоречила теории относительности, внести было довольно просто. И потому, тогда как Эйнштейн позднее сочтет квантовую теорию концом Ньютоновой физики, по словам физика и биографа Абрахама Пайса, он «считал теорию относительности никакой не революцией»[348]. По Эйнштейну, работа по теории относительности – наименее значимая из

его трудов 1905 года. Куда фундаментальнее, с его точки зрения, были две другие его статьи – об атоме и о кванте.

Работа Эйнштейна, посвященная кванту, анализировала явление броуновского движения, открытое старым другом Дарвина Робертом Броуном в 1827 году. «Движение», о котором идет речь, – загадочные, случайные блуждания крошечных частиц вроде зернышек пыльцы в воде. Эйнштейн считал это движение результатом высокочастотной бомбардировки плавающей частицы субмикроскопическими молекулами. Хотя отдельные столкновения недостаточны, чтобы спихнуть частицу с места, Эйнштейн доказал, что статистически количество и частота, с которой дергается наблюдаемая частица, могут быть объяснены тем, что очень редко, по чистой случайности, гораздо больше молекул ударяют частицу с какой-нибудь одной стороны и таким образом сообщают ей нужный для движения импульс.

Эта работа мгновенно стала сенсацией – и до того яркой, что даже заклятый враг понятия атома Оствальд после чтения работы Эйнштейна признал, что атомы существуют. Великий поборник представления об атоме Больцман, с другой стороны, по необъяснимым причинам не узнал ни о работе Эйнштейна, ни о перемене настроений, которая возникла в результате. Отчасти от отчаяния из-за отклика на его собственные работы он на следующий же год совершил самоубийство. Это тем более печально, потому что, благодаря статье Эйнштейна по броуновскому движению и той, что он написал в 1906 году, физики наконец согласились с подлинностью предметов, которые не могут ни потрогать, ни увидеть, – именно это без особого успеха проповедовал сам Больцман аж с 1860-х годов.

За три десятилетия ученые, применив новые уравнения, описывающие атом, подошли к возможности объяснять глубинные законы химии и, наконец, растолковать и доказать представления Дальтона и Менделеева. Взялись они и за работу над воплощением мечты Ньютона о постижении свойств материалов на основании анализа сил, что действуют между частицами, составляющими их, то есть атомами. К 1950-м годам ученые продвинутся еще дальше и применят знание атома к более глубокому пониманию биологии. А во второй половине XX века теория атома проложит путь технологической, компьютерной и информационной революциям. Начавшись с анализа движения частицы пыльцы, новое знание превратится в инструмент, который преобразит современный мир.

Законы, на которых зиждутся все перечисленные практические начинания, и уравнения, описывающие свойства атома, не могли бы, тем не менее, возникнуть из классической физики Ньютона – и даже из

поправленной «релятивистской» формы его не могли бы. Описание атома требовало новых законов природы – квантовых, и именно квант стал предметом второй революционной статьи Эйнштейна в 1905 году.

В той статье под названием «Об одной эвристической точке зрения, касающейся возникновения и превращения света»[349] Эйнштейн взял представления Планка и вывел из них глубокие физические принципы. Эйнштейн осознавал, что, как и теория относительности, квантовая теория – вызов Ньютону. Но тогда квантовая теория еще никак не намекала ни на масштаб этого вызова, ни на ошеломляющие философские последствия, которые возникнут при дальнейшем ее развитии, и потому Эйнштейн не понимал, во что он вдохнул жизнь.

Поскольку «точка зрения», которую Эйнштейн представил в своей работе, предполагала обращение со светом как с квантовой частицей, а не как с волной, то есть не в соответствии с успешнейшей теорией Максвелла, к статье отнеслись не так, как к другим его переворотным работам 1905 года. Еще точнее: физическому сообществу на принятие этой статьи потребовался десяток лет. Чувства самого Эйнштейна по этому поводу наглядно иллюстрирует письмо, написанное им другу в 1905 году[350], до отправки всех трех статей. О своей работе по относительности Эйнштейн заметил, что часть ее «тебя заинтересует». Меж тем работу по квантовым воззрениям он назвал «очень революционной». И, конечно, именно она оказала наиболее мощное влияние, и, в частности, за нее Эйнштейн получил в 1921 году Нобелевскую премию.

* * *

Эйнштейн неслучайно принялся за квантовую теорию там, где Планк ее бросил. Как и Планк, Эйнштейн начал свою карьеру в тех же застойных водах – в термодинамике, и трудился над вопросами, связанными с ролью атомов. Но в отличие от Планка Эйнштейн был для современной физики человеком посторонним. И в отношении атома у Эйнштейна с Планком были диаметрально противоположные цели: Планк своей диссертацией стремился выпихнуть понятие атома из физики, а Эйнштейн говорил, что задача его первых статей, написанных между 1901 и 1904 годами, – «найти факты, гарантирующие как можно точнее существование атомов определенных конечных размеров»[351], и в 1905 году в своем революционном исследовании обусловленности броуновского движения

случайными перемещениями атомов он этой цели наконец достиг.

Но хотя Эйнштейн и помог физикам окончательно принять понятие атома, в своей работе, посвященной квантовой теории Планка, Эйнштейн ввел новую «атомоподобную» теорию света, которую физикам оказалось еще труднее усвоить. Изучив исследования абсолютно черного тела, проделанные Планком, Эйнштейн пришел к своей собственной теории. Не удовлетворившись рассуждениями Планка, он разработал собственные математические приемы понимания этого явления. И хотя пришел он к тому же заключению – что излучение абсолютно черного тела можно объяснить лишь в понятиях кванта, – в его объяснении содержалось важнейшее, пусть и чисто техническое с виду, отличие: Планк допустил, что дискретный характер энергии излучения происходит от особенностей осцилляции атомов и молекул абсолютно черного тела, происходящей при излучении, а Эйнштейн счел дискретную природу неотъемлемым свойством самого излучения.

Эйнштейн рассматривал излучение абсолютно черного тела как доказательство радикально нового закона природы: вся электромагнитная энергия передается конечными «пакетами», а излучение состоит из частиц, подобных атомам света. Именно благодаря этому прозрению Эйнштейн первым осознал, что квантовый принцип – революционен, что он – фундаментальная сторона нашего мира, а не просто удобный частный математический прием, примененный для объяснения излучения абсолютно черного тела. Он назвал частицы излучения световыми квантами, а в 1926 году его световые кванты получат свое современное имя – фотоны.

Брось Эйнштейн это дело на полпути, его теория фотонов стала бы лишь очередной моделью, выдуманной, как Планкова, для объяснения излучения абсолютно черного тела. Но, если представление о фотоне в самом деле фундаментально, оно должно прояснить природу и других явлений, а не только того, ради которого его измыслили. Эйнштейн обнаружил одно такое явление – фотоэлектрический эффект.

Фотоэлектрический эффект – явление, при котором свет, направленный на металл, вызывает электронную эмиссию. Испускаемые электроны можно зарегистрировать в виде электрического тока и применять в разных приборах. Это явление сыграет ключевую роль в развитии телевизионной техники и по-прежнему применяется в приспособлениях типа детекторов дыма и сенсоров, не дающих дверям лифта закрыться, когда вы в него входите. В последнем случае луч света пересекает вход в лифт и падает на фотоэлектрический рецептор на

противоположной стороне, при этом генерируется электрический ток; заходя в лифт, вы разрываете собой луч света и, соответственно, ток перестает генерироваться, а производители лифтов устроили все так, что, когда ток прекращает течь, двери не закрываются.

Что свет, направленный на металлы, может генерировать электрический ток, обнаружил в 1887 году немецкий физик Генрих Герц [Хайнрих Херц] – он первым осознанно произвел и засек электромагнитные волны от электрических разрядов, и именно в честь него названа единица частоты, герц. Но Герц не мог объяснить фотоэлектрический эффект, поскольку электроны тогда еще не открыли. Это случилось в лаборатории британского физика Дж. Дж. Томсона в 1897 году – через три года после смерти Герца в возрасте тридцати шести лет от редкого заболевания, при котором воспаляются кровеносные сосуды.

Существование электрона предложило простое объяснение фотоэлектрического эффекта: волна света ударяется о металл, происходит возбуждение электронов металла, и они вылетают вовне и являют себя в виде искр, излучения и тока. Вдохновленные работой Томсона физики принялись изучать этот эффект в подробностях. Но продолжительные и трудные эксперименты постепенно выявили особенности фотоэлектрического эффекта, не отвечавшие теоретической картине.

К примеру, если увеличить интенсивность светового луча, электронов с металлической поверхности срывается больше, но на энергии их это увеличение не сказывается. А это противоречит предсказанию классической физики: чем интенсивнее свет, тем больше в нем энергии, а значит при ее поглощении электроны должны вылетать быстрее, с большей энергией.

Эйнштейн размышлял над этой загадкой несколько лет и в 1905 году наконец внес квантовую поправку: полученные данные можно объяснить, если свет состоит из фотонов. Картина фотоэлектрического эффекта, предложенная Эйнштейном, такова: каждый квант света, попадающий на металл, передает свою энергию некоему конкретному электрону. Энергия, которую несет каждый фотон, пропорциональна его частоте, или «цвету», света, и, если фотон доносит достаточно энергии, он вышибет электрон с поверхности металла. Свет более высокой частоты состоит из фотонов с большей энергией. Однако, если увеличить лишь интенсивность света (а не частоту), в потоке света будет больше фотонов, но у них не будет больше энергии. В результате свет большей интенсивности выбьет из металла больше электронов, но энергия этих электронов будет та же – и именно это наблюдается в эксперименте.

Предположение, что свет состоит из фотонов – частиц – противоречило Максвелловой премного любимой всеми теории электромагнетизма, которая постановляла, что свет – волна. Эйнштейн выдвинул догадку – и не ошибся, – что классические «максвелловские» волновые свойства света могут возникать, когда оптическое наблюдение за светом предполагает воздействие громадного количества фотонов, что в обычных обстоятельствах и происходит.

Лампочка в сотню ватт, к примеру, испускает примерно миллиард фотонов в одну миллиардную секунды. Квантовая же природа света проявляется, когда исследованию подвергается свет низкой интенсивности – или же, как в случае кое-каких явлений, например, фотоэлектрического эффекта, чей механизм связан с дискретностью природы фотонов. Но рассуждений Эйнштейна оказалось недостаточно, чтобы убедить остальных принять его радикальные взгляды, и встретили их со значительным и почти поголовным скептицизмом.

Особенно мне люб один комментарий на работу Эйнштейна – рекомендация 1913 года[352], написанная совместно Планком и еще несколькими ведущими физиками по случаю принятия Эйнштейна в почтенную Прусскую академию наук: «В общем, можно сказать, что это далеко не самая значимая задача, на кои так богата современная физика, в которую Эйнштейн и заметного вклада не внес. То, что он иногда промахивается мимо цели в своих рассуждениях, как, например, в гипотезе световых квантов, не следует ставить ему в упрек, ибо невозможно предложить по-настоящему новое воззрение, даже в самых точных науках, если временами не рисковать».

* * *

Как ни парадоксально, именно один из первых противников фотонной теории Роберт Милликен позднее произвел точные замеры, подтвердившие закон Эйнштейна, который описывает энергию эмитированных фотоэлектронов, – и получил за эти усилия Нобелевскую премию 1923 года (а также и за измерение заряда электрона). Эйнштейн получил Нобелевскую премию в 1921-м с такой формулировкой: «Альберту Эйнштейну за служение теоретической физике и особенно за открытие закона фотоэлектрического эффекта»[353].

*Альберт Эйнштейн, 1921 год*

Нобелевский комитет решил признать уравнение Эйнштейна, зато не удостоил вниманием интеллектуальную революцию, благодаря которой ему удалось его вывести. Никто не помянул ни световые фотоны, ни Эйнштейнов вклад в квантовую теорию. Абрахам Пайс назвал это «исторической недооцененностью, но также и точным отражением единства мнений физического сообщества»[354].

Сомнения в фотоне и в квантовой теории в целом окончательно разрешатся до конца десятилетия – благодаря созданию формальной теории «квантовой механики», которые потеснят Ньютоновы законы движения с их места фундаментальных принципов, управляющих движением предметов и их откликом на приложенные к ним силы. Когда эта теория наконец возникла, Эйнштейн признал ее успех, однако теперь сам восстал против кванта.

Отказываясь принять квантовую теорию как окончательную, Эйнштейн никогда не уставал верить, что она будет рано или поздно замещена еще более фундаментальной теорией, которая восстановит традиционные представления о причине и следствии. В 1905 году он опубликовал три статьи, и каждая изменила ход жизни физики, однако

остаток своих дней безуспешно пытался добиться другого результата – повернуть вспять то, что сам начал. В 1951 году, в одном из последних писем своему другу Микеле Бессо, Эйнштейн признал, что потерпел поражение. «Пятьдесят лет размышлений, – писал он, – нисколько не приблизили меня к ответу на вопрос “Что есть световой квант?”»[355].

# Глава 11
# Царство незримого

Заработав себе докторскую степень, я получил место младшего научного сотрудника в Калтехе и взялся искать себе тему для дальнейших трудов, чтобы не вылететь из науки и не занять более доходную позицию официанта в факультетском клубе. Как-то раз после одного семинара я разговорился с физиком Ричардом Фейнманом о теории под названием струнная. Фейнман, которому в те поры перевалило за шестьдесят, среди своих коллег-физиков был, вероятно, самым почитаемым на свете. Ныне многие (хотя отнюдь не все) считают теорию струн главным кандидатом на единую теорию всех сил природы, святой грааль теоретической физики. Но в те времена о ней мало кто слышал, а из них, в свою очередь, ею мало кто увлекался – включая Фейнмана. Он как раз брюзжал по поводу теории струн, когда в разговор вмешался гость нашего факультета, прибывший из университета в Монреале: «Мне кажется, не стоит отвращать молодых людей от исследования новых теорий лишь потому, что они не приняты светилами физики»[356], – сказал он Фейнману.

Отвергал ли Фейнман теорию струн, потому что она казалась ему слишком большим отрывом от его устоявшейся системы верований, и он не мог пересмотреть свои взгляды? Или он сделал бы те же выводы о недостатках этой теории, даже если б она не размежевывалась с предыдущими теориями столь категорически? Этого мы не знаем, но Фейнман ответил гостю, что он не отсоветовал мне работать над чем бы то ни было новым, а просто мне следует быть осторожным, иначе, если дело не выгорит, я впустую потрачу уйму времени. Гость возразил: «Ну, я со своей теорией возился двадцать лет», – и пустился объяснять ее, в изнурительнейших подробностях. Когда он договорил, Фейнман повернулся ко мне и заметил, прямо в присутствии человека, который только что с гордостью изложил свою теорию: «Именно это я и имел в виду под впустую потраченным временем».

Передний край научных исследований укрыт туманом, и любой деятельный ученый неизбежно приложит зряшные усилия, следуя неинтересным тупиковым путям. Но одна черта, отличающая успешного физика, – чутье (или удача) при выборе задач, которые окажутся одновременно и познавательными, и решаемыми.

Я сравнивал страсть физиков с пылом художников, но мне всегда

казалось, что у художников перед физиками есть большое преимущество: в искусстве, сколько бы ваши коллеги и критики ни говорили, что ваша работа – фуфло, никто не сможет этого доказать. Но не в физике. В физике утешать может лишь то, что вам пришла в голову «красивая мысль», пусть она и оказалась ошибочной. И потому в физике, как и в любом поле новаторства, приходится блюсти непростое равновесие: выбирать задачи с осторожностью, но с ней не перебарщивать, иначе никогда не родится ничего нового. Именно поэтому так ценна в науке система пожизненных ставок – она обеспечивает безопасность падения, а это необходимо для поддержки творчества.

Если вглядеться в прошлое, может показаться, что Эйнштейнова увлекательная теория фотонов – световых квантов, – должна была немедленно подпитать уйму новых исследований юной квантовой теории. Но современникам Эйнштейна еще предстояло познакомиться со множеством доказательств существования фотона, хватало им и поводов для скептицизма, а работа над фотонной теорией требовала большого интеллектуального авантюризма и смелости.

Даже юные физики, обычно самые неудержимые, пусть речь идет о задаче, которая может не выгореть или, более того, вызвать насмешки, и чье мировоззрение все еще пластично, проходили мимо и темами своих докторских диссертаций и дальнейших трудов выбирали что угодно, только не Эйнштенову чокнутую фотонную теорию.

Без всякого развития прошло почти десять лет. Эйнштейну перевалило за тридцать, он стал довольно взрослым теоретиком-новатором и много времени посвящал другой революционной теме: расширению, или обобщению, своей специальной теории относительности, предъявленной в 1905 году, – чтобы она охватывала и силу тяготения. (Специальная теория относительности – модификация Ньютоновых законов движения, общая теория относительности заместила Ньютонов закон всемирного тяготения, однако потребовала от Эйнштейна скорректировать специальную теорию относительности.) Невнимание Эйнштейна к фотонной теории подтолкнуло Роберта Милликена написать: «Вопреки… с виду полному успеху Эйнштейнова уравнения [для фотоэлектрического эффекта], физическая теория [фотона], кою это уравнение и описывает, до того непригодна, что даже сам Эйнштейн, насколько я понимаю, за нее не держится»[357].

Милликен заблуждался. Эйнштейн не отказался от фотона, однако, поскольку внимание ученого было занято другим, вполне понятно, почему Милликену так показалось. И все же ни фотон, ни квантовая теория,

которую он породил, не умерли. Напротив, они вскоре станут звездами – благодаря Нильсу Бору (1885–1962), двадцати-с-чем-то-летнему молодому человеку, который ни укоренился в убеждениях, ни имел достаточно опыта, чтобы отказаться от риска потратить время и бросить вызов нашим представлениям о законах, правящих миром.

* * *

Когда Нильс Бор учился в школе[358], ему рассказывали, как греки придумали натурфилософию, и что уравнения Исаака Ньютона, описывавшие отклик физических тел на воздействие силы тяготения, – первый громадный шаг к пониманию устройства мира, поскольку благодаря им ученые могут производить количественные оценки движения падающих и движущихся по орбите тел. Бора учили и тому, что незадолго до его рождения Максвелл добавил к трудам Ньютона теорию, как предметы взаимодействуют с электрическими и магнитными полями и генерируют их, – и таким образом довел мировоззрение Ньютона до его вершины.

Физики во времена юности Бора, казалось, располагали теорией и сил, и движения, включавшей в себя все взаимодействия, какие есть в природе и известные на ту пору. Бор, однако, не ведал вот чего: на рубеже веков, когда сам он поступил в Университет Копенгагена и принялся за свою научную работу, почти через двести лет все более поразительных успехов мировоззрение Ньютона готово было того и гляди рухнуть.

Как мы уже убедились, ньютонианство оказалось под сомнением, поскольку новая теория Максвелла хоть поначалу и позволила расширить Ньютоновы законы движения на множество других явлений, позднее оказалось, что излучение абсолютно черного тела и фотоэлектрический эффект, например, не укладываются в предсказания Ньютоновой (классической) физики. Однако прорывы в развитии теории, осуществленные Эйнштейном и Планком, стали возможны лишь благодаря техническим нововведениям, позволившим экспериментаторам исследовать физические процессы с участием атома. И именно этот поворот событий вдохновил Бора, поскольку он питал большое почтение – и располагал изрядным даром – к экспериментальной работе.

Годы, посвященные Бором его диссертации, несомненно, увлекательны – особенно тем, кому интересна экспериментальная физика. В те годы технические новшества вроде вакуумированных стеклянных

трубок со встроенным в них источником тока – предшественников электронно-лучевых трубок, сиречь экранов старых телевизоров, привели ко множеству важных открытий. Например: открытие Вильгельмом Рентгеном [Вильхельмом Рёнтгеном] лучей, названных его именем (1895); открытие Томсоном электрона (1897); осознание физиком новозеландского происхождения Эрнестом Резерфордом [Разерфордом], что атомы некоторых химических элементов вроде урана или тория испускают загадочное излучение (1899–1903). Резерфорд (1871–1937) описал даже не одного, а целых трех обитателей этого зверинца загадочных лучей – альфа-, бета– и гамма-излучение. По его рассуждению, эти три излучения – ошметки, образующиеся после того, как атомы одного элемента самопроизвольно распадаются и образуют атомы другого элемента.

Открытия Томсона и Резерфорда оказались особенно сродни откровению, поскольку описывали атом и его составляющие, кои, как выяснилось, при помощи законов Ньютона ни описать, ни даже вместить в систему классической физики не получается. И потому эти новые наблюдения, как впоследствии станет ясно, потребовали совершенно нового подхода к физике.

И все же, пусть и теоретические, и экспериментальные успехи того времени кружили голову, первоначальный отклик физического сообщества на бо́льшую часть этих успехов свелся к следующему: примем охолонин и сделаем вид, что ничего этого на самом деле не происходит. И потому отмахнулись не только от кванта Планка и фотона Эйнштейна, но и от этих революционных экспериментов.

*Эрнест Резерфорд*

До 1905 года считавшие атом метафизической чепухой относились к разговорам об электронах, предполагаемых составляющих атома, примерно так же серьезно, как атеист относится к дискуссиям о том, мужчина Бог или женщина. Удивительнее же вот что: тем, кто все-таки верил в существование атомов, электроны не понравились – потому что электрон считался «частью» атома, а атом, по определению, – штука неделимая. До того фантасмагорическим казался электрон Томсона[359], что один знаменитый физик сказал ему, что принял все это за «розыгрыш».

Так же и с предположением Резерфорда о том, что атом одного элемента может распасться до атома другого, – все решили, что оно исходит от человека, отрастившего себе длинную бороду и облачившегося в мантию алхимика. В 1941 году ученые узнали[360], как превратить ртуть в золото – прямо-таки мечта алхимика, – бомбардируя ртуть нейтронами в ядерном реакторе. Но в 1903-м коллегам Резерфорда принять смелые заявления о трансмутации не хватило авантюрности. (При этом, как ни странно, на возню со светящимися радиоактивными цацками, которые им выдал Резерфорд, им авантюрности достало, и они тем самым получили дозу облучения от процесса, который, как они считали, и не происходит вовсе.)

Шквал диковинных статей с результатами исследований и в теоретической, и в экспериментальной физике казался многим, вероятно,

примерно тем же, чем нам ныне – обилие литературы по социопсихологии, в которых исследователи регулярно объявляют об открытиях вроде: «Люди, которые едят виноград, чаще попадают в аварии на дороге». Но на самом деле, хоть выводы физиков и выглядели несусветными, они оказались верны. И постепенно накопленные экспериментальные данные, подкрепленные теоретическими доводами Эйнштейна, вынудили физиков принять существование и атома, и его составных частей.

За работу, приведшую к открытию электрона, Томсон получил Нобелевскую премию по физике 1906 года, а Резерфорд – по химии, в 1908 году, за работы, благодаря которым стало ясно, что алхимики в мантиях все же кое-что смекали.

Вот какова была сцена физических исследований 1909 года, на которую взошел Нильс Бор. Он был на пять лет младше Эйнштейна, однако этот разрыв оказался достаточно велик, чтобы Бор попал в другое поколение – в то, которое выходило на поле физики, уже приняв и атом, и электрон, хотя на фотон это доверие все еще не распространялось.

Темой докторской диссертации Бор выбрал анализ и критику теоретических выкладок Томсона. Завершив работу, Бор успешно обратился за грантом, который позволил бы ему трудиться в Кембридже и получать отзывы великого ученого. Обсуждение идей – ключевое свойство науки, и потому обращение Бора к Томсону с критикой, конечно, не равносильно замечанию студента, адресованному Пикассо, дескать, у лиц на ваших картинах перебор углов, – но все же что-то близкое к тому. И Томсон, разумеется, не рвался одарять критика-выскочку вниманием. Бор пробыл рядом почти год, но Томсон так и не обсудил с ним его диссертацию – он ее даже не читал.

Невнимание Томсона оказалось тем самым несчастьем, что помогло счастью: маясь в Кембридже из-за провалившегося плана задействовать Томсона, Бор встретил Резерфорда, заехавшего с визитом. Резерфорд сам работал под началом Томсона в свои молодые годы, но ко времени встречи с Бором уже был ведущим физиком-экспериментатором и директором центра изучения радиации в Университете Манчестера. Резерфорду, в отличие от Томсона, соображения Бора понравились, и он пригласил его к себе в лабораторию на работу.

Резерфорд с Бором составляли странный тандем. Резерфорд – человек-гора, энергичный, широкий и высокий, с сильным лицом и до того раскатистым, громовым голосом, что насылал помехи на чувствительное оборудование. Бор – утонченный и гораздо более мягкий, и на вид, и по натуре, с вислыми щеками, тихим голосом и легким дефектом речи.

Резерфорд говорил с густым новозеландским акцентом, Бор – на бедном датском английском. Резерфорд, когда ему перечили, выслушивал с интересом, после чего завершал разговор, не удостаивая собеседника отпором. Бор упивался интеллектуальными стычками и творчески мыслил, лишь когда мог постоянно обмениваться с кем-нибудь мнениями и спорить.

Работа в паре с Резерфордом стала для Бора счастливой передышкой: хотя Бор отправился в Манчестер, думая, что сможет проводить эксперименты с атомом, прибыв туда, он очертя голову набросился на теоретическую модель атома, основанную на Резерфордовых экспериментальных данных, с которой сам Резерфорд и возился. Именно благодаря теоретической работе, которую он проделал по «атому Резерфорда», Бор смог оживить дремавшую квантовую идею и завершить за Эйнштейна работу, посвященную фотону: это Бор поместил представление о фотоне на карту наших знаний – навсегда.

* * *

Когда Бор прибыл в Манчестер, Резерфорд занимался экспериментами, призванными изучить распределение заряда внутри атома. Он решил разобраться с этим вопросом, анализируя особенности воздействия заряженных частиц, если ими стрелять, как пулями, по атому. Он взял альфа-частицы, которые сам же и открыл; мы теперь знаем, что это просто положительно заряженные ядра гелия.

Резерфорд еще не составил свою модель атома, однако допускал, что атом довольно прилично описывается другой моделью – Томсоновой. Протон и атомное ядро еще пока не открыли[361], и в модели Томсона атом состоял из рассеянной жидкости положительного заряда, в которой плавало множество электронов, компенсирующих этот положительный заряд. Поскольку масса электронов очень мала, Резерфорд думал, что, подобно марблам на пути пушечного ядра, они в движении массивных альфа-частиц мало что изменят. А вот гораздо более тяжелую жидкость положительного заряда и то, как она распределена, имело смысл изучать.

Аппарат Резерфорда был прост. Луч альфа-частиц испускало радиоактивное вещество вроде радия, и этот луч направляли на тоненькую золотую фольгу. Позади фольги размещался маленький экран. Альфа-частицы проходили сквозь фольгу и ударялись в экран, от чего получались крошечные почти невидимые вспышки света. Сидя перед экраном с лупой можно, несколько напрягшись, засечь место вспышки и определить,

насколько отклонилась альфа-частица при соударении с атомами фольги.

Хотя Резерфорд уже прославился на весь мир, его работа и рабочее пространство были далеки от шикарных. Лаборатория – сырой мрачный подвал, по полу и потолку проложены трубы. Потолок так низок, что цепляешься головой, а пол такой неровный, что можно было налететь на трубу в полу еще до того, как утихнет боль от удара головой. Самому Резерфорду для проведения замеров терпения не хватало, и как-то раз пару минут попытавшись половить вспышки, он выругался и бросил это дело. Его ассистент, немец Ганс Гейгер [Ханс Хайгер], напротив, был богом однообразной деятельности. Ирония истории: позднее он перечеркнет ценность этой своей добродетели, изобретя счетчик имени себя самого.

Резерфорд предполагал, что тяжелые, положительно заряженные альфа-частицы по большей части будут пролетать сквозь фольгу в зазорах между атомами золота слишком далеко от них, и потому искривление траектории будет незаметно. Однако некоторые, рассуждал он, все же пролетят сквозь один или даже несколько атомов и потому отклонятся – самую малость – от прямой, из-за отталкивания их рассеянного положительного заряда. Эксперимент в целом, несомненно, прояснит устройство атома, но скорее благодаря чистой удаче, нежели в соответствии с тем, как Резерфорд его замыслил.

Поначалу все данные, собранные Гейгером, соответствовали ожиданиям Резерфорда и совпадали с моделью Томсона. Но однажды в 1909 году Гейгер предложил «небольшое исследование» юному студенту Эрнесту Марсдену – просто чтоб пороху нюхнул. Резерфорд, сидя на занятиях по теории вероятностей на математическом факультете, подумал, что есть небольшая вероятность отклонения альфа-частиц на некий больший угол, нежели позволял зарегистрировать Резерфордов прибор. И он предложил Гейгеру поручить Марсдену провести модифицированный эксперимент и проверить эту возможность.

Марсден принялся искать частицы, отклонявшиеся в полете от прямой сильнее, чем до него искал Гейгер, – даже с таким большим углом отклонения, что, окажись это правдой, нарушило бы всё, что Резерфорд «знал» об устройстве атома. Задача, по мнению Резерфорда, почти точно равнялась колоссальной потере времени. Иными словами, отличная для студиозуса задачка.

Марсден прилежно следил, как альфа-частицы одна за другой пролетали сквозь фольгу в полном соответствии с ожиданиями, без всяких резких отклонений. И тут случилось нечто практически невообразимое: на экране, расположенном сильно в стороне, возникла вспышка. В конце

концов из многих тысяч альфа-частиц, которые пронаблюдал Марсден, лишь горстка отклонилась под большими углами, а парочка отлетела назад, почти как бумеранг. Этого было достаточно.

Услыхав эти новости, Резерфорд сказал, что это «едва ли не самое невероятное событие в моей жизни. Это почти так же невероятно, как стрелять 15-дюймовыми снарядами по бумажной салфетке и получать их рикошетом назад»[362]. Такой отзыв объясняется вот чем: вся его математика говорила ему, что должно быть в золотой фольге нечто немыслимо крошечное и мощное, чтобы возникали, пусть и редко, столь сильные отклонения в траектории. Вот так Резерфорд не прояснил модель Томсона – он установил, что модель Томсона ошибочна.

*Эксперимент Резерфорда с золотой фольгой*

Перед проведением эксперимента Марсденом весь этот проект казался несуразным – вроде той деятельности, от которой меня отговаривал Фейнман. Однако в течение века, последовавшего за этим экспериментом, его возносили как гениальный. И, разумеется, без него вряд ли возник бы

«атом Бора», а это значит, что и непротиворечивая теория кванта возникла бы – если бы вообще возникла – на много лет позже. Что, в свою очередь, сильно повлияло бы на наш так называемый технический прогресс. Уж точно отсрочилась бы разработка атомной бомбы, а значит, ее не сбросили бы на Японию и тем спасли жизни многим-многим невинным японским гражданам, но, возможно, это стоило бы жизней многих-многих солдат, которые сгинули бы при вторжении союзников. Отложились бы многие другие изобретения – транзистор, например, а без него не началась бы компьютерная эра. Трудно в точности оценить все последствия, если бы тот единственный, с виду бессмысленный студенческий эксперимент не состоялся, но можно с уверенностью говорить, что мир сегодня выглядел бы несколько иначе. И вновь мы видим тонкую грань между странноватым чокнутым проектом и новаторской мыслью, которая меняет всё.

В дальнейшем Резерфорд курировал много других экспериментов, в которых Гейгер и Марсден пронаблюдали более миллиона вспышек. На собранных данных он составил свою теорию устройства атома, отличную от Томсоновой, но она все еще описывала электроны как обращающиеся по концентрическим орбитам тела, однако положительный заряд более не был рассеян, а наоборот – собран в крошечном центре атома. Гейгер с Марсденом, впрочем, вскоре каждый пошли своей дорогой[363]. Во время Первой мировой войны они воевали на противоположных сторонах, а во Второй мировой применяли свои знания против друг друга: Марсден трудился над новой технологией радара, а Гейгер, поддерживая нацистов, участвовал в разработке немецкой атомной бомбы.

Атом Резерфорда – модель, которой нас учат в средней школе: электроны вращаются вокруг ядра, как планеты – вокруг Солнца. Как и многие научные представления, это, если свести его к повседневным похожим примерам вроде школьного, смотрится неприхотливо, однако подлинная гениальность этой модели – именно в «технических» затейливостях, утерянных при усушке и утруске, неизбежных при составлении простых схем. Интуитивная картинка – вещь полезная, однако любую мысль в физике делают жизненной математические следствия. И потому физик должен быть не просто мечтателем, но и техником.

*Предсказанное отклонение альфа-частиц: по Томсону (слева) и по Резерфорду (справа)*

Резерфорду-мечтателю эксперимент подсказал, что львиная доля массы атома и весь его положительный заряд должны быть сосредоточены в центре его, в невероятно крошечном шарике заряженной материи, настолько плотной, что одна чашка ее будет весить в сто раз больше Эвереста[364]. (То, что ни вы, ни я и близко не такие тяжелые, – подтверждение факта, что ядро есть малюсенькая точка в центре атома, который в основном – пустое пространство.) Позднее Резерфорд назовет эту центральную часть атома ядром.

Резерфорд-техник одолел сложные математические расчеты и обнаружил: если картина, которую он себе представляет, действительно верна, в экспериментах должно было получаться именно то, что наблюдала его команда. Большинство быстрых и тяжелых альфа-частиц пролетит сквозь золотую фольгу, мимо крохотных атомных центров, и в результате траектория их полета изменится лишь слегка. Меж тем некоторые, пролетающие вблизи ядер, столкнутся с сильным полем и претерпят значительное отклонение от прямого маршрута. Мощь этого силового поля – прямо-таки из научной фантастики, как для нас – силовые поля из фильмов. Но пусть мы не имеем возможности генерировать поля такой силы в макромире, они существуют внутри атома.

Важный нюанс открытия Резерфорда: положительный заряд ядра сосредоточен в его центре, а не распределен равномерно по объему. Его представление, будто электроны вращаются вокруг ядра подобно планетам вокруг Солнца, напротив, было совершенно ошибочным – и он это

понимал.

Во-первых, аналогия с Солнечной системой не учитывает взаимодействия между планетами этой системы, – как не учитывает она и взаимодействия между разными электронами внутри атома. Эти взаимодействия совсем не одинаковы. Планеты, у которых солидная масса, но никакого общего электрического заряда, взаимодействуют гравитационно; электроны, у которых есть заряд, а масса мала, взаимодействуют электромагнитно. Сила тяготения чрезвычайно слаба, и потому притяжение планет друг к другу настолько мало, что для многих практических целей им можно пренебречь; электроны же воздействуют друг на друга мощнейшим электромагнитным отталкиванием, которое быстро нарушило бы аккуратненькие круговые орбиты.

Во-вторых – и это вопиющая нестыковка, – и планеты, и электроны, двигайся они по кругу, испускали бы волны энергии: планеты – гравитационной, электроны – электромагнитной. Опять-таки, сила тяготения очень слаба, и за миллиарды лет существования нашей Солнечной системы планеты потеряли ну, может, несколько процентов своей энергии. (На самом деле об этом эффекте и не догадывались, пока в 1916 году его не предсказала теория тяготения Эйнштейна.) Электронное же взаимодействие настолько сильно, что, согласно теории Максвелла, движущиеся по орбите электроны Резерфорда испустят всю свою энергию и плюхнутся на ядро примерно за одну стомиллионную секунды. Иными словами, если бы модель Резерфорда была верна, Вселенной в известном нам виде не существовало бы.

Вот она, расчетная оценка, какая запросто может потопить любую теорию: объявление о том, что Вселенной не существует. Так отчего же тогда относиться к такой теории серьезно?

Здесь возникает еще одна важная особенность развития науки: большинство теорий – не потрясающие новости планетарного масштаба, а, скорее, частные модели, нацеленные на описание конкретной ситуации. И потому, даже если в них есть недочеты, и сам автор модели знает, что не во всех случаях она работает, польза от нее все равно может быть.

В случае с атомом Резерфорда физики, занятые изучением атома, оценили, что эта модель дает точные прогнозы устройства ядра, и постановили, что дальнейшие эксперименты проявят, каких ключевых фактов не достает, чтобы разобраться, как во всё это встроены электроны и почему атом стабилен. Неочевидно было другое: атому требовалось не просто объяснение похитрее – нужно было революционное объяснение. Бледный и скромный Нильс Бор, однако, смотрел на все иначе. Юному

Бору атом Резерфорда и его противоречия виделись стогом сена, в котором притаилась золотая иголка. И он был исполнен решимости ее найти.

* * *

Бор задался вопросом: если атом не испускает волн энергии, как того требует классическая теория (по крайней мере, согласно модели Резерфорда), может ли так быть, что атом не подчиняется классическим законам? Следуя этому рассуждению, Бор обратился к работе Эйнштейна о фотоэлектрическом эффекте. Он задумался, что может получиться, если включить атом в представление о кванте. То есть а что если атом, как световые кванты Эйнштейна, может иметь энергию лишь определенного значения? Эта мысль привела его к пересмотру модели Резерфорда и созданию того, что впоследствии станет называться Боровской моделью атома.

Бор применил этот подход к простейшему атому – атому водорода, состоящему из одного электрона, обращающегося вокруг ядра, которое представляет собой одинокий протон. Трудность этого предприятия[365] можно проиллюстрировать фактом, что в те поры такое простое устройство атома водорода не было очевидным: из серии экспериментов, проведенных Томсоном, Бору пришлось сделать вывод, что у водорода всего один электрон.

Ньютонова физика дает расчетную оценку, что электрон может обращаться по орбите вокруг ядра (которое в случае водорода – просто протон) на любом расстоянии, если скорость и энергия его имеют подходящие значения, определяемые этим расстоянием. Чем меньше расстояние от электрона до протона, тем ниже должна быть энергия атома. Однако предположим, в духе Эйнштейна, что собираемся воспротивиться теории Ньютона, введя новый закон, повелевающий атому – по некой неведомой пока причине – иметь не какое попало значение энергии, а лишь взятое из дискретного набора возможностей. Поскольку радиус орбиты определяется энергией, это ограничение на допустимые значения энергии означает ограничение возможных значений радиусов орбит, по которым может перемещаться электрон. Сделав такое допущение, мы говорим, что энергия атома и радиусы электронных орбит квантуются.

Бор постановил: если свойства атома квантуются, электрон не может непрерывно съезжать по спирали к ядру и терять энергию, как велит классическая Ньютонова теория, – электрон может терять энергию только

«порциями», переходя с одной разрешенной орбиты на другую. Боровская модель подразумевает, что электрон в атоме, возбуждающемся при поступлении энергии извне – например, от фотона, – переходит на одну из более удаленных от ядра и более энергетически насыщенных орбит. А всякий раз, когда происходит скачок на орбиту поближе к ядру, с энергией пониже, испускается квант света – фотон, а его частота соответствует разнице в энергиях между двумя орбитами.

Теперь предположим, что, опять-таки по доселе неведомой причине, есть самая близкая к ядру допустимая орбита – с самой низкой энергией, которую Бор назвал «основным уровнем». В этом случае, когда электрон достигает этого состояния, он более не может терять энергию и потому не падает на ядро, как предсказывала модель Резерфорда. Бор предположил, что похожая, но, быть может, более сложная схема применима и к другим химическим элементам, в чьих атомах много электронов: он считал квантование ключом к устойчивости Резерфордова атома, а следовательно – и всей материи во Вселенной.

Как работа Планка по излучению абсолютно черного тела, как объяснение Эйнштейном фотоэлектрического эффекта, так и соображения Бора не выводились из общей квантовой теории, а скорее были частными толкованиями одного определенного случая – например, устойчивости Резерфордова атома. Такова человеческая находчивость: невзирая на отсутствие «материнской» теории, модель Бора, как и модели Планка и Эйнштейна, по сути своей были верны.

Бор позднее скажет, что его размышления об атоме кристаллизовались лишь после случайного разговора с другом в феврале 1913 года. Тот друг напомнил ему о законах в спектроскопии – области науки, изучающей свет, испускаемый веществом в газовом состоянии при возбуждении, скажем, электрическим разрядом или сильным нагреванием. Было давно известно, что – по причинам, которые тогда еще предстояло понять, – каждое простое газообразное вещество испускает специфическую группу электромагнитных волн, характеризующихся конечным набором частот. Эти частоты именуются спектральными линиями и образуют своего рода отпечатки пальцев, по которым можно опознать, что это за химический элемент. Поговорив с другом, Бор понял, что с помощью своей модели атома может составить прогноз «отпечатков пальцев» водорода и так увязать свою теорию с проверкой опытными данными. Именно этот шаг в науке возносит мысль от многообещающего или «красивого» предположения к серьезной теории.

Доделав математику, Бор совершенно опешил: различия в энергии у

«разрешенных» орбит воспроизводили в точности те самые частоты, чьи спектральные линии были получены в многочисленных экспериментах. Трудно вообразить себе воодушевление двадцатисемилетнего Бора в ту минуту: применив свою простенькую модель, он воспроизвел загадочные уравнения спектроскопистов и объяснил, откуда они берутся.

Бор опубликовал свой шедевр, посвященный атому, в июле 1913 года. Ради этой победы он изрядно потрудился. С лета 1912-го до того вдохновенного мига в феврале 1913-го он день и ночь возился со своими соображениями и выкладывался так, что даже прилежные его коллеги диву давались. Они даже думали, что он начнет падать от утомления. Одного примера будет достаточно: 1 августа 1912 года он собрался жениться – и женился, но медовый месяц в живописной Норвегии отменил и просидел в гостиничном номере в Кембридже, надиктовывая статью на тему своей работы новоиспеченной супруге.

Новая теория Бора, эдакий ералаш, очевидно была лишь началом. К примеру, он называл разрешенные орбиты «стационарными состояниями», поскольку электроны, когда ничего не излучают, должны, согласно классической теории, вести себя так, будто не движутся. При этом он часто говорил о «состоянии движения» электронов, изображая их обращающимися вокруг ядра по разрешенным орбитам, покуда они либо не слетали на орбиту с меньшей энергией, либо не поглощали внешнее излучение и не переходили в более высокоэнергетическое состояние. Я про это говорю, чтобы проиллюстрировать, что Бор применял противоречивые образы. Таков подход многих пионеров теоретической физики – в литературе предлагается не смешивать метафоры, а в физике, если мы знаем, что одна метафора не полностью подходит, вполне допустимо (осторожно) смешать ее с другой.

В данном случае Бор не выказывал пылкой приязни к классической «планетарной» модели атома, но с нее он начал и, чтобы создать новую теорию, применил уравнения классической физики, увязывавшие радиус и энергию электронных орбит, попутно добавив новые квантовые представления вроде принципа стационарных состояний, тем самым создав видоизмененную картину.

Боровскую модель поначалу встретили неоднозначно. В Университете Мюнхена влиятельный физик Арнольд Зоммерфельд (1868–1951) не только мгновенно распознал в этой работе веху науки, но и подключился к ней сам, взявшись исследовать ее связь с теорией относительности. Меж тем Эйнштейн сказал, что Бор сделал «одно из величайших открытий [в истории]»[366]. Но, вероятно, самое красноречивое свидетельство того, до

чего потрясающей показалась модель Бора физикам его времени, – еще один комментарий Эйнштейна. Человек, которому хватило отваги выдвинуть предположение не только о существовании световых квантов, но и о взаимосвязи между пространством, временем и гравитацией, сказал, что ему приходило в голову нечто похожее на модель Бора, но из-за «чрезвычайной новизны» он не осмелился эти взгляды обнародовать.

Издание этой работы действительно потребовало смелости – об этом можно судить по другим откликам на работу Бора. К примеру, в Университете Гёттингена, ведущем немецком научном центре, все пришли к единодушному мнению, что «вся эта затея – ужасная чушь, граничащая с мошенничеством». Один гёттингенский ученый, эксперт в спектроскопии, изложил отношение Гёттингена письменно: «В высшей степени жаль, что литература оказывается засорена подобными жалкими данными, выдающими такое невежество»[367]. Один из зубров британской физики, лорд Рэлей [Рейли], сказал, что не смог заставить себя поверить, будто «Природа ведет себя вот так»[368]. Но все же прозорливо добавил, что «людям за семьдесят не стоит слишком поспешно выражать свое мнение о новых теориях»[369]. Другой ведущий британский ученый, Артур Эддингтон[370], тоже не пылал энтузиазмом, прежде отмахнувшись от квантовых представлений Планка и Эйнштейна как от «немецких измышлений».

Даже Резерфорд отозвался отрицательно. Ему уж точно не дорога была теоретическая физика. Но допекало его в работе Бора, которая, как ни крути, ревизовала его собственную модель атома, что его датский коллега не предложил никакого механизма, коим электрон осуществляет свои прыжки между объявленными энергетическими уровнями. К примеру, если электрон, перемещаясь на энергетический уровень, отвечающий меньшей орбите, «прыгает» на нее, а не непрерывно движется по спирали к ядру, каким именно маршрутом происходит этот «прыжок», и что его провоцирует?

Как позднее выяснится, возражения Резерфорда коснулись в точности сути. Не только такого механизма никогда не установят, но и квантовая теория дозреет до состояния теории природы, и из нее последует, что ответов у таких вопросов нет, а значит, им нет места в современной науке.

То, что в конце концов убедило мир физиков в правильности видения Бора[371], а значит – и ранних работ Планка и Эйнштейна, накопилось за десять лет, с 1913-го по 1923 год. Применяя свою теорию и воззрения других ученых к атомам разных химических элементов тяжелее водорода,

Бор понял, что упорядочением элементов по атомному номеру, а не по массе атома, как это сделал Менделеев, можно устранить кое-какие ошибки в Периодической системе.

Атомная масса определяется числом протонов и нейтронов в ядре атома. Атомный номер же равен числу протонов, которое, поскольку атом в целом не имеет никакого заряда, равно числу электронов в этом атоме. Чем больше у атома протонов в ядре, тем больше там нейтронов, но их количества не обязательно совпадают, то есть порядок элементов по атомной массе и атомному номеру может разниться. Теория Бора показала, что атомный номер – подходящий параметр, на котором и следует выстраивать Периодическую таблицу, поскольку именно протоны и электроны, а не нейтроны, определяют химические свойства вещества. На этот вывод ушло более пятидесяти лет, но, благодаря Бору, наука наконец смогла объяснить, почему таинственная таблица Менделеева действенна.

С вызреванием квантовых представлений до общей структуры, которая заместит законы Ньютона, физики наконец смогли записать уравнения, из которых, в принципе, можно вывести поведение всех возможных атомов, хотя в большинстве случаев для этого требуется мощь суперкомпьютеров. Но чтобы проверить предположения Бора о важности атомного номера, никому ждать суперкомпьютеров не пришлось: в традиции Менделеева Бор предсказал свойства еще не открытого тогда элемента, и именно его Менделеев, основывая систему на атомной массе, определил ошибочно.

Элемент этот был открыт вскоре после прогноза Бора, в 1923 году, и назвали его гафнием, в честь Гафнии – так на латыни именуется родной город Бора, Копенгаген. С тех пор уж ни один физик[372] (или химик) никогда больше не усомнится в истинности теории Бора. Лет пятьдесят спустя имя Бора войдет в таблицу Менделеева – сто седьмой элемент получит название «борий». В тот же год бывший наставник, а иногда и критик датского физика будет удостоен той же чести: элемент 104 называется резерфордием[373].

# Глава 12
# Квантовая революция

Несмотря на обилие блистательных и пытливых умов, сосредоточившихся на представлении о кванте, и отдельные истины, которые они предположили или открыли, к началу 1920-х никакой общей теории кванта все еще не возникло, и даже намека, что такая теория вообще возможна, не появилось. Бор состряпал кое-какие принципы, которые, окажись правдой, объясняли бы, почему атомы стабильны и почему у них такие спектральные линии, но с чего бы этим принципам быть истинными и как применять их к анализу других систем? Этого не знал никто.

Многие физики-квантовики разочаровались. Макс Борн (1882–1970), будущий Нобелевский лауреат, вскоре предложивший понятие фотона, писал: «Без всякой надежды думаю о квантовой теории, пытаюсь найти рецепт расчета устройства гелия и других атомов; но успехов никаких… Кванты и впрямь безнадежная неразбериха»[374]. А Вольфганг Паули (1900–1958), еще один получатель Нобелевской премии, предложивший, а затем и разработавший математическую теорию характеристики электрона под названием «спин», выразился так: «Физика сейчас очень мутная; для меня-то она во всяком случае чрезмерно трудна, лучше б я был комиком в кино, или кем-нибудь в этом роде, и никогда о физике не слыхал»[375].

Природа подкидывает нам загадки, и кому как не нам их разгадывать. Про физиков можно сказать одно: они глубоко верят, что в этих загадках скрыты фундаментальные истины. Мы убеждены, что природой управляют общие законы и что она – не винегрет не связанных между собой явлений. Первые исследователи-квантовики не знали, какая она будет, квантовая теория, но не сомневались, что такая теория должна возникнуть. Мир, исследуемый ими, упрямо не желал поддаваться объяснениям, но физики допускали, что в нем можно разобраться. Мечты питали их труд. Не скрыться им было от сомнений и отчаяния, как и всем нам, и все же они двигались вперед – трудным путем, который сжирал годы их жизней, а вела их вера, что в конце этого пути им достанется награда – истина. Как и в любом нелегком предприятии, как нам известно, преуспевают лишь те, в ком сильно стремление, а маловеры сходят с дистанции прежде, чем достигнут чего-либо.

Легко понять отчаяние Борна или Паули: квантовая теория – крепкий орешек не только сама по себе, но и созревала она в трудное время. Большинство пионеров кванта трудились в Германии или перемещались между Германией и институтом, на который Бор собрал деньги и который учредил в 1921 году при Университете Копенгагена, и потому им суждено было вести исследования нового научного порядка в поры, когда общественный и политический порядок распался и превратился в хаос. В 1922 году убили министра иностранных дел Германии. В 1923-м курс немецкой марки рухнул до одной триллионной ее довоенной цены, и на покупку килограмма хлеба требовалось пятьсот миллиардов «немецких талеров». И все же новые квантовые физики искали подпитки в понимании атома и вообще глубинных законов природы, действующих в этих мельчайших масштабах.

И подпитка наконец начала поступать – в середине того же десятилетия. Поступала она урывками, и первая статья на эту тему была опубликована в 1925 году – двадцатитрехлетним Вернером Гейзенбергом (1901–1976).

* * *

Гейзенберг родился в немецком Вюрцбурге, в семье преподавателя классического немецкого языка, и с самого детства было ясно, что он гениален – и азартен[376]. Отец поддерживал в нем дух соперничества, и Гейзенберг частенько дрался со своим старшим братом-погодком. Противостояние вылилось в кровавый мордобой – мальчишки избили друг друга деревянными стульями, после чего объявили перемирие, кое затянулась в основном потому, что каждый пошел своим путем, оставив дом, и братья до конца своих дней не перемолвились ни словом. Позднее Гейзенберг с той же свирепостью бросался в атаку на любые препятствия в своей работе.

Вернер всегда очень лично воспринимал любой соперический вызов. Никакого особого таланта к лыжам у него не было, но он натренировался и стал отличным лыжником. Научился бегать на длинные дистанции. Освоил виолончель и фортепиано. Но, самое главное, еще в школе он обнаружил, что у него талант к арифметике, и он увлекся математикой и ее приложениями.

Летом 1920 года Гейзенберг решил получить докторскую степень по математике. Чтобы включиться в программу, необходимо было

договориться с сотрудником факультета о покровительстве, и, спасибо отцовым связям, Гейзенберг смог добиться собеседования с известным математиком Фердинандом фон Линдеманом в Университете Мюнхена. Собеседование получилось не из категории приятных, таких, знаете, с чаем и тортиком «Шварцвальд» и рассказами о том, как все наслышаны о гении претендента. Напротив, оно оказалось из скверных: Линдеман, которому оставалось два года до пенсии, был глуховат, не слишком заинтересован в студентах-первогодках и все собеседование держал на столе пуделя, а тот лаял так громко, что Гейзенберга и слышно-то не было. Но под конец шансы Гейзенберга, похоже, обнулились совсем, когда он помянул прочитанную им книгу по Эйнштейновой теории относительности, авторства математика Германа [Херманна] Вейля. Услыхав об интересе молодого человека к книжкам по физике, теоретик чисел Линдеман резко свернул собеседование словами: «В таком случае вы совершенно потеряны для математики»[377].

Этим замечанием Линдеман, быть может, имел в виду, что интерес к физике указывает на дурной вкус, хотя сам я как физик хотел бы думать: старый математик подразумевал, что осведомленность Гейзенберга о куда более интересном предмете помешает ему проявить необходимое в математике терпение. Так или иначе высокомерие Линдемана и его зашоренность изменили ход истории: прими он Гейзенберга, физика потеряла бы человека, чьи мысли стали сутью квантовой теории[378].

Отвергнутому Линдеманом Гейзенбергу мало что оставалось на выбор, и он решил добыть утешительный приз в докторской степени по физике под руководством Арнольда Зоммерфельда, большого поклонника Боровской модели атома, внесшего в нее немалый вклад. Зоммерфельд, худой, лысеющий мужчина в роскошных усах и без всякого пуделя, изрядно изумился, узнав, что юный Гейзенберг разобрался в книге Вейля. Не чрезмерно, чтобы тут же взять Гейзенберга к себе, но все же достаточно, чтобы принять его под крыло на время. «Быть может, вы что-то знаете, а может, не знаете ничего, – сказал Зоммерфельд. – Вот и поглядим»[379].

Гейзенберг, конечно же, что-то знал. Этого «чего-то» хватило, чтобы он в 1923 году защитил докторскую диссертацию у Зоммерфельда, а в 1924-м получил еще более высокую степень – *doctor habilitatus*, потрудившись под началом Борна в Гёттингене. Но его путь к бессмертию по-настоящему начался позже, с визита в Копенгаген к Нильсу Бору осенью 1924 года.

Когда прибыл Гейзенберг, Бор руководил бесплодными попытками улучшить свою модель атома, и Гейзенберг присоединился к нему. Я сказал

«бесплодными» не потому, что они в итоге пропали втуне, а из-за их целей: Бор хотел избавить свою модель от фотона, Эйнштейнова кванта света. Странное, казалось бы, дело: именно мысль о световом кванте подтолкнула Бора думать о том, что у энергии атома могут быть лишь некоторые дискретные значения. Все же Бор, как и многие физики, в действительность фотона верил без охоты и потому задался вопросом: можно ли разработать версию Боровской модели атома, в которой фотона не будет?[380] Бор считал, что можно. Мы уже знаем, как Бор корпит над теми или иными представлениями и преуспевает, но тут он корпел безуспешно.

В поры моего студенчества мы с друзьями боготворили многих физиков. Эйнштейна – за его непрошибаемую логику и радикальные мысли. Фейнмана и британского физика Поля Дирака (1902–1984) – за изобретение с виду противозаконных математических понятий и получение с их помощью потрясающих результатов. (Математики позднее все же совладают с ними и теоретически.) А Бора – за его чутье. Мы думали о них как о героях, сверхчеловеческих гениях, чье мышление всегда было ясным, а видение – верным. Ничего необычного в этом нет, думаю: все художники, предприниматели и фанаты спорта могут назвать людей, которых считают исполинами.

Когда я был студентом, нам говорили, до чего могучим было чутье Бора в квантовой физике – словно «прямая линия с Богом». Обсуждение рассвета квантовой теории часто включает великие прозрения Бора, однако редко поминаются его многочисленные заблуждения. Это естественно: выживают лишь дельные соображения, а ошибочные забываются. Увы, у нас при этом складывается ложное впечатление, что наука гораздо прямее и проще – по крайней мере, для некоторых «гениев», – чем она есть на самом деле.

Великий баскетболист Майкл Джордан однажды сказал: «Я за свою карьеру пропустил больше девяти тысяч мячей. Проиграл почти триста игр. Двадцать шесть раз мне доверили решающий бросок, и я его запорол. Я ошибался и проигрывал, ошибался и проигрывал. И потому преуспел»[381]. Он произнес это в рекламе «Найки», поскольку знать, что даже легенды проигрывают, но продолжают свое дело невзирая на неудачи, – штука вдохновляющая. Но в поле первооткрывательства и нововведений столь же ценно знать о заблуждениях Бора или о бесплодных попытках Ньютона в алхимии, чтобы признать: наши интеллектуальные идолы тоже приходили к ложным выводам, и неудачи их столь же громадны, как и те, что

случаются с нами.

Бор, похоже, считал свою модель атома слишком радикальной, и это, да, интересно, но неудивительно: в науке, как и в обществе, все строится на определенных общих представлениях и верованиях, и Боровская модель в них не встраивалась. И потому все пионеры науки от Галилея и Ньютона до Бора и Эйнштейна – и далее – одной ногой стояли в прошлом, хотя воображение помогало им творить будущее.

В этом «революционеры» науки ничем не отличаются от впередсмотрящих в других областях. Взять, к примеру, Авраама Линкольна [Эйбрэхэма Линкена][382], освободителя рабов Американского Юга, который все же так и не смог избавиться от архаической веры, что расы никогда не смогут жить вместе в «общественном и политическом равенстве». Сам Линкольн понимал, что взгляды человека на рабство могут противоречить его терпимости к расовому неравенству. Но он отстаивал свое принятие превосходства белых, утверждая, что, «согласуется со справедливостью» такая позиция или нет, дело не в этом, а в том, что белое превосходство есть «всеобщее ощущение»[383], от коего, «благонамеренно оно или нет, нельзя взять и отказаться». Забыть о белом превосходстве, иными словами, даже для самого Линкольна было слишком радикальным шагом.

Если поспрашивать людей, почему они убеждены в том или этом, они обычно не настолько открыты и осознанны, как Линкольн. Мало кто признается, как это, по сути, сделал 16-й американский президент, что верит в то или это, потому что все в это верят. Или «потому что я всегда так считал», или «потому что меня научили в это верить семья и школа». Но, как отмечал Линкольн, это благонамеренная часть доводов. В обществе единые для всех ценности создают культуру, но временами – и несправедливость. В науке, искусстве и других областях, где важны творчество и новаторство, общие верования могут воздвигать барьеры на пути мышления. И поэтому перемены зачастую происходят рывками, и поэтому же Бор увяз в попытках видоизменить свою теорию.

Пусть новой теории Бора и сужден был провал, у нее все-таки имелось одно счастливое свойство: она заставила юного Гейзенберга хорошенько задуматься над следствиями исходной теории Бора. Постепенно его размышления начали двигать его к радикальному новому взгляду на физику: быть может, имеет смысл или даже необходимо отставить представление о физической картинке внутреннего устройства атома – об орбитальном движении электронов, к примеру, которое мы в силах

вообразить, но на практике наблюдать не можем.

Теория Бора, как и теории классической физики, основывалась на математических значениях, приписанных свойствам вроде положения на орбите и скорости движения по ней электрона. В мире предметов – снарядов, маятников, планет – Ньютон изучал положение и скорость, которые можно наблюдать и измерять. Но экспериментаторы не могут лабораторно наблюдать, где у нас сейчас электрон или как споро он движется – если движется вообще. Коли классические понятия положения, скорости, пути, орбит и траекторий нельзя подтвердить наблюдением на атомном уровне, рассуждал Гейзенберг, быть может, следует завязать с созданием науки атома – или иных систем, основанных на нем. К чему цепляться за старое? Оно, решил Гейзенберг, – лишь умственный балласт, чистый XVII век.

Можно ли, спрашивал себя Гейзенберг, развить теорию, основанную только на данных об атоме, которые подлежат прямому измерению, например, на частотах и амплитудах излучения, испускаемого атомом?

Резерфорд противился Боровской модели атома, потому что Бор не предложил никакого механизма, как электрон переходит с одного энергетического уровня в атоме на другой; Гейзенберг разобрался с этим замечанием, не измыслив такой механизм, а объявив, что механизма нет, нет никакого пути, когда речь заходит об электронах, или во всяком случае сам вопрос – за пределами физики, потому что физики меряют поглощенный или испущенный свет в таких процессах, но не могут сами эти процессы наблюдать. К возвращению в Гёттинген весной 1925 года лектором в институте Борна Гейзенберг обрел мечту, цель – разработать новый подход к физике, основанный исключительно на измеряемых данных.

Создать радикально новую науку, которая откажется от интуитивного описания действительности, данного Ньютоном, и отречется от его базовых понятий вроде положения в пространстве и скорости, кои мы все можем себе представить и понять, – устремление бесшабашное для кого угодно, не говоря уже о двадцатитрехлетнем Гейзенберге. Но, как Александр Великий, изменивший политическую карту мира в свои двадцать два, молодой Гейзенберг возглавит поход, который перелицевал научную карту мира.

* * *

Теория, созданная Гейзенбергом по вдохновению, займет место Ньютоновых законов движения как фундаментальная теория природы. Макс Борн назовет ее «квантовой механикой»[384], чтобы отличать от законов Ньютона, которые часто называют ньютоновской, или классической, механикой. Но теории физики обретают вес благодаря своей предсказательной силе и точности, а не по общему согласию или вкусам, и потому интересно, как теория, основанная на такой причудливой мысли, как Гейзенбергова, смогла «заместить» столь основательную теорию, достигшую стольких успехов, как Ньютонова.

Вот ответ: хотя понятийный аппарат квантовой механики сильно отличается от ньютоновского, математические прогнозы этих теорий обычно различаются лишь для систем масштабов атома или мельче, где законы Ньютона перестают действовать. И потому, полностью окрепнув, квантовая механика объяснила странное поведение атома, не противореча устойчивым описаниям повседневных явлений, предоставленным теорией Ньютона. Гейзенберг и другие развивавшие квантовую теорию знали, что так все и должно быть, и разработали математическое выражение этой идеи, посредством которого можно было с толком проверять молодую теорию. Бор назвал это «принципом соответствия» в квантовой механике.

Как Гейзенбергу удалось создать крепкую теорию из того, что в те времена было, считай, философскими предпочтениями? Он поставил себе задачу перевести представление о физике, основанной на «наблюдаемом», то есть на измеримых количествах, в математический аппарат, который, как и Ньютонов, можно применять для описания физического мира. Разрабатываемая им теория должна была быть применима к любой физической системе, но он развивал ее в контексте мира атома и с начальной целью объяснить путем общей математической теории причины успеха Боровской частной модели.

Гейзенберг первым делом взялся определять наблюдаемые величины, подходящие для атома. Поскольку в атомном мире мы измеряем частоту света, испускаемого атомом, а также амплитуду – или интенсивность – спектральных линий, именно эти свойства Гейзенберг и выбрал. Затем он применил методы традиционной математической физики, чтобы вывести связь между классическими ньютоновскими наблюдаемыми величинами – положением в пространстве и скоростью – и спектральными данными. Он задался целью заместить с помощью этой выявленной взаимосвязи все величины, наблюдаемые в Ньютоновой физике, квантовым эквивалентом. Как выяснится, этот шаг требовал и творческого подхода, и смелости, потому что Гейзенбергу нужно было превратить положение в пространстве

и импульс в математические сущности, оказавшиеся и новыми, и диковинными.

Новый тип переменных потребовался потому, что положение тела в пространстве, допустим, определяется указанием одной отдельной точки, спектральные данные же требуют другого описания. Каждое из многочисленных свойств света, испускаемого атомом, – цвет, яркость – описывается не одним числом, а целым набором чисел. Данные образуют матричную систему, потому что существует спектральная линия, соответствующая переходу из одного исходного состояния атома в любое конечное, и получается значение энергии для каждой пары Боровских энергетических уровней. Если это все кажется сложным, не переживайте – это на самом деле сложно. Когда Гейзенберг придумал эту систему, он сам назвал ее «очень странной»[385]. Но вот суть того, что он сделал: он удалил из теории электронные орбиты, которые можно себе вообразить, и заменил их чисто математическими абстракциями.

Работавшие с теориями атома до Гейзенберга стремились, как и Резерфорд, обнаружить механизм процессов внутри атома. Они мыслили недоступное наблюдению содержимое атома как существующее в действительности и пытались вывести природу наблюдаемых спектральных линий, основываясь на догадках о поведении содержимого атома – например, движущихся по орбите электронов. Их рассуждения всегда предполагали, что составляющие атома имеют те же ключевые характеристики, что и предметы, к которым мы привыкли в повседневности. И лишь Гейзенберг мыслил иначе, и ему хватило пороху смело объявить, что орбиты электронов – за пределами наблюдения, а значит – не реальны, и им нет места в теории атома. Таков был подход Гейзенберга не только к атому, но и к любой физической системе.

Настаивая на таком ходе рассуждений, Гейзенберг отказался от Ньютоновой картины мира как организации материальных объектов, у которых есть отдельное существование и определяемые свойства вроде скорости и положения в пространстве. Его теория, когда была доведена до совершенства, потребовала от нас принятия мира, основанного на иной понятийной схеме, – мира, в котором путь предмета и даже его прошлое и будущее не определены точно.

$$x_{i,j} \quad \begin{pmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} & x_{1,3} & \cdots \\ x_{2,1} & x_{2,2} & x_{2,3} & \cdots \\ x_{3,1} & x_{3,2} & x_{3,3} & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \end{pmatrix}$$

*В теории Гейзенберга положение частицы представляет бесконечная матрица чисел, а не знакомые нам пространственные координаты*

Учитывая, что в наше время многим людям непросто приспособиться к новшествам – к СМС-общению и соцсетям, например, – можно лишь вообразить, какой открытости ума потребовала теория, утверждавшая, что электроны и ядра атомов, из которых мы с вами состоим, не имеют явно выраженного существования. Но подход Гейзенберга требовал именно этого. То была не просто какая-то новая физика, а совершенно новое представление о действительности. Оно привело Макса Борна к вопросу об извечном разделении между физикой и философией. «Я теперь убежден, – писал он, – что теоретическая физика есть подлинная философия»[386].

По мере того, как эти воззрения постепенно укладывались у Гейзенберга в голове и дополнялись математическими моделями, он все более воодушевлялся. Но в процессе у него случился приступ аллергии – настолько сильный, что ему пришлось уехать из Гёттингена и уединиться на скалистом острове в Северном море, где почти не было никакой растительности. Лицо у него, судя по всему, страшно распухло. И все же он продолжал работать, день и ночь, и завершил исследования, вошедшие в его первую статью о представлениях, которые перевернут всю физику вверх дном.

Вернувшись домой, Гейзенберг опубликовал свои открытия и выдал по экземпляру статьи своим друзьям Паули и Борну. Эта работа очерчивала общую методологию и применяла ее к паре простых задач, но Гейзенберг пока не мог приложить свои представления к расчету чего-нибудь практически интересного. Это было огрубление – зверски сложное и чрезвычайно загадочное при том. Борну разбираться с этим текстом было примерно так же, как нам общаться с людьми, каких иногда встречаешь на вечеринках: они без передышки толкуют о чем-то совершенно невнятном. Большинство людей на чтение материалов такой сложности выделяют пару минут, после чего бросают и пропускают стаканчик вина. Но Борн проявил упорство. И в конце оказался под таким сильным впечатлением от работы Гейзенберга, что тут же написал Эйнштейну[387] и сообщил ему, что соображения юного ученого – «несомненно верны и глубоки».

Как и Бора с Гейзенбергом, Борна вдохновляла Эйнштейнова относительность[388], и он отмечал, что сосредоточенность Гейзенберга на подлежащих измерению характеристиках подобна Эйнштейнову пристальному вниманию к результатоориентированным сторонам искажения времени – при разработке теории относительности.

Впрочем, Эйнштейну теория Гейзенберга не понравилась, и именно в этой точке эволюции квантовой теории Эйнштейн и квант двинулись каждый своей дорогой: Эйнштейн не смог заставить себя принять теорию, отказывающуюся от существования определяемой объективной действительности, в которой предметы имеют определяемые свойства – положение в пространстве и скорость, к примеру. Свойства атома могут быть объяснены промежуточной теорией, не основанной на орбитальном движении, – это Эйнштейн переварить мог. Но фундаментальную теорию, объявляющую, что таких орбит не существует, – под таким подписываться он был не готов. И потому позднее отмечал: «Я склонен верить, что физики не удовлетворятся… непрямым описанием Действительности»[389].

Гейзенберг и сам не до конца понимал, что создал. Впоследствии он вспоминал, как головокружительно это было – он работал до трех пополуночи как-то раз, уже стоя на пороге открытия, и так разволновался, что не мог уснуть. И все же, трудясь над рукописью первой статьи, в которой выдвигал свои соображения, писал отцу: «Работа моя сейчас идет не слишком хорошо. Получается немногое, и я не знаю, родится ли из всего этого другая [статья]»[390].

Борн тем временем ломал голову над диковинной математикой Гейзенберга. И в один прекрасный день его осенило: такую схему, как у

Гейзенберга, он уже где-то видел. Математики, вспомнил он, называют это матрицами.

Матричная алгебра в те поры была предметом загадочным и темным, и Гейзенберг, судя по всему, ее переизобрел. Борн попросил Паули помочь перевести работу Гейзенберга на математический язык матриц (и расширить этот язык так, чтобы, по Гейзенбергу, в нем нашлось отражение бесконечному числу рядов и столбцов). Будущий нобелевский лауреат Паули возмутился[391]. Он обвинил Борна в попытке разрушить красивые «физические представления» его друга, введя в них «бестолковую математику» и «скучный путаный формализм».

На самом же деле язык матриц окажется в итоге большим упрощением изложенного Гейзенбергом. Борн нашел другого помощника в матричной алгебре – своего студента Паскуаля Йордана, и за несколько месяцев, к ноябрю 1925-го, Гейзенберг, Борн и Йордан собрали статью по квантовой теории Гейзенберга, ставшую вехой в истории науки. Вскоре после этого Паули усвоил их работу и приложил новую теорию к выводу характеристик спектральных линий водорода, а также показал, как на них влияют электрические и магнитные поля, что прежде было невозможно. Таково было первое практическое применение новорожденной теории, которая того и гляди готова была сместить Ньютонову механику.

* * *

Более двух тысяч лет прошло с рождения понятия «атом», более двухсот – со времен разработки Ньютоном классической механики, более двадцати – с тех пор, как Планк и Эйнштейн предложили понятие кванта. Теория Гейзенберга в некотором смысле стала кульминацией всего этого пути научного мышления.

*Вернер Гейзенберг (слева) и Нильс Бор*

Загвоздка состояла в следующем: теория Гейзенберга в полноте представленности – это тридцать страниц объяснений энергетических уровней атома, а теория Бора то же самое растолковывала в нескольких строках. На это мой всегда практичный отец-портной сказал бы: «Ой-вэй, и ради этого надо было учиться столько лет?» И все же теория Гейзенберга превосходила Боровскую, поскольку приводила к результатам, основываясь на глубинных принципах, а не на частных допущениях, как у Бора. За это, как вам может показаться, теорию вроде как должны были немедленно принять. Но большинство физиков в исследованиях по теории кванта впрямую не участвовали и, похоже, мыслили, как мой папа. С их точки зрения тридцать страниц вместо трех строк – спорный прогресс. Они, включая и Резерфорда, совершенно этого не скрывавшего, не пришли в восторг и не заинтересовались – и отнеслись к Гейзенбергу так, как вы бы восприняли автомеханика, который докладывает, что поломку можно было бы исправить новым термостатом, но вообще лучше заменить весь автомобиль.

Малая группа знатоков квантовой теории, однако, откликнулась иначе. Гейзенбергова статья сразила их наповал – почти всех без исключения. Эта, прямо скажем, сложная теория предлагала глубокое объяснение, почему

оказалась верной промежуточная теория Бора применительно к водороду, а также предлагала полное объяснение наблюдаемым данным.

В особенности для Бора эта работа стала апогеем поиска, который он же и помог начать. Он знал, что его модель – частная, что ей суждено рано или поздно получить объяснение некоей общей теорией, и он не сомневался, что это она и есть. «Благодаря работе Гейзенберга, – писал он, – как по мановению, воплотилось будущее, которое… так долго было сутью наших желаний»[392].

Некоторое время физика пребывала в странном состоянии – как на стадионе Чемпионата мира, когда победный гол уже забили, но заметила это лишь горстка фанатов. Как ни странно, в конце концов из квантовой теории, представлявшей интерес лишь для специалистов, нечто, признанное фундаментальной теорией в основании всей физики, получилось благодаря появлению двух статей, в январе и феврале 1926 года, и обе они описывали другую общую теорию кванта, которая применяла совершенно иные понятия и методы и предлагала вроде бы иной взгляд на действительность.

Новая теория-конкурент описывала электроны в атоме как волну – понятие, которое физики уже привыкли представлять себе, пусть и не применительно к электрону. Удивительно, что, несмотря на различия, эта теория, как и Гейзенбергова, объясняла Боровскую модель атома. Со времен греков ученые вынуждены были обходиться вообще без всяких теорий, описывающих атом. А теперь вроде как возникло аж две. Они казались несовместимыми друг с другом: одна рассматривала природу состоящей из волн материи и энергии, вторая настаивала, что нет смысла воспринимать природу как состоящую из чего бы то ни было, и предлагала рассматривать лишь математические взаимоотношения между данными.

Новая квантовая теория – работа австрийского физика Эрвина Шрёдингера (1887–1961), и она отличалась от Гейзенберговой в той же мере, в какой эти двое людей различались между собой, и по стилю, и путями, которыми они пришли к своим открытиям. Гейзенберг доделывал свой труд, сидя на каменистом острове с распухшим носом, а Шрёдингер возился со своим на рождественских каникулах, которые проводил со своей любовницей в альпийском курортном городе Ароза. Он «делал великую работу»[393], как сказал один друг-математик, «во время запоздалого эротического всплеска в своей жизни». Под «запоздалым» тот математик имел в виду преклонный возраст Шрёдингера – тридцать восемь лет.

Быть может, тот математик в отношении преклонности лет

Шрёдингера и был прав. Мы не раз и не два наталкивались на юных физиков, открытых к новым воззрениям, и на тех, что постарше, стремящихся к традиционным методам, словно чем старше человек делается, тем труднее ему принимать перемены непостоянного мира. Работа Шрёдингера, как оказалось, – на самом деле еще один пример той же тенденции: как ни странно, мотивация Шрёдингера к созданию его теории, по его же признанию, состояла в разработке квантовой теории, которая, в противовес Гейзенберговой, походила бы на привычную физику, то есть Шрёдингер стремился сохранить привычное, а не отбросить его.

В отличие от куда более молодого Гейзенберга Шрёдингер и впрямь представлял себе движение электронов в атоме. И хотя его диковинные «волны материи» не наделяли электрон впрямую ньютоновскими свойствами, как орбиты Бора, его новая квантовая «волновая теория», которую поначалу никто не понимал, как толковать, оставляла надежду избежать вульгарного взгляда на действительность, предложенного теорией Гейзенберга.

Эту альтернативу физики оценили по достоинству. До Шрёдингера квантовая механика обретала поклонников очень медленно. Неведомая математика Гейзенберга, в том числе и бесконечное множество матричных уравнений, казалась чудовищно сложной, и физикам не хотелось расставаться с переменными, которые они в состоянии вообразить себе, в пользу символьных матриц. Теория Шрёдингера же была проста в применении и основывалась на уравнении, похожем на те, что физики уже учили в вузах в контексте волн в жидкостях и звуковых волн. Эта методология была для классических физиков хлебом насущным и делала переход к квантовой физике сравнительно легким. Важно и другое: предоставив способ визуализации атома, пусть и не применяя ньютоновские понятия вроде орбиты, Шрёдингер сделал квантовую теорию более удобоваримой – и антитезисом того, к чему стремился Гейзенберг.

Теория Шрёдингера полюбилась даже Эйнштейну – поначалу. Он и сам размышлял над волнами материи и в прошлом работал с австрийским ученым. «Замысел вашей работы происходит из подлинной гениальности!»[394] – писал он Шрёдингеру в апреле 1926 года. Через десять дней Эйнштейн написал ему еще раз: «Я убежден, что вы своими выкладками по квантовой теории произвели решительный рывок вперед, и в точности так же я убежден, что метод Гейзенберга-Борна – заблуждение»[395]. Он восторженно отозвался о работе Шрёдингера и в начале мая.

Однако в том же мае 1926-го Шрёдингер сбросил еще одну бомбу: опубликовал статью, в которой показал, к своему же смятению, что его теория и теория Гейзенберга математически равносильны – обе верны. Обе теории, хоть и применяли разные понятийные аппараты, разные представления о том, что происходит «под капотом» природы (Гейзенберг-то вообще отказался даже заглядывать под этот капот), как выяснилось, отличались лишь в языке изложения: сообщаемое обеими теориями о том, что мы наблюдаем, было одинаково.

Усложняя все еще больше (или же для пущей интересности) двумя десятилетиями позже Ричард Фейнман разработает третью формулировку квантовой теории, довольно отличную математически и понятийно и от Гейзенберговой, и от Шрёдингеровой, однако математически равносильной теориям более ранним, с применением тех же физических принципов и с теми же прогнозируемыми результатами.

Уоллес Стивенз писал: «Трехсмысленно было мне, / Словно дереву, / В коем есть три дрозда»[396], но применительно к физике такая ситуация странна. Если в физике вообще есть «истина», может ли быть более одной «правильной» теории? Да, даже в физике может существовать множество способов смотреть на вещи. Это особенно верно для современной физики, в которой то, на что мы «смотрим», вроде атомов, электронов или частиц Хиггса, не может быть буквально «увидено», и физики поэтому извлекают умозрительные картины скорее из математики, нежели из осязаемой действительности.

В физике один человек может сформулировать теорию в одних понятиях, а другой, описывая то же явление, – в других. Над войной правых с левыми в политике эти занятия в физике возвышает вот что: для признания истинности воззрения оно должно пройти испытание экспериментом, а это означает, что альтернативные теории должны приводить к одним и тем же выводам, а в политической философии такое случается редко.

Что возвращает нас к вопросу, открывают ли новые теории или же изобретают. Не вдаваясь в философские рассуждения о том, существует ли внешняя объективная действительность, можно сказать, что процесс создания квантовой теории был открытием – в том смысле, что физики наткнулись на многие ее принципы, исследуя природу, однако квантовая теория была изобретена – потому что ученые разработали и создали несколько разных понятийных систем, но все они выполняют одну и ту же задачу. В точности, как материя может вести себя и как волна, и как частица, так же, судя по всему, и теория, описывающая это явление, имеет

два, казалось бы, противоречащих друг другу вида.

Когда Шрёдингер опубликовал свою статью, доказывавшую равносильность его и Гейзенберговой теорий, никто все равно тогда не понял подлинного толкования предложенной Шрёдингером формулировки. И все же его доказательство явило, что в будущей работе станет ясно: его подход поднимал те же философские вопросы, какие уже были очевидны в Гейзенберговой версии теории. И после этой статьи Шрёдингера Эйнштейн более никогда ничего одобрительного про квантовую теорию не напишет.

На квантовую теорию вскоре ополчился и сам Шрёдингер. Он заявил, что не стал бы публиковать свои статьи, знай он, «к каким последствиям это может привести»[397]. Он разработал свою с виду безобидную теорию, желая предложить альтернативу неудобоваримым взглядам Гейзенберга, но равносильность двух теорий означала, что сам он не сознавал возмутительных следствий своей же работы. В итоге он лишь подлил масла в огонь и подтолкнул рождение новых квантовых представлений, которые не склонен был принять.

В необычайно эмоциональном примечании к своей статье о равносильности Шрёдингер написал, что он «чувствует обескураженность, если не сказать отвращение»[398] к методам Гейзенберга, «кои представляются мне очень трудными и лишенными возможности визуализации». Отвращение, как выяснилось, было взаимным. Прочитав статью, в которой Шрёдингер представлял свою теорию, Гейзенберг написал Паули: «Чем больше я думаю над физической частью статьи Шрёдингера, тем отвратительнее она мне кажется… написанное Шрёдингером о возможности визуализации его теории – чепуха»[399].

Соперничество оказалось односторонним: метод Шрёдингера быстро стал излюбленным подходом большинства физиков – для решения большинства задач. Ряды ученых, взявшихся за квантовую теорию, быстро расширились, а применявших метод Гейзенберга – поредели.

Даже Борн, содействовавший Гейзенбергу в разработке его теории, предпочел метод Шрёдингера, а друг Гейзенберга Паули восхищался, до чего проще выводить спектр водорода с помощью уравнений Шрёдингера. Гейзенбергу это все страшно не нравилось. Бор меж тем сосредоточился на понимании соотносимости двух теорий. В конце концов британский физик Поль Дирак предложил исчерпывающее объяснение глубокой связи между ними и даже изобрел собственную гибридную математическую трактовку – как раз ее все и предпочитают ныне, – которая позволяет ловко перемещаться от теории к теории, в зависимости от конкретной задачи. К

1960 году накопилось более 100 000 статей[400], посвященных применению квантовой теории.

* * *

Вопреки любым прорывам в квантовой теории подход Гейзенберга навсегда останется в ее сердце: ученого вдохновляло желание исключить классическую картину, в которой у частиц есть траектории или пространственные орбиты, и в 1927 году он наконец издал статью, гарантировавшую ему победу в этой войне. Он раз и навсегда доказал, что, какую математическую трактовку ни применяй, дело упирается в научный принцип – мы его знаем как принцип неопределенности: представлять себе движение по-ньютоновски – без толку. Хотя взгляды Ньютона на действительность могут показаться эффективными на макроскопическом уровне, в масштабах атомов и молекул, из которых макроскопические объекты состоят, Вселенной управляют совершенно иные законы.

Принцип неопределенности регулирует, что мы можем знать в любой заданный момент времени о любой паре наблюдаемых величин – положении в пространстве и скорости[401]. Это не ограничение в методиках измерения и не предельность человеческой находчивости – это ограничение, наложенное самой природой. Квантовая теория утверждает, что предмет не имеет точных свойств – положения в пространстве и скорости, и, более того, при попытке их измерить чем с большей точностью измеряется одна величина, тем меньше точности в измерении второй.

В повседневной жизни мы, конечно же, можем – вроде бы – измерить положение в пространстве и скорость сколь угодно точно. С виду – противоречие принципу неопределенности, однако, если проделать математические расчеты по квантовой теории, обнаружится, что массы привычных предметов до того громадны, что принцип неопределенности неприменим к явлениям повседневности. Вот почему Ньютонова физика так славно применялась столько лет: границы Ньютонова завета проступили, только когда физики взялись за явления в масштабах атома.

К примеру, представим, что электроны имеют массу футбольного мяча. Тогда, если зафиксировать положение электрона с точностью до одного миллиметра в любую сторону, все равно можно измерить его скорость с точностью даже большей, чем плюс-минус одна миллиардно-миллиардно-миллиардная километра в час. Этого всяко достаточно для

любых нужд, к каким мы могли бы применить эти расчеты на практике. А вот настоящий электрон, поскольку он гораздо легче футбольного мяча, – совсем другое дело. Если измерить положение настоящего электрона с точностью, соответствующей примерно размерам атома, принцип неопределенности утверждает: в этом случае скорость электрона не может быть определена точнее, чем плюс-минус тысячи километров в час, – такова разница между неподвижным электроном и движущимся со скоростью реактивного самолета. Вот где Гейзенбергу воздаяние: те самые ненаблюдаемые орбиты в атоме, описывающие точную траекторию движения электрона, как ни крути, запрещены самой природой.

Чем больше накапливалось знаний о квантовых явлениях, тем яснее становилось, что в квантовом мире нет определенностей, а есть лишь вероятности – никаких «да, будет так», а лишь «разумеется, что угодно из перечисленного может случиться». В Ньютоновом мировоззрении состояние Вселенной в любой момент времени в будущем или прошлом оттиснуто во Вселенной в настоящем, и, применяя законы Ньютона, кто угодно с должным уровнем развития ума сможет этот оттиск разобрать. Будь у нас вдосталь физических подробностей о внутреннем устройстве Земли, мы могли бы предсказывать землетрясения; знай мы все физические нюансы, касающиеся погоды, могли бы, в принципе, с определенностью сказать, пойдет ли завтра дождь – или через сто лет после завтра.

Этот ньютоновский «детерминизм» – суть Ньютоновой науки: представление о том, что одно событие есть причина следующего и далее, и что все можно предсказать, применив математику. Это часть озарения Ньютона, определенность головокружительного свойства, какая вдохновляла всех, от экономистов до социологов, «заказать себе того же, что подали физике»[402]. Но квантовая теория говорит нам, что в ее сути – на фундаментальном уровне атомов и частиц, из которых состоит всё, – мир не однозначен, что текущее положение Вселенной не определяет ее будущих (или прошлых) событий, а лишь вероятность одного из многих альтернативных вариантов будущего (или случившегося прошлого). Мироустройство, говорит нам квантовая теория, подобно гигантской игре в «бинго». Именно в ответ на эти соображения Эйнштейн сделал в письме Борну свое знаменитое заявление, что «[квантовая] теория много чего сообщает, но вряд ли приближает нас к тайне Старца. Я в любом случае убежден, что Он не играет в кости»[403].

Интересно, что Эйнштейн в этом заявлении обращается к понятию Бога – Старца. В традиционную личность Бога, как, скажем, в Библии,

Эйнштейн не верил. Для Эйнштейна «Бог» – не игрок, вовлеченный в интимные стороны наших жизней, а скорее представление о красоте и логической простоте законов мироздания. И потому, сказав, что Старец не играет в кости, он имел в виду, что роль случайности в великом устройстве природы он, Эйнштейн, принять не может.

Мой отец не был ни физиком, ни игроком в кости, и, живя в свое время в Польше, понятия не имел, какие великие события происходят в физике – всего в нескольких сотнях миль от него. Но когда я объяснил ему принцип неопределенности квантовой теории, ему она досадила гораздо меньше, чем Эйнштейну. С точки зрения моего отца, поход за постижением Вселенной заключается главным образом не в наблюдениях в телескопы или микроскопы, а, скорее, в сути человеческого. И потому, как он для себя понял из своей же жизни Аристотелево разделение естественных и насильственных перемен, так же и его прошлое упростило ему переваривание и случайности, заложенной в квантовой теории. Он рассказал мне, как стоял как-то раз в длинной цепочке на городской рыночной площади, куда нацисты согнали тысячи евреев. Когда началась облава, он спрятался в нужнике, вместе с беглым главарем подпольщиков, которого ему было велено защищать. Но ни тот, ни другой не смогли выдержать вонь и в конце концов вылезли наружу. Беглец удрал, и никто его больше никогда не видел. А моего отца загнали в конец собранной шеренги.

Дело двигалось медленно, и отец видел, как всех суют в грузовики. Близилась его очередь, но тут начальник-эсэсовец отсек последних четверых, среди которых был и мой отец. Им нужно было три тысячи евреев, сказал эсэсовец, а в шеренге было, судя по всему, 3004. Куда бы там их ни отправляли, поедут без этих четверых. Позднее отец выяснил, что везли те три тысячи на местное кладбище, где им велели вырыть огромную братскую могилу, после чего расстреляли и в ней же похоронили. Мой отец в смертельной лотерее, где немецкая точность взяла верх над нацистской жестокостью, вытянул билет номер 3004. По мнению отца, то был пример случайности, какую его ум не в силах был постичь. Случайность же квантовой теории, напротив, – проще простого.

Как и наши жизни, теория может опираться на твердый фундамент, а может возводиться на песке. Эйнштейнова безграничная надежда на физический мир состояла в том, что квантовая теория окажется возведенной на песке, слабом фундаменте, который со временем приведет к обрушению постройки. С появлением принципа неопределенности Эйнштейн предположил, что не фундаментальный закон природы, а

ограничение квантовой механики – показатель того, что теория эта зиждется не на твердой почве.

Тела действительно имеют определяемые значения положения в пространстве и скорости, считал он, но квантовая теория просто не умеет с ними обращаться. Квантовая механика, говорил Эйнштейн, хоть и бесспорно успешна, наверняка есть неполное воплощение более глубокой теории, которая вернет нам объективную действительность. И хотя мало кто разделял эту веру, многие годы такую возможность никто не отметал, и Эйнштейн сошел в могилу, думая, что в один прекрасный день ему воздастся по вере. За последние десятилетия, однако, при помощи сложных экспериментов, основанных на хитроумнейших трудах ирландского физика-теоретика Джона Белла (1928–1990), эта вероятность все-таки была исключена. Квантовая неопределенность с нами накрепко.

«Вердикт Эйнштейна, – признавался Борн, – оказался тяжелым ударом»[404]. Борн вместе с Гейзенбергом внесли важный вклад в вероятностное толкование квантовой теории и надеялись на более положительный отзыв. Борн обожал Эйнштейна и переживал потерю так, словно его покинул почитаемый вожак. Другие чувствовали что-то похожее – их даже трогало до слез, когда приходилось отказываться от представлений Эйнштейна. И вскоре Эйнштейн остался в оппозиции к квантовой теории практически один – по его словам, петь свою «одинокую песенку»[405]и смотреться «со стороны довольно странно». В 1949 году, примерно через двадцать лет после первого письма, отвергшего работу Борна и всего за шесть лет до смерти, он вновь написал Борну: «Ко мне в целом относятся как к окаменелости, слепой и глухой от старости. Мне эта роль не слишком противна, поскольку очень хорошо подходит мне по темпераменту»[406].

* * *

Квантовая теория была создана благодаря такой концентрации мозговой мощи в Центральной Европе, какая превзошла или по крайней мере не уступала величию интеллектуальных созвездий, которые мы повидали в нашем странствии сквозь века. Новаторство начинается с правильного физического и общественного окружения, и потому малость вклада тех, кто обитал вдали, неудивительна: благодаря техническим новшествам, сделавшим доступным море новых явлений в масштабах

атома, физикам-теоретикам повезло участвовать в научном сообществе в нужное время и в нужных местах и обмениваться находками и наблюдениями, касавшимися аспектов Вселенной, которые явлены были человеку впервые в истории. В Европе то было волшебное время, интеллектуальные небеса озаряли вспышки воображения, одна за другой, пока не проступили границы нового царства природы.

Квантовая механика родилась упорством и гением многих ученых, трудившихся в пределах узкой географии, они обменивались мыслями и спорили, однако едины были в своей страсти и преданности общей цели. И союзы, и противостояния тех великих умов, впрочем, вскоре затмит хаос и дикость, что захватывали их континент. Звезды квантовой физики рассеет, как игральные карты при неловкой тасовке.

Начало конца случилось в январе 1933 года, когда фельдмаршал Пауль фон Гинденбург [Хинденбург], президент Германии, назначил Адольфа Гитлера [Хитлера] канцлером. На следующую же ночь в великий университетский город Гёттинген, где Гейзенберг, Борн и Йордан трудились над Гейзенберговой механикой, вошли облаченные в нацистскую форму люди, размахивая факелами и знаменами со свастикой, распевая патриотические песни и насмехаясь над евреями. За несколько месяцев нацисты провели церемонии сжигания книг по всей стране и принялись выгонять ученых-неарийцев из университетов. Внезапно многим почтенным немецким интеллектуалам пришлось либо уехать с родины, либо, как мой отец-портной из Польши, лишенный такой возможности, остаться и смотреть, как нарастает нацистская угроза. По некоторым оценкам, за пять лет Германию покинуло около двух тысяч ученых – из-за национального происхождения или по политическим убеждениям.

О восхождении к власти Гитлера Гейзенберг, как известно, с немалой радостью говорил: «Теперь-то по крайней мере будет у нас порядок, конец смуте, сильная рука правит Германией, к вящей пользе всей Европе»[407]. Еще с отрочества Гейзенбергу не нравилось, в каком направлении развивается немецкое общество. Он даже участвовал в националистической молодежной организации, которая практиковала пешие походы в леса с дискуссиями у костра о нравственном упадке Германии и утрате общей цели и традиций. Как ученый он стремился держаться от политики подальше, однако, судя по всему, видел в Гитлере сильного правителя, который сможет восстановить величие Германии времен до Первой мировой войны.

Однако новая физика, которой верховодил Гейзенберг и уж точно помог создать, Гитлера неизбежно бесила. В XIX веке немецкая физика

установила свое господство и завоевала почтение преимущественно сбором и анализом данных. Разумеется, возникали и математические гипотезы, но физики на них не сосредоточивались. В первые десятилетия века XX-го, однако, теоретическая физика расцвела как дисциплина, и, как мы уже убедились, достигла поразительных успехов. Нацисты же отмахнулись от такой физики как от слишком заумной и математически мудреной. Как и «дегенеративное» искусство, которое они так ненавидели, эта физика виделась им отвратительно сюрреалистичной и абстрактной. Но что еще хуже – ею занимались ученые еврейского происхождения (Эйнштейн, Борн, Бор, Паули).

Нацисты обозвали эти новые теории – относительности и квантовую – «еврейской физикой». А это означало, что они не просто ложные – они тоже «дегенеративные», и нацисты запретили преподавать их в университетах. Даже Гейзенбергу досталось: он же работал на «еврейскую физику» – и с физиками-евреями. Эти нападки Гейзенберга разозлили: он, невзирая на многочисленные предложения престижных зарубежных постов, остался в Германии, был предан правительству и делал все, о чем бы Третий Рейх ни попросил.

Гейзенберг пытался раз и навсегда устранить неурядицы, обратившись напрямую к Генриху Гиммлеру [Хайнриху Химмлеру], главе СС и человеку, которому поручат организацию системы концлагерей. Матери Гиммлера и Гейзенберга были знакомы много лет, и Гейзенберг воспользовался этой связью, чтобы отправить письмо Гиммлеру. Тот откликнулся массированной восьмимесячной проверкой работы ученого, после которой Гейзенбергу еще много лет снились кошмары, однако увенчалась она объявлением Гиммлера, что, дескать, Гейзенберг – «приличный человек, и терять его или затыкать ему рот нам не с руки, он сравнительно молод и может учить новое поколение»[408]. За это Гейзенберг согласился отречься от создателей еврейской физики и не произносить их имена прилюдно.

Другой пионер кванта, Резерфорд, был в те поры в Кембридже. Там он помог основать и возглавил организацию, содействовавшую ученым-изгнанникам. Он умер в 1937 году, в шестьдесят шесть, из-за того, что отложил врачебное вмешательство по поводу грыжи. Дирак, ставший Лукасовским профессором в Кембридже (этот пост занимали Ньютон и Бэббидж, а позднее он отойдет к Хокингу), трудился некоторое время над темами, связанными с британским проектом разработки атомной бомбы, затем был приглашен работать в Манхэттенский проект, но отказался – по этическим соображениям. Последние годы он провел в Университете Флориды в Талахасси, где умер в 1984 году, в восемьдесят два. Паули,

служивший профессором в Цюрихе в те времена, как и Резерфорд, возглавлял международный проект в пользу ученых-беженцев, но, когда началась война, ему отказали в швейцарском гражданстве, и он уехал в Штаты, где и жил, когда ему присудили Нобелевскую премию, сразу после войны. В поздние годы он сильно увлекся мистицизмом и психологией, в особенности сновидениями, и был отцом-основателем Юнговского института в Цюрихе. Он умер в цюрихской больнице в 1958 году, в пятьдесят восемь, от язвы поджелудочной железы.

Шрёдингер, как и Паули, был австрияком, но, когда Гитлер пришел к власти, жил в Берлине. В отношении Гитлера, как и во многом остальном, Шрёдингер оказался противоположностью Гейзенбергу: он был выраженным антинацистом и вскоре, покинув Германию, занял пост в Оксфорде. Вскоре он вместе с Дираком получил Нобелевскую премию. Гейзенберг, пытавшийся как-то держать на плаву немецкую физику, осудил отъезд Шрёдингера: «Он же ни еврей, ни почему-либо еще в опасности»[409].

Как впоследствии оказалось, Шрёдингер в Оксфорде не задержался. Загвоздка состояла в том, что он жил одновременно и с женой, и с любовницей, которую считал, скорее, второй женой. Как писал его биограф Уолтер Мур, в Оксфорде «жены считались неуместной нагрузкой… В Оксфорде и одна жена – прискорбно, а две – вообще отвратительно»[410].

Шрёдингер в конце концов осел в Дублине. Умер от туберкулеза в 1961 году, в свои семьдесят три. Он подцепил эту хворь в 1918-м, когда сражался в Первой мировой, и проблемы с дыхательной системой у него были с тех пор всегда; поэтому он так любил швейцарский курорт Ароза, где и разработал свою версию квантовой теории.

К приходу Гитлера к власти Эйнштейн и Борн жили в Германии, и своевременная эмиграция была вопросом выживания – из-за еврейского происхождения обоих ученых. Эйнштейн, тогда – берлинский профессор, в день назначения Гитлера как раз навещал Калтех в Соединенных Штатах. Он решил не возвращаться в Германию, и с тех пор ноги его там больше не было. Нацисты конфисковали его личную собственность, сожгли его работы по теории относительности и назначили награду за его голову в пять тысяч долларов. Но Эйнштейна не застали врасплох: когда они выезжали в Калифорнию, он сказал жене, чтоб хорошенько вгляделась в их дом. «Ты его больше никогда не увидишь»[411], – сказал он. Она подумала, что он паясничает.

Эйнштейн сделался американским гражданином в 1940-м, но сохранил

и свое швейцарское гражданство. Он умер в 1955 году и был доставлен в крематорий, где в молчании собрались двадцать его ближайших друзей. После краткого поминовения тело предали огню, а прах развеяли в тайном месте, однако патологоанатом Принстонской больницы извлек его мозг, и его с перерывами изучали не одно десятилетие. То, что от него осталось, хранится[412] в Государственном музее здравоохранения и медицины Американской армии в Силвер-Спринг, Мэриленд.

Борн, которому запретили преподавать, беспокоился, что его детей постоянно травят в школе, и тоже быстро взялся организовывать свой отъезд из Германии. Гейзенберг изо всех сил пытался добиться выведения Борна из-под запрета преподавать, наложенного на неарийцев, но Борн уехал, получив приглашение из Кембриджа, в июле 1933-го, а позднее перебрался в Эдинбург. Нобелевской премией его в 1932 году обделили – она досталась Гейзенбергу, за работу, которую они делали вместе, однако в 1954-м он свою «нобелевку» получил. Умер Борн в 1970-м. На его надгробии начертана эпитафия: «$pq - qp = h/2\pi i$», одно из наиболее известных уравнений квантовой теории, математическое утверждение, которое станет основой принципа неопределенности Гейзенберга, а также еще одного, который Борн с Дираком открыли независимо друг от друга[413].

Бор, живя в Дании, где он руководил научным учреждением, которое ныне называется Институтом Нильса Бора, некоторое время был чуть лучше огражден от действий Гитлера и помогал еврейским беженцам находить вакансии в Соединенных Штатах, Британии и Швеции. Но в 1940 году Гитлер вторгся в Данию, и осенью 1943 года шведский посол в Копенгагене шепнул Бору, что его ожидает неминуемый арест – в соответствии с планом депортации датских евреев. Как выяснилось позже, его собирались арестовать месяцем раньше, однако нацисты решили, что будет меньше шума, если подождать пика массовых арестов. Эта отсрочка спасла Бора, и он сбежал с женой в Швецию. На следующий день Бор встретился с королем Густавом V и убедил его публично предложить убежище беженцам-евреям.

*Пионеры квантовой теории на Пятой Сольвеевской международной конференции «Электроны и фотоны», Брюссель, 1927 год. Верхний ряд: Шрёдингер (шестой слева), Паули (восьмой), Гейзенберг (девятый). Средний ряд: Дирак (пятый), Борн (восьмой), Бор (девятый). Передний ряд: Планк (второй), Эйнштейн (пятый)*

Самому Бору, однако, угрожало похищение. Швеция кишела немецкими агентами, и, хотя Бора поселили в тайном месте, нацисты знали, что он в Стокгольме. Вскоре Уинстон Черчилль [Чёрчилл] дал Бору знать, что британцы готовы его эвакуировать, и ему постелили матрас в бомбовом отсеке «де Хевилленд Москито», невооруженного и быстрого истребителя-бомбардировщика, летавшего на больших высотах, где можно было избежать встречи с немецкими боевыми самолетами. По дороге Бор от недостатка кислорода потерял сознание, но все же дожил до приземления, по-прежнему в той же одежде, какая была на нем, когда он покинул Данию. Его семья приехала следом. Из Англии Бор отбыл в Штаты, где стал консультантом Манхэттенского проекта. После войны он вернулся в Копенгаген, где и умер в 1962 году, в семьдесят семь лет.

Из великих квантовых теоретиков в Германии остались лишь Планк, Гейзенберг и Йордан. Последний, как и великий физик-экспериментатор Гейгер, был нацистом-энтузиастом. Он стал одним из трех миллионов немецких штурмовиков и гордо носил сапоги и повязку со свастикой[414]. Он пытался заинтересовать нацистскую партию в различных системах передового оружия, но вот поди ж ты: из-за его связей с «еврейской

физикой» на него не обращали внимания. После войны он занялся политикой и даже получил кресло в Бундестаге – немецком парламенте. Он умер в 1980 году, в семьдесят семь лет, – единственный пионер квантовой теории, не получивший Нобелевской премии.

Планк никаких симпатий к нацистам не питал, но и не сопротивлялся им, даже втихаря. Как и Гейзенберг[415], он стремился в первую очередь хоть как-то сохранить немецкую науку, при этом подчиняясь всем нацистским законам и указам. Он даже встречался с Гитлером в мае 1933-го и пытался отговорить его от изгнания евреев из немецких академических кругов, но, разумеется, ничего не добился. Годы спустя младший сын Планка, с которым они были близки, попытался реформировать нацистскую партию более смелым манером – он имел отношение к заговору против Гитлера – того планировали убить 20 июля 1944 года. Гестаповцы арестовали его вместе с товарищами, пытали и казнили. Для Планка это стало последним ударом его полной трагедий жизни. Из пятерых детей трое других умерли в юности – старший сын погиб на фронте в Первую мировую, а двое дочерей скончались еще в детстве. Но говорят, что именно казнь сына окончательно затушила в Планке жажду жизни. Он умер два года спустя, в восемьдесят девять лет.

Гейзенберг, несмотря на свой начальный энтузиазм, постепенно охладел к нацистам. Тем не менее, покуда существовал Третий Рейх, за ним сохранялись высокие ученые посты, а сам он выполнял свои обязанности без жалоб. Когда евреев выгнали из университетов, он постарался изо всех сил сохранить немецкую физику, привлекая лучшие замены из возможных. Он не вступил в нацистскую партию, но оставался в своей должности и с режимом не ссорился.

Когда в 1939 году стартовал немецкий проект по разработке атомной бомбы[416], Гейзенберг ввязался в него охотно и погрузился в работу с громадной энергией. Он вскоре завершил расчеты, показывавшие, что цепная реакция ядерного распада возможна, и что чистый уран-235, редкий изотоп, – отличная взрывчатка. Такова одна из многих-многих шуток истории: успехи Германии в начале войны привели к их конечному поражению – режим не привлек к работе над бомбой достаточно ресурсов, поскольку война и так шла споро, а когда ветер переменился, уже было поздно, и нацистов победили прежде, чем они успели соорудить себе бомбу.

После войны Гейзенберга вместе с девятью другими ведущими немецкими учеными ненадолго взяли под стражу союзники. После

освобождения он вернулся к работе над фундаментальными вопросами физики, над восстановлением немецкой науки и своей репутации среди ученых за пределами родной страны. Гейзенберг умер у себя дома в Мюнхене 1 февраля 1976 года, так никогда и не вернув себе прежнего положения.

Неоднозначный отклик послевоенного физического сообщества на Гейзенберга, вероятно, отражен и в моем собственном поведении. Еще студентом, в 1973 году, я имел возможность посетить лекцию о развитии квантовой теории, которую он читал в Гарварде, но не смог себя заставить. Годы спустя, получив грант Фонда Александра фон Гумбольдта от института, где Гейзенберг директорствовал, я частенько приходил под дверь его кабинета и размышлял о духе, участвовавшем в создании квантовой механики.

* * *

Хотя квантовая теория, разработанная великими первоисследователями кванта, не меняет нашего описания грубой физики макромира, она революционизировала наш образ жизни и изменила человеческое общество столь же мощно, как и промышленная революция. Законы квантовой теории лежат в основе всех информационных и коммуникационных технологий, перелицевавших современное общество, – компьютеров, интернета, спутников, сотовых телефонов и всей электроники. Но не менее важно, чем ее практические применения, то, что квантовая теория сообщает нам о природе и о науке.

Победа ньютоновского мировоззрения обещала нам, что, при верно проделанных математических расчетах, человечество сможет предсказывать и объяснять природные явления, и ученые во всех областях интеллектуальной деятельности желали «ньютонизировать» свои дисциплины. Физики-квантовики первой половины XX века пресекли эти стремления и явили истину по сути своей и придающую сил, и глубоко смиряющую. Сил она придает, потому что квантовая теория показывает: мы можем постигать незримый мир, не подвластный нашему прямому наблюдению, и манипулировать им. Смиряет же эта истина тем, что на протяжении тысячелетий развитие науки и философии подсказывало: наша способность понимать беспредельна, но теперь природа, заговорив языком великий открытий в квантовой физике, сообщает нам, что нашим познаниям и власти есть предел. Более того, квант напоминает нам, что

может существовать другой незримый мир, что Вселенная – место чрезвычайно таинственное, и сразу за горизонтом могут скрываться многие необъяснимые явления, требующие новых революций мышления и теории.

На этих страницах мы преодолели миллионы лет, начав с первых людей, сильно отличных от нас с вами и физически, и умственно. В этом четырехмиллионолетнем странствии мы вступили в наше время всего лишь мгновение ока назад, но успели при этом познать законы, управляющие природой, – однако в этих законах сокрыто гораздо больше, чем мы переживаем в повседневности: «И в небе, и в земле сокрыто больше, – как говорил Гамлет Горацио, – чем снится вашей мудрости»[417].

В обозримом будущем наше знание продолжит прирастать, а с поправкой на экспоненциальный рост числа людей, занятых в науке, резонно предположить, что следующий век принесет нам открытия столь же великие, какие подарило последнее тысячелетие. Но если читаете эту книгу, вы знаете, что дело, скорее, в вопросах, задаваемых людьми о том, что нас окружает, нежели в технике, – мы, люди, видим в природе красоту и ищем смыслы. Нам нужно не просто знать, как устроена Вселенная, – нам важно постичь, каково наше место в ней. Мы хотим понять контекст своей жизни, своего конечного существования и ощутить связь с другими людьми, с их радостями и печалями, и с безбрежным мирозданием, в котором наши радости и печали играют совсем крошечную роль.

Понять и принять свое место во Вселенной может быть непросто, но такова с самого начала одна из целей тех, кто изучает природу, – от древних греков, считавших науку, наряду с метафизикой, этикой и эстетикой, ветвью философии, до первопроходцев науки Бойля и Ньютона, изучавших природу с целью понять суть Бога. Для меня связь между прозрениями о мирах физическом и человеческом ярче всего проявилась, когда я был в Ванкувере на съемках телесериала «Макгайвер». Я написал сценарий к снимавшейся тогда серии и приехал объяснять бутафорам и декораторам, как выглядит лаборатория физики низких температур. Вдруг посреди этих обыденных технических бесед я впервые прозрел: я понял, что мы, люди, совсем не выше природы, а просто приходим и уходим, как цветочки – или как вьюрки Дарвина.

Все началось с телефонного звонка, который перевели из конторы производства фильма на съемочную площадку. Вызывали меня. В те дни, до того, как у всякого двенадцатилетки возник мобильный телефон, принимать звонки на площадке было делом необычайным, и я обычно мог ответить на сообщения лишь через много часов после их поступления – мне их передавали на бумажках, исписанных вручную. Сообщения типа:

«Леонарду: <неразборчиво> хочет, чтобы вы <неразборчиво>. Говорит, срочно! Перезвоните ему на <неразборчиво>». На этот раз все было иначе. Помощник продюсера принес мне телефон.

На другом конце был врач из больницы Университета Чикаго. Он сообщил мне, что мой отец пережил инсульт и находится в коме – отсроченный результат операции, проведенной за несколько месяцев до этого: отцу чинили аорту. К ночи я уже был в больнице и смотрел на своего отца – тот лежал на спине, глаза закрыты, вид умиротворенный. Я присел рядом и погладил его по волосам. Он был теплый на ощупь, живой, словно уснул, словно того и гляди проснется, улыбнется мне, протянет мне руку и спросит, не съем ли я с ним ржаного хлеба с маринованной селедкой на завтрак.

Я заговорил с ним. Сказал, что люблю его, – так же, как много лет спустя буду говорить это своим спящим детям. Но врач подчеркнул, что мой отец не спит. Он не услышит меня, сказал врач. Он сообщил, что, судя по показателям работы отцова мозга, можно считать, что он мертв. Теплое тело моего отца было словно та физическая лаборатория в «Макгайвере» – фасад, снаружи в прекрасной форме, но вообще же лишь оболочка, не способная на осмысленное существование. Врач сказал, что кровяное давление у отца будет постепенно снижаться, дыхание – замедляться, пока он не умрет.

В тот миг я возненавидел науку. Я хотел, чтобы она во всем заблуждалась. Кто они такие, эти ученые и врачи, чтобы рассказывать тебе судьбу человека? Я бы отдал всё, что угодно, лишь бы вернуть отца, пусть хоть на денек, на час или даже на минуту – чтобы сказать ему, что я его люблю, попрощаться. Но конец наступил в точности так, как предсказывал врач.

То был 1988 год, а моему отцу было семьдесят шесть. После его смерти наша семья «отсидела шиву» – это такое традиционное семидневное поминовение, когда три раза в день молишься и не выходишь из дома. Всю свою жизнь я проболтал с ним у нас в гостиной, а теперь сидел в этой же гостиной, где отец остался лишь памятью, и я знал, что больше никогда с ним не поговорю. Благодаря проделанному человечеством интеллектуальному пути я знал, что его атомы все еще существуют, и так будет всегда, но понимал я и то, что, хоть атомы его и не умерли с ним вместе, они рассеются. Их соединение в одно существо, которое я знал как моего отца, распалось и более никогда не случится, если не считать тени в моем сознании и в сознании других, кто его любил. И я знал, что через несколько десятков лет то же случится и со мной.

К моему удивлению я понял тогда, что постигнутое мной в попытках разобраться в физическом мире не сделало меня бесчувственным – оно придало мне сил. Помогло преодолеть муку расставания, почувствовать себя не таким одиноким, потому что я – часть чего-то куда более великого. Оно открыло мне глаза на потрясающую красоту нашего бытия, сколько бы ни было отпущено нам лет. Мой отец, несмотря на то, что он так и не получил возможности поступить даже в старшие классы, тоже премного почитал устройство физического мира и очень им интересовался. Я как-то раз сказал ему в одном из наших разговоров в гостиной, что однажды напишу про это. Наконец, много десятилетий спустя, – вот она, эта книга.

*Мой отец, в тот вечер, когда он сделал предложение моей матери, Нью-Йорк, 1951 год*

# Эпилог

Есть одна старая загадка о монахе, который однажды на рассвете отправляется из своего монастыря в храм на вершине высокой горы[418]. Тропа на вершину одна, довольно узкая и извилистая, и монах идет неспешно, ибо витки тропы забираются вверх круто, но незадолго до заката добирается к храму. На следующее утро он спускается по тропе, вновь отправившись на рассвете, и к закату оказывается у себя в монастыре. Вопрос: есть ли место на тропе, которое монах пройдет в одно и то же время и на пути туда, и на пути обратно? Задачка не определить точное место, а лишь сказать, есть такое место или нет.

Эта загадка не из тех, что построены на уловке, или скрытой информации, или неожиданной интерпретации какого-нибудь слова. На тропе нет алтаря, у которого монах молится каждый полдень, вам не нужно ничего знать о скорости восхождения или спуска, никаких недостающих вводных, о которых вам придется догадаться, чтобы найти ответ. Она, эта загадка, и не из тех, в которых вам рассказывают, что А и Б сидели на трубе, А упало, Б пропало, а потом спрашивают, что осталось на трубе, и ответ – «и». Нет, здесь история без особых затей, и вы, вероятнее всего, с первого раза узнали все необходимое, чтобы найти ответ.

Подумайте чуточку, ибо ваш успех в отгадывании, как и ответы на многие вопросы, на которые пытались ответить ученые за многие века, может показать, насколько вы терпеливы и настойчивы. Еще важнее вот что: как знают все хорошие ученые, от этого будет зависеть ваша способность задавать правильные вопросы, шагнуть назад и смотреть на задачу под слегка другим углом. Стоит это проделать, и ответ дастся вам легко. Именно найти этот угол – вот что может быть непросто. Вот почему создание Ньютоновой физики, Периодической таблицы Менделеева и теории относительности Эйнштейна потребовало появления людей с могущественным интеллектом и оригинальностью мышления, но все же и то, и другое, и третье доступно пониманию – их может объяснить любой студент колледжа, изучающий физику и химию. И потому то, на чем вывихивает ум одно поколение, становится общим знанием для следующего, а ученым по силам взбираться все выше и выше.

Чтобы отыскать ключ к загадке про монаха, лучше не проигрывать в уме картинку, как монах карабкается в гору, а назавтра спускается с нее, а проделать мысленный эксперимент и вообразить происходящее иначе.

Представим, что у нас два монаха – один поднимается, второй спускается, оба отправляются в путь на рассвете одного и того же дня. Очевидно, они встретятся по дороге. Точка, в которой они минуют друг друга, и есть то самое место, которое пройдет монах в одно и то же время оба раза. И потому ответ – «да».

То, что монах окажется в определенной точке пути в одно и то же время и на пути к храму, и при спуске, может показаться маловероятным совпадением. Но стоит дать уму волю и разрешить ему пофантазировать о двух монахах, один поднимается, второй спускается, в один и тот же день, станет ясно, что это не совпадение – это неизбежность.

В некотором смысле развитие человеческого постижения стало возможным благодаря череде таких фантазий, каждая рождена кем-то, способным смотреть на мир чуточку иначе. Галилей воображал предметы, падающие в теоретическом мире, где нет сопротивления воздуха. Дальтон воображал, как простые вещества могут взаимодействовать друг с другом, чтобы получались сложные, если всё сделано из невидимых атомов. Гейзенберг воображал, что царством атома правят диковинные законы, не имеющие ничего общего с повседневностью. Один конец спектра причудливого мышления называется «псих», другой – «провидец». Именно искренними усилиями долгой череды мыслителей, чьи идеи рождаются в разных точках внутри этого спектра, наше понимание мироздания добралось туда, где оно сегодня.

Если я достиг своей цели, всё, изложенное на предыдущих страницах, напитало вас почтением к корням человеческой мысли о физическом мире, вопросами, какие задают себе те, кто этот мир изучает, сутью теорий и исследований, а также наблюдениями, как культура и система верований влияют на человеческий поиск. Это важно для понимания многих общественных, профессиональных и нравственных вопросов нашего времени. Но большая часть этой книги – о том, как думают ученые и новаторы.

Двадцать пять веков назад Сократ уподобил[419] движение человека по пути жизни без критического и системного мышления искуснику – гончару, например, кто трудится в своем ремесле, не следуя потребным для своего дела методикам. Горшки лепить – дело нехитрое, как может показаться, ан нет. Во времена Сократа нужно было добыть глину в раскопе под Афинами, поместить ее на специальный круг, вращать его с точной скоростью, нужной для создания изделия определенного диаметра, а потом вытирать его губкой, снимать с круга, обрабатывать щеткой, глазуровать, сушить и дважды обжигать в печи, всякий раз – при правильных температуре и

влажности. Стоит отступить от любой из этих процедур, и горшок выйдет кривой, с трещинами, плохо прокрашенный или же попросту уродливый. Могучее мышление, отмечал Сократ, – тоже искусство, да такое, что стоит творить его хорошо. В конце концов мы все знаем людей, кто, применяя его так себе, сотворили себе жизни кривые или как-то еще печально ущербные.

Немногие из нас изучают атом или природу пространства и времени, но все мы создаем теории о мире, в котором живем, и применяем эти теории и в деле, и в потехе, и когда решаем, во что вкладываться, как питаться здоров о, и даже пытаясь понять, что делает нас счастливыми. Как и ученым, нам в жизни тоже приходится новаторствовать. Например, мы соображаем, что бы такого приготовить на ужин, когда нет времени или сил, импровизируем презентацию, когда подевали куда-то свои записи, и ни один компьютер не под рукой, – или же что-то совершенно меняющее жизнь, как, допустим, пытаемся понять, когда именно оставить умственный багаж прошлого, а когда оставаться в традициях, что питают и поддерживают нас.

Сама жизнь, особенно современная, ставит перед нами интеллектуальные задачи, подобные тем, какие решают ученые, даже если мы себя учеными не считаем. И потому из всех уроков, которые можно извлечь из этого приключения, вероятно, важнейшие – те, что явили нам нравы знаменитых ученых: гибкость и открытость мышления, терпение, недостаток привязанности к чужим убеждениям, способность менять свои взгляды – и веру, что ответы есть и мы можем их добыть.

* * *

Каково наше сегодняшнее понимание Вселенной? XX век видел громадные прорывы по всем фронтам. Стоило физикам решить загадку атома и разработать квантовую теорию, эти рывки вперед сделали возможными и другие, а потому поступь научного познания весь век делалась все более прыткой.

Новая квантовая техника – электронный микроскоп, лазер, компьютер – позволила химикам разобраться в природе химической связи и в роли, которую играет форма молекулы в химических реакциях. Тем временем методов контролируемого проведения реакций прибавилось так, что дух захватывает. К середине века мир совершенно подменили. Мы перестали полагаться на природу и научились создавать новые искусственные материалы с нуля и приспосабливать старые к новым применениям.

Пластмассы, нейлон, полиэстер, закаленная сталь, вулканизированная резина, очищенный бензин, химические удобрения, дезинфицирующие средства, антисептики, хлорированная вода – список можно продолжать и продолжать, а в результате возросло производство пищевых продуктов, смертность рухнула, а продолжительность жизни резко увеличилась.

В то же время биологи добились громадных успехов в понимании работы клетки как молекулярной машины, разобрались, как из поколения в поколение передается генетическая информация, и описали в деталях устройство нашего биологического вида. Сегодня мы умеем анализировать фрагменты ДНК, добытые из телесных жидкостей, и определять таинственных возбудителей заболеваний. Мы знаем, как вводить участки ДНК в ДНК существующих организмов и тем самым создавать новые. Мы умеем помещать оптоволокно в мозг крысам и управлять ими, как роботами. А можем сидеть у компьютера и смотреть, как мозг человека рождает мысли или переживает чувства. Мысли мы в некоторых случаях можем даже читать.

Но, хотя мы зашли так далеко, думать, будто приблизились к каким-либо окончательным ответам, – почти наверняка заблуждение. Такие мысли человек позволял себе всю историю существования человечества. В древние времена вавилоняне не сомневались, что Земля создана из трупа богини Тиамат. Тысячи лет спустя, после того, как греки добились невероятных успехов в понимании природы, многие в той же мере не сомневались, что все предметы земного мира состоят из некоторого сочетания земли, воздуха, огня и воды. А еще через две тысячи лет ньютонианцы полагали, что все случившееся и все, что случится в будущем, от движения атомов до орбит планет, может быть в принципе объяснено и предсказано применением Ньютоновых законов движения. За эти верования пылко держались – и все они оказались ложными.

В какое бы время ни жили, мы, люди, склонны верить, что стоим на вершине постижения – пусть воззрения людей, живших до нас, и были неполны, уж наши-то ответы точно верны, и их никому не превзойти. Ученые – даже великие – не менее подвержены такого рода спеси, как и кто угодно. Вы посмотрите на заявление Стивена Хокинга в 1980-х, что к исходу века физики добудут «теорию всего».

И что, стоим ли мы, как предположил Хокинг несколько десятилетий назад, на пороге разгадки всех наших фундаментальных вопросов о природе? Или мы в том же положении, что и на рубеже XIX и XX веков, когда теории, казавшиеся нам истинными, того и гляди будут заменены чем-то совершенно иным?

На горизонте науки облаков не одно и не два, и, судя по ним, мы, скорее, реализуем второй сценарий. Биологи по-прежнему не знают, как и когда на Земле впервые возникла жизнь, и насколько она возможна на других планетах, подобных нашей. Они не знают эволюционных преимуществ, приведших к развитию полового воспроизводства. Быть может, важнее всего вот что: они не знают, как мозг производит переживания ума.

В химии тоже хватает вопросов без ответов – от тайны, как молекулы воды образуют водородные связи с соседями, от чего у этой жизненно важной жидкости есть ее волшебные свойства, до загадки, как длинные цепи аминокислот складываются так, чтобы получались те самые белки, похожие на спагетти, от которых зависит наша жизнь. Но, похоже, самые потенциально взрывоопасные вопросы – из области физики. Открытые вопросы этой науки вполне могут заставить нас пересмотреть все, что, как нам кажется, мы знаем о самых фундаментальных сторонах природы.

К примеру, нам удалось соорудить очень успешную Стандартную модель сил и материи, которая объединяет электромагнетизм и две ядерные силы, но почти никто не думает, что эту модель можно считать исчерпывающей. Один из ключевых ее недостатков в том, что она не включает в себя гравитацию. А еще в ней имеется множество подгоночных параметров – «поправочных коэффициентов», зафиксированных на основании экспериментальных данных, но они не тянут на какую бы то ни было общую теорию. Прогресс же в теории струн/М-теории, даровавший когда-то надежду устранить оба этих недостатка, похоже, застрял, и чаяния многих физиков утратили твердую почву.

В то же время мы подозреваем, что Вселенная, которую нам видно даже при помощи наших самых могучих инструментов, – лишь крошечная доля того, что вообще есть, словно бо́льшая часть сотворенного – эдакий призрачный загробный мир, которому суждено оставаться тайной, во всяком случае – пока. Если точнее, обычные материя и энергия, которые мы засекаем органами чувств и в лабораториях, составляет примерно процентов пять всей материи и энергии Вселенной, тогда как незримая, неуловимая разновидность материи под названием «темная», а также незримая, неуловимая форма энергии, именуемая «темной» же, как это сейчас представляется, – остальные 95 %.

Физики постулируют существование темной материи, потому что материя, которую мы можем видеть в космосе, похоже, притянута гравитацией неведомого происхождения. Темная энергия не менее загадочна. Популярность этого представления восходит к открытию 1998

года, что Вселенная расширяется с ускорением. Это явление можно было бы объяснить с помощью Эйнштейновой теории гравитации – общей теории относительности, которая допускает вероятность, что Вселенная насквозь пронизана энергией причудливой разновидности, от которой возникает «антигравитационный» эффект. Но происхождение и природу этой «темной энергии» нам еще предстоит познать.

Подойдут ли в итоге темная материя и темная энергия под объяснения, которые дают существующие теории – Стандартная модель и Эйнштейнова теория относительности? Или же, как постоянная Планка, рано или поздно приведут нас к совершенно другому видению Вселенной? Окажется ли струнная теория истинной или, если нет, откроем ли мы когда-нибудь единую теорию всех сил природы, такую, в которой не будет поправочных коэффициентов? Никто не знает. Список причин, почему я бы хотел жить вечно, венчает желание дожить до ответов на эти вопросы. Наверное, поэтому я ученый.

# Список иллюстраций

Стр. 26: Из Maureen A. O’Leary et al., «The Placental Mammal Ancestor and the Post-K-Pg Radiation of Placentals», *Science:*, 339 (February 8, 2013), стр. 662–667.

Стр. 34: Любезно предоставлено Nachosen/Wikimedia Commons

Стр. 56: Любезно предоставлено Teomancimit/Wikimedia Commons

Стр. 75: Автор: Derya Kadipasaoglu

Стр. 97: Автор: U.S. Navy by Photographer’s Mate First Class Arlo K. Abrahamson. Изображение вне копирайта: United States Navy with the ID 030529-N-5362A-001.

Стр. 115: © Web Gallery of Art, авторство Emil Kren, Daniel Marx, любезно предоставлено Wikimedia Commons

Стр. 126: Фотография библиотеки колледжа Мёртона, из The Charm of Oxford, авторство: J. Wells (London: Simpkin, Marshall, Hamilton, Kent & Co., 1920). Любезно предоставлено fromoldbooks.org.

Стр. 155: Автор: Derya Kadipasaoglu

Стр. 163: Любезно предоставлен PD-art/Wikimedia Commons

Стр. 169: Автор: Derya Kadipasaoglu

Стр. 205: Автор: Derya Kadipasaoglu

Стр. 225: Любезно предоставлено Zhaladshar/Wikimedia Commons

Стр. 233: (Слева) Любезно предоставлено Science Source®, зарегистрированной торговой марки Photo Researchers, Inc., © 2014 Photo Researchers, Inc. Все права защищены.

Стр. 240: (Справа) Любезно предоставлено English School/Wikimedia Commons

Стр. 257: Любезно предоставлено Science Source®, зарегистрированной торговой марки Photo Researchers, Inc., © 2014 Photo Researchers, Inc. Все права защищены.

Стр. 279: Любезно предоставлено Popular Science Monthly, том 58/Wikimedia Commons

Стр. 286: Любезно предоставлено Science Source®, зарегистрированной торговой марки Photo Researchers, Inc.,© 2014 Photo Researchers, Inc. Все права защищены.

Стр. 308: Любезно предоставлено Wikimedia Commons

Стр. 328: Lister E 7, Pl. XXXIV, любезно предоставлено The Bodleian Libraries, The University of Oxford 202: Любезность Duncharris/Wikimedia

Commons

Стр. 340: (Вверху) Любезно предоставлено Richard Leakey, Roger Lewin/Wikimedia Commons Стр. 340: (По центру) Любезно предоставлено Maull, Polyblank/Wikimedia Commons

Стр. 340: (Внизу) Любезно предоставлено Robert Ashby Collection/Wikimedia Commons

Стр. 352: (Вверху) Любезно предоставлено Музея Науки, Лондон/Wikimedia Commons

Стр. 352: (Внизу) Любезно предоставлено Maximilien Brice (CERN)/Wikimedia Commons

Стр. 362: Любезно предоставлено Wikimedia Commons

Стр. 371: Любезно предоставлено The Dibner Library Portrait Collection – Smithsonian Institution/Wikimedia Commons

Стр. 377: Любезно предоставлено Canton of Aargau, Switzerland/Wikimedia Commons

Стр. 393: Любезно предоставлено F. Schmutzer/ Wikimedia Commons

Стр. 401: Любезно предоставлено Science Source®, зарегистрированной торговой марки Photo Researchers, Inc., © 2014 Photo Researchers, Inc. Все права защищены.

Стр. 407: Автор: Derya Kadipasaoglu

Стр. 410: Автор: Derya Kadipasaoglu

Стр. 433: Автор: Derya Kadipasaoglu

Стр. 438: Автор: Paul Ehrenfest, Jr., Любезно предоставлено AIP Emilio Segre Visual Archives, Weisskopf Collection

Стр. 458: Любезно предоставлено Benjamin Couprie, Institut International de Physique de Solvay/Wikimedia Commons

---

**notes**

# Примечания

**1**

Примерно 38,5 кг. – *Примечание переводчика*.

**2**

*Star Track. Next Generation* – американский фантастический телесериал (1987–1994). – *Примеч. перев.*

## 3

Alvin Toffler, Future Shock (New York: Random House, 1970), стр. 26. – *Здесь и далее примечания автора, кроме случаев, оговоренных особо.* Рус. изд.: Тоффлер, Элвин. «Шок будущего». – М.: АСТ, 2008. – *Примеч. перев.*

# 4

«Chronology: Reuters, from Pigeons to Multimedia Merger», Reuters, 19.02.2008, по состоянию на 27.10.2014, http: //www. reuters.com/article/2008/02/19/us-reuters-thomson-chronology-idUSL1849100620080219.

## 5

Toffler, Future Shock, стр. 13.

## 6

Здесь и далее в квадратных скобках при первом упоминании имен собственных в тексте приводятся транскрипции, соответствующие современным произносительным нормам. – *Примеч. перев.*

# 7

Albert Einstein, *Einstein's Essays in Science* (New York: Wisdom Library, 1934), стр. 112.

# 8

Maureen A. O’Leary et al., «The Placental Mammal Ancestor and the Post – K-Pg Radiation of Placentals», *Science*, 339 (8 февраля 2013): стр. 662–667.

# 9

Julian Jaynes, *The Origin of Consciousness in the Breakdown of the Bicameral Mind* (Boston: Houghton Mifflin, 1976), стр. 9.

## 10

Об истории Люси и ее значимости см. Donald C. Johanson, *Lucy's Legacy* (New York: Three Rivers Press, 2009), а также Douglas S. Massey, «A Brief History of Human Society: The Origin and Role of Emotion in Social Life», *American Sociological Review,* 67 (2002), стр. 1-29.

## 11

B. A. Wood, «Evolution of Australopithecines», in *The Cambridge Encyclopedia of Human Evolution*, ed. Stephen Jones, Robert D. Martin, David R. Pilbeam (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1994), стр. 239.

## 12

Carol. V. Ward et al., «Complete Fourth Metatarsal and Arches in the Foot of Australopithecus afarensis», *Science*, 331 (11.02.2011), стр. 750–753.

# 13

$4 \times 10^6$ лет назад = $2 \times 10^5$ поколений; $2 \times 10^5$ домов x 100-футовой ширины участок у каждого дома – е 5000 футов на милю = 4000 миль.

## 14

James E. McClellan III, Harold Dorn, *Science and Technology in World History*, 2-е изд. (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2006), стр. 6–7.

## 15

Для предпочитающих фруктам точность добавлю: мозг Человека умелого был вполовину меньше нашего.

## 16

Javier DeFelipe, «The Evolution of the Brain, the Human Nature of Cortical Circuits, and Intellectual Creativity», *Frontiers in Neuroanatomy*, 5 (май, 2011), стр. 1-17.

## 17

Stanley H. Ambrose, «Paleolothic Technology and Human Evolution», *Science*, 291 (2 марта 2001), стр. 1748-1753.

## 18

«What Does It Mean to Be Human?», *Smithsonian Museum of Natural History*, по состоянию на 27.10.2014, www.humanorigins.si.edu.

## 19

Johann De Smedt et al., «Why the Human Brain Is Not an Enlarged Chimpanzee Brain», in *Human Characteristics: Evolutionary Perspectives on Human Mind and Kind*, ed. H. H0gh-Olesen, J. Tennesvang, P Bertelsen (Newcastle upon Tyne: Cambridge Scholars, 2009), стр. 168–181.

## 20

Ambrose, «Paleolothic Technology and Human Evolution», стр. 17481753.

## 21

R. Peeters et al., «The Representation of Tool Use in Humans and Monkeys: Common and Uniquely Human Features»,Joumal of Neuroscience, 29 (16 сентября 2009), стр. 11523-11539; Scott H. Johnson-Frey, «The Neural Bases of Complex Tool Use in Humans», *TRENDS in Cognitive Sciences,* 8 (февраль, 2004), стр. 71–78.

## 22

Richard P. Cooper, «Tool Use and Related Errors in Ideational Apraxia: The Quantitative Simulation of Patient Error Profiles», *Cortex*, 43 (2007), стр. 319; Johnson-Frey, «The Neural Bases», стр. 71–78.

## 23

Johanson, *Lucy's Legacy,* стр. 192–193.

## 24

Johanson, *Lucy's Legacy,* стр. 267.

## 25

Andras Takacs-Santa, «The Major Transitions in the History of Human Transformation of the Biosphere», *Human Ecology Preview*, 11 (2004), стр. 51–77. Некоторые исследователи считают, что современное человеческое поведение сформировалось в Африке, откуда оно распространилось в Европу в результате второй миграции с «черного континента». См., например, David Lewis-Williams, David Pearce, *Inside the Neolithic Mind (London: Thames and Hudson*, 2005), стр. 18; Johanson, *Lucy's Legacy*, стр. 257–262.

## 26

Robin I. M. Dunbar, Suzanne Shultz, «Evolution in the Social Brain», *Science*, 317 (07.09.2007), стр. 1344–1347.

## 27

Christopher Boesch, Michael Tomasello, «Chimpanzee and Human Cultures», *Current Anthropology*, 39 (1998), стр. 591–614.

## 28

Рус. изд., напр.: Вольфганг Кёлер. «Исследование интеллекта человекоподобных обезьян». Пер. с нем. Л. В. Занкова и И. М. Соловьева. Под ред. и с вступительной статьей Л. С. Выготского. Издательство Коммунистической академии, М.: 1930 г. – *Примеч. перво.*

## 29

Lewis Wolpert, «Causal Belief and the Origins of Technology», *Philosophical Transactions of the Royal Society*, A 361 (2003), стр. 1709–1719.

## 30

Daniel J. Povinelli and Sarah Dunphy-Lelii, «Do Chimpanzees Seek Explanations? Preliminary Comparative Investigations», *CanadianJournal of Experimental Psychology,* 55 (2001), стр. 185–193.

## 31

Frank Lorimer, *The Growth of Reason* (London: K. Paul, 1929); цит. по: Arthur Koestler, *The Act of Creation* (London: Penguin, 1964), стр. 616.

## 32

Dwight L. Bolinger, ed., *Intonation: Selected Readings.* (Harmondsworth, U.K.: Penguin, 1972), стр. 314; Alan Cruttenden, *Intonation* (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1986), стр. 169–171.

## 33

Laura Kotovsky. Renee Baillargeon, «The Development of Calibration-Based Reasoning About Collision Events in Young Infants», *Cognition*, 67 (1998), стр. 313–351.

**34**

James E. McClellan III, Harold Dorn, *Science and Technology in World History, 2nd* ed. (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2006), стр. 9-12.

## 35

Многие признаки такого прогресса зародились в более старших кочевых группах, но технические приемы не развивались, поскольку их применение приносило непригодные для бродячего образа жизни результаты. См. McClellan, Dorn, *Science and Technology,* стр. 20–21.

## 36

Jacob L. Weisdorf, «From Foraging to Farming: Explaining the Neolithic Revolution», *Journal of Economic Surveys*, 19 (2005), стр. 562–586; Elif Batuman, «The Sanctuary», New Yorker, 19.12.2011, стр. 72–83.

## 37

Marshall Sahlins, *Stone Age Economics* (New York: Aldine Atherton, 1972), стр. 1-39.

## 38

Там же, стр. 21–22.

## 39

Andrew Curry, «Seeking the Roots of Ritual», *Science*, 319 (18 января 2008), стр. 278–280; Andrew Curry, «Gobekli Tepe: The World's First Temple?», *Smithsonian Magazine*, ноябрь, 2008, по состоянию на 07.11.2014, http:// www.smithsonianmag.com/history-archaeology/gobekli– tepe.html; Charles C. Mann, «The Birth of Religion», *National Geographic*, июнь, 2011, 34–59; Batuman, «The Sanctuary».

## 40

С 1983 г. – Шанлыурфа. – *Примеч. перев.*

# 41

Batuman, «The Sanctuary».

## 42

Michael Balter, «Why Settle Down? The Mystery of Communities», *Science*, 20 (ноябрь, 1998), стр. 1442–1446.

## 43

Разговорное именование саблезубых кошек.

# 44

Человек флоресский.

## 45

Curry, «Gobekli Tepe».

**46**

McClellan and Dorn, *Science and Technology*, стр. 17–22.

## 47

Balter, «Why Settle Down?», стр. 1442–1446.

## 48

Marc Van De Mieroop, *A History of the Ancient Near East* (Malden, Mass.: Blackwell, 2007), стр. 21. См. также Balter, «Why Settle Down?», стр. 14421446.

## 49

Balter, «Why Settle Down?», стр. 1442–1446; David Lewis-Williams, David Pearce, Inside the Neolithic Mind (London: Thames and Hudson, 2005), стр.77–78.

## 50

Ian Hodder, «Women and Men at Catalhfyük», *Scientific American*, январь, 2004, стр. 81.

## 51

Ian Hodder, «£atalhöyük in the Context of the Middle Eastern Neolithic», *AnnualPieviewof Anthropology,* 36 (2007), стр. 105–120.

## 52

Anil K. Gupta, «Origin of Agriculture and Domestication of Plants and Animals Linked to Early Holocene Climate Amelioration», *Current Science*, 87 (10 июля 2004); Van De Mieroop, *History of the Ancient Near East*, стр. 11.

## 53

L. D. Mlodinow, N. Papanicolaou, «SO (2, 1) Algebra and the Large N Expansion in Quantum Mechanics», *Annals of Physics*, 128 (1980), стр. 314–334; L. D. Mlodinow, N. Papanicolaou, «Pseudo-Spin Structure and Large N Expansion for a Class of Generalized Helium Hamiltonians», *Annals of Physics*, 131 (1981), стр. 1-35; Carl Bender, L. D. Mlodinow, N. Papanicolaou, «Semiclassical Perturbation Theory for the Hydrogen Atom in a Uniform Magnetic Field», *Physical Review*, A 25 (1982), стр. 1305–1314.

## 54

Jean Durup, «On the 1986 Nobel Prize in Chemistry», *Laser Chemistry*, 7 (1987), стр. 239–259. См. также D.J. Doren, D. R. Herschbach, «Accurate Semiclassical Electronic Structure from Dimensional Singularities», *Chemical Physics Letters*, 118 (1985), стр. 115–119; J. G. Loeser, D. R. Herschbach, «Dimensional Interpolation of Correlation Energy for Two-Electron Atoms», *Journal of Physical Chemistry*, 89 (1985), стр. 3444–3447.

## 55

Andrew Carnegie, *James Watt* (New York: Doubleday, 1933), стр. 45–64.

## 56

Вообще-то ныне доподлинно не известно, как именно произносилась фамилия этого ученого – Хэйли, Хэли, Хали, Холи, поскольку в те времена бытовали все эти и другие варианты написания и произношения его фамилии. – *Примеч. перев.*

## 57

Рус. изд.: Исаак Ньютон. Математические начала натуральной философии. Пер. с лат. и примеч. А. Н. Крылова. М.: Наука, 1989. Более точным названием были бы «Математические принципы», а не «Начала»; далее в основном тексте – «Принципы». – *Примеч. прев.*

## 58

T. S. Eliot, *The Sacred Wood and Major Early Essays* (New York: Dover Publications, 1997), стр. 72. Первое издание – 1920 г.

**59**

Gergely Csibra, G**ör**gy Gergely, «Social Learning and Cognition: The Case for Pedagogy», *Processes in Brain and Cognitive Development*, ed. Y. Munakata, M. H. Johnson (Oxford: Oxford University Press, 2006), стр. 249–274.

## 60

Christophe Boesch, «From Material to Symbolic Cultures: Culture in Primates», *The Oxford Handbook of Culture and Psychology,* ed. Juan Valsiner (Oxford: Oxford University Press, 2012), стр. 677–692. См. также Sharon Begley, «Culture Club», *Newsweek,* 25 марта 2001, стр. 48–50.

## 61

Boesch, «From Material to Symbolic Cultures». См. также Begley, «Culture Club»; Bennett G. GalefJr., «Tradition in Animals: Field Observations and Laboratory Analyses», *Interpretation and Explanation in the Study of Animal Behavior,* ed. Marc Bekoff, Dale Jamieson (Oxford: Westview Press, 1990).

## 62

Boesch, «From Material to Symbolic Cultures». См. также «Culture Club».

## 63

Heather Pringle, «The Origins of Creativity», *Scientific American*, март, 2013, стр. 37–43.

## 64

Michael Tomasello, *The Cultural Origins of Human Cognition (Cambridge,* Mass.: Harvard University Press, 2001), 5–6, стр. 36–41.

## 65

Fiona Coward and Matt Grove, «Beyond the Tools: Social Innovation and Hominin Evolution», *PaleoAnthropology* (спецвыпуск, 2011), стр. 111–129.

## 66

Jon Gertner, *The Idea Factory: Bell Labs and the Great Age of American Knowledge* (New York: Penguin, 2012), стр. 41–42.

## 67

Pringle, «Origins of Creativity», стр. 37–43.

## 68

Robert Burton, *The Anatomy of Melancholy* (1621); George Herbert, *Jacula Prudentum* (1651); William Hicks, *Revelation Revealed* (1659); Shnayer Z. Leiman, «Dwarfs on the Shoulders of Giants», *Tradition*, весна, 1993. Употребление этой метафоры восходит вообще чуть ли не к XII веку.

## 69

Marc Van De Mieroop, *A History of the Ancient Near East* (Malden, Mass.: Blackwell, 2007), стр. 21–23.

## 70

Там же, стр. 12–13, 23.

## 71

Некоторые ученые оценивают население почти в 200 000 человек. К примеру, см. James E. McClellan III, Harold Dorn, *Science and Technology in World History*, 2nd ed. (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2006), стр. 33.

## 72

Van De Mieroop, *History of the Ancient Near East*, стр. 24–29.

## 73

McClellan, Dorn, *Science and Technology in World History*, стр. 41–42.

## 74

David W. Anthony, *The Horse, the Wheel, and Language: How Bronze-Age Riders from the Eurasian Steppes Shaped the Modern World* (Princeton, N.J.: Princeton University Press, 2010), стр. 61.

**75**

Van De Mieroop, *History of the Ancient Near East*, стр. 26.

## 76

Marc Van De Mieroop, *The Ancient Mesopotamian City* (Oxford: Oxford University Press, 1997), стр. 46–48.

## 77

Van De Mieroop, *History of the Ancient Near East*, стр. 24, 27.

## 78

Elizabeth Hess, *Nim Chimpsky* (New York: Bantam Books, 2008), стр. 240241.

## 79

Susana Duncan, «Nim Chimpsky and How He Grew», *New York*, 3 декабря 1979, стр. 84. См. также Hess, *Nim Chimpsky*, стр. 22.

## 80

T. K. Derry and Trevor I. Williams, *A Short History of Technology* (Oxford: Oxford University Press: 1961), стр. 214–215.

## 81

Steven Pinker, *The Language Instinct: How the Mind Creates Language* (New York: Harper Perennial, 1995), стр. 26.

## 82

Georges Jean, *Writing: The Story of Alphabets and Scripts* (New York: Henry N. Abrams, 1992), стр. 69.

## 83

Jared Diamond, *Guns, Germs and Steel* (New York: W. W. Norton, 1997), стр. 60, 218. (Рус. изд., напр.: Даймонд, Джаред, «Ружья, микробы и сталь. Судьбы человеческих обществ». М.: АСТ, АСТ Москва, 2012, пер. М. Колопотина. – *Примеч. перев.)* Касательно Нового мира см. Maria del Carmen Rodriguez Martinez et al., «Oldest Writing in the New World», *Science,* 313 (15 сентября 2006), стр. 1610–1614; John Noble Wilford, «Writing May Be Oldest in Western Hemisphere», *New York Times*, 15 сентября 2006. В этих работах описан камень с прежде не известной системой письма, недавно найденный в центральной части ольмекских территорий в Веракрусе, Мексика. Стилистические и другие датировки камня подсказывают, что он относится к первому тысячелетию до н. э., это старейшее письмо Нового мира, и его свойства с точностью приписывают это важнейшее изобретение мезоамериканской ольмекской цивилизации.

## 84

*«Th»* в англ. обозначает глухой или звонкий межзубный звук, записываемый в рус. яз. буквами «т», «с», «з» или «д»; *«sh»* – звук, обычно обозначаемый в рус. яз. буквой «ш». – *Примеч. перев.*

## 85

Patrick Feaster, «Speech Acoustics and the Keyboard Telephone: Rethinking Edison’s Discovery of the Phonograph Principle», *ARSC Journal*, 38, no. 1 (весна, 2007), стр. 10–43; Diamond, *Guns, Germs and Steel*, стр. 243.

## 86

Jean, *Writing: The Story of Alphabets*, стр. 12–13.

## 87

Van De Mieroop, *History of the Ancient Near East*, стр. 30–31.

## 88

Там же, стр. 30; McClellan, *Dorn, Science and Technology in World History,* стр. 49.

**89**

Jean, *Writing: The Story of Alphabets*, стр. 14.

## 90

Derry and Williams, *A Short History of Technology,* стр. 215.

## 91

Stephen Bertman, *Handbook to Life in Ancient Mesopotamia* (New York: Facts on File, 2003), стр. 148, 301.

## 92

*To* – в частности, предлог «к», *two* – два *(англ.). – Примеч. перев.*

## 93

*Shun* – в т. ч. сторониться, избегать; – *tion* – суффикс, встречающийся в отглагольных существительных *(англ.). – Примеч. перев.*

## 94

*Today* – сегодня; *two* – два; *day* – день *(англ.). – Примеч. перев.*

## 95

McClellan, *Dorn*, *Science and Technology in World History*, стр. 47; Albertine Gaur, *A History of Writing* (New York: Charles Scribner's Sons, 1984), стр. 150.

## 96

Sebnem Arsu, «The Oldest Line in the World», *New York Times*, 14.02.2006, стр. 1.

## 97

Andrew Robinson, *The Story of Writing* (London: Thames and Hudson, 1995), стр. 162–167.

**98**

Derry and Williams, *A Short History of Technology,* стр. 216.

## 99

Saint Augustine, *De Genesi adLitteram* (The Literal Meaning of Genesis), завершен в 415 г.

## 100

Morris Kline, *Mathematics in Western Culture* (Oxford: Oxford University Press, 1952), стр. 11.

## 101

«Can Young Infants Add and Subtract?», *Child Development*, 71 (ноябрь-декабрь, 2000), стр. 1525–1534.

## 102

Morris Kline, *Mathematical Thought from the Ancient to Modern Times*, т. 1 (Oxford: Oxford University Press, 1972), стр. 184–186, стр. 259–260.

## 103

Kline, *Mathematical Thought*, стр. 19–21.

## 104

Roger Newton, *From Clockwork to Crapshoot* (Cambridge, Mass.: Belknap Press of the Harvard University Press, 2007), стр. 6.

## 105

Edgar Zilsel, «The Genesis of the Concept of Physical Law», *The Philosophical Review*, 3, № 51 (май, 1942), стр. 247.

## 106

Robert Wright, *The Evolution of God* (New York: Little, Brown, 2009), стр. 71–89. (Рус. изд.: Райт, Роберт. «Эволюция Бога. Бог глазами Библии, Корана и науки». М.: ЭКСМО, 2012. Пер. У. Сапциной. – *Примеч. перев.)*

## 107

Joseph Needham, «Human Laws and the Laws of Nature in China and the West, Part I», *Journal of the History ofIdeas*, 12 (январь, 1951), стр. 18.

## 108

Wright, *Evolution of God*, стр. 87–88.

## 109

«“Кодекс Хаммурапи”, ок. 1780 до н. э.» *Internet Ancient History Sourcebook*, Fordham University, март, 1998, по состоянию на 27.10.2014: http:// www.fordham.edu/halsall/ancient/hamcode.asp; «Law Code of Hammurabi, King of Babylon», Department of Near Eastern Antiquities: Mesopotamia, the Louvre, по состоянию на 27.10.2014: http://www. louvre.fr/en/oeuvre-notices/law-code-hammurabi-king–babylon; Mary Warner Marien, William Fleming, *Fleming’s Arts and Ideas* (Belmont, Calif.: Thomson Wadsworth, 2005), стр. 8.

## 110

Needham, «Human Laws and the Laws of Nature», стр. 3-30.

## 111

Zilsel, «The Genesis of the Concept of Physical Law», стр. 249.

## 112

Там же.

## 113

Zilsel, «The Genesis of the Concept of Physical Law», стр. 265–267.

## 114

Там же, стр. 279.

## 115

Albert Einstein. *Autobiographical Notes* (Chicago: Open Court Publishing, 1979), стр. 3-5.

## 116

Daniel C. *Snell, Life in the Ancient Near East* (New Haven, Conn.: Yale University Press, 1997), стр. 140–141.

## 117

A. A. Long, «The Scope of Early Greek Philosophy», in *The Cambridge Companion to Early Greek Philosophy* , ed. A. A. Long (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1999).

## 118

Albert Einstein to Maurice Solovine, March 30, 1952, *Letters to Solovine* (New York: Philosophical Library, 1987), стр. 117.

## 119

Albert Einstein, «Physics and Reality», *Ideas and Opinions*, пер. Sonja Bargmann (New York: Bonanza, 1954), стр. 292.

## 120

Will Durant, *The Life of Greece* (New York: Simon and Schuster, 1939), стр. 134-40; James E. McClellan III, *Harold Dorn, Science and Technology in World History*, 2nd ed. (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2006), стр. 56–59.

# 121

Adelaide Glynn Dunham, *The History of Miletus: Down to the Anabasis of Alexander* (London: University of London Press, 1915).

## 122

Durant, *The Life of Greece*, стр. 136–137.

## 123

Rainer Maria Rilke, *Letters to a Young Poet* (1929; New York: Dover, 2002), стр. 21. (Рус. изд. в составе, напр.: Рильке, Райнер Мария. «Проза поэта», М.: Вагриус, 2001, пер. Г. Ратгауза. – *Примеч. перев.*)

## 124

Durant, *The Life of Greece*, стр. 161–166; Peter Gorman, Pythagoras: A Life (London: Routledge and Kegan Paul, 1979).

## 125

Carl Huffman, «Pythagoras», *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, осень, 2011, по состоянию на: 28.10.2014, http://plato.stanford.edu/entries/pythagoras.

## 126

McClellan, *Dorn, Science and Technology*, стр. 73–76.

## 127

Затем студентов натирали маслом. Я всегда считал, что это дополнение к занятиям с легкостью укрепило бы мою популярность среди моих же студентов, однако, к сожалению, оно привело бы к противоположному результату среди университетской администрации.

## 128

Daniel Boorstin, *The Seekers* (New York: Vintage, 1998), стр. 54.

## 129

Там же, стр. 316.

## 130

Daniel Boorstin, *The Seekers* (New York: Vintage, 1998), стр. 55.

## 131

Там же.

## 132

Daniel Boorstin, *The Seekers* (New York: Vintage, 1998), стр. 48.

## 133

См. George J. Romanes, «Aristotle as a Naturalist», *Science*, 17 (6 марта 1891), стр. 128–133.

## 134

Boorstin, *The Seekers*, стр. 47.

**135**

«Aristotle», *The Internet Encyclopedia of Philosophy*, по состоянию на 07.11.2014, http://www.iep.utm.edu.

## 136

Рус. изд.: Чопра, Дипак, Млодинов, Леонард, «Война мировоззрений. Наука и духовность». М.: София, 2012, пер. Е. Мирошниченко. – *Примеч. перев.*

## 137

Morris Kline, *Mathematical Thought from Ancient to Modern Times*, т. 1 (Oxford: Oxford University Press, 1972), стр. 179.

## 138

Kline, *Mathematical Thought*, стр. 204; J. D. Bernal, *Science in History*, т. 1 (Cambridge, Mass.: MIT Press, 1971), стр. 254.

## 139

Kline, *Mathematical Thought*, стр. 211.

## 140

Средневековый период длится с 500 до 1500 года н. э. (или же, по некоторым определениям, до 1600-го). В любом случае он охватывает, с некоторым перекрытием, эпоху между культурными достижениями Римской империи и расцветом науки и искусств Возрождения. Об этом времени в XIX веке пренебрежительно говорили как о «тысяче лет без бани».

## 141

David C. Lindberg, *The Beginnings of Western Science: The European Scientific Tradition in Philosophical, Religious, and Institutional Context, 600 B.C. to A.D. 1450* (Chicago: University of Chicago Press, 1992), стр. 180–181.

## 142

Toby E. Huff, *The Päse of Early Modern Science: Islam, China, and the West* (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1993), стр. 74.

## 143

Там же, стр. 77, 89. Хафф и Джордж Салиба расходятся во мнениях о происхождении и особенностях исламской науки, особенно в отношении астрономии, что привело к плодотворным и вдохновенным обсуждениям в этом поле исследования. Подробнее о доводах Салибы см. *Islamic Science and the Making of the European Renaissance* (Cambridge, Mass.: MIT Press, 2007).

## 144

Подробнее см. Huff, *Rise of Early Modern Science*, стр. 276–278.

## 145

Bernal, *Science in History*, стр. 334.

## 146

Lindberg, *Beginnings of Western Science*, стр. 203–205.

## 147

J. H. Parry, *Age of Reconnaissance: Discovery, Exploration, and Settlement, 14501650* (Berkeley: University of California Press, 1982). В особенности см. часть 1.

## 148

Huff, *Rise of Early Modern Science*, стр. 187.

## 149

Lindberg, *Beginnings of Western Science*, стр. 206–208.

## 150

Huff, *Rise of Early Modern Science*, стр. 92.

## 151

John Searle, *Mind, Language, and Society: Philosophy in the Real World* (New York: Basic Books, 1999), стр. 35.

## 152

Подробнее об условиях жизни в XIV веке см. Robert S. Gottfried, *The Black Death* (New York: Free Press, 1985), стр. 29.

## 153

Широкий и удобочитаемый обзор истории понятия времени приводится в книге: David Landes, *Revolution in Time: Clocks and the Making of the Modern World* (Cambridge, Mass.: Belknap Press of the Harvard University Press, 1983).

## 154

Lindberg, *Beginnings of Western Science*, стр. 303–304.

## 155

Clifford Truesdell, *Essays in the History of Mechanics* (New York: SpringerVerlag, 1968).

## 156

Альберт Эйнштейн, из письма, датированного 7 января 1943 года, цит. по: Helen Dukas, Banesh Hoffman, *Albert Einstein: The Human Side; New Glimpses from His Archives* (Princeton, N.J.: Princeton University Press, 1979), стр. 8.

## 157

Galileo Galilei, *Discoveries and Opinions of Galileo* (New York: Doubleday, 1957), стр. 237–238.

## 158

Henry Petroski, *The Evolution of Useful Things* (New York: Knopf, 1992), стр. 84–86.

## 159

James E. McClellan III, Harold Dom, *Science and Technology in World History, 2nd* ed. (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2006), стр. 180–182.

## 160

Elizabeth Eisenstein, *The Printing Press as an Agent of Change* (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1980), стр. 46.

## 161

Louis Karpinski, *The History of Arithmetic* (New York: Russell and Russell, 1965), стр. 68–71; Philip Gaskell, *A New Introduction to Bibliography* (Oxford, U.K.: Clarendon Press, 1972), стр. 251–265.

## 162

Bernal, *Science in History*, стр. 334–335.

## 163

Мой рассказ о жизни Галилея опирается на: J. L. Heilbron, *Galileo* (Oxford: Oxford University Press, 2010), – и на: Stillman Drake, *Galileo at Work* (Chicago: University of Chicago Press, 1978).

## 164

Heilbron, *Galileo*, стр. 61.

## 165

Галилей, вероятно, пережил множество разочарований. Уильям Э. Уоллес рассказывает в своей книге *Galileo, the Jesuits, and the Medieval Aristotle* (Burlington, Vt.: Variorum, 1991), что Галилей, готовясь к работе в Пизе, на самом деле включил в свои лекции много чего из преподававшегося иезуитами в Коледжо Романо между 1588-м и 1650-м годами. У Уоллеса есть и глава под названием «Galileo’s Jesuit Connections and Their Influence on His Science», из собрания Мордекая Файнгольда *Jesuit Science andthe Republic ofLetters* (Cambridge, Mass.: MIT Press, 2002).

## 166

Bernal, *Science in History*, стр. 429.

## 167

Герой американского приключенческого сериала «Тайный агент Макгайвер» (1985–1992, телеканал «Эй-би-си»), находчивый мастер «самоделкин». – *Примеч. перев.*

## 168

G. B. Riccioli, *Almagestum novum astronomiam* (1652), т. 2, стр. 384; Christopher Graney, «Anatomy of a Fall: Giovanni Battista Riccioli and the Story of G», *Physics Today* (сентябрь, 2012), стр. 36.

## 169

Laura Fermi, Gilberto Bernardini, *Galileo and the Scientific Revolution* (New York: Basic Books, 1961), стр. 125.

## 170

Richard Westfall, *Force in Newton's Physics* (New York: MacDonald, 1971), 1–4. На самом деле Жан Буридан, наставник Орема в Париже, обнаружил похожий закон в понятиях мёртонской школы, хотя и близко не так отчетливо, как Галилей. См. также John Freely, *Before Galileo: The Birth of Modern Science in Medieval Europe* (New York: Overlook Duckworth, 2012), стр. 162–163.

## 171

Westfall, *Force in Newton's Physics*, стр. 41–42.

## 172

Bernal, *Science in History,* 406–410; McClellan, *Dorn, Science and Technology,* стр. 208–214.

## 173

Bernal, *Science in History*, стр. 408.

## 174

Впрочем, он питал некоторую склонность к модели Коперника, видоизмененной немецким астрономом (и астрологом) Иоганном Кеплером, в основном потому, что она подкрепляла его собственную любимую теорию приливов (которые он ошибочно объяснял воздействием Солнца). И все же, когда Кеплер попросил Галилея высказаться в поддержку этой модели, Галилей отказался.

## 175

Daniel Boorstin, *The Discoverers* (New York: Vintage, 1983), стр. 314.

## 176

Freely, *Before Galileo*, стр. 272.

## 177

Heilbron, *Galileo*, стр. 217–220; Drake, *Galileo at Work*, стр. 252–256.

## 178

Полное название: *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo, tolemaico e copernicano.* Рус. изд.: Галилей, Галилео. «Диалог о двух главнейших системах мира – птолемеевой и коперниковой». М.—Л.: ГИТТЛ, 1948. – *Примеч. перев.*

## 179

Heilbron, *Galileo*, 311.

## 180

Разумеется, хоть Галилею и запретили распространять взгляды Коперника, ему позволено было продолжать работать и применять телескоп – все годы его домашнего ареста.

## 181

William A. Wallace, «Galileo's Jesuit Connections and Their Influence on His Science», in Mordechai Feingold, ed., *Jesuit Science and the Republic of Letters* (Cambridge, Mass.: MIT Press, 2002), стр. 99-112.

## 182

Károly Simonyi, *A Cultural History of Physics* (Boca Raton, Fla.: CRC Press, 2012), стр. 198–199.

## 183

Galileo Galilei, *«Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attinenti alla meccanica e ai moti locali»*. (Рус. изд.: Галилео Галилей. «Математические доказательства, касающиеся двух новых отраслей науки, относящихся к механике и местному движению». М.—Л.: ГИТТЛ, 1934. – *Примеч. перев.)*

## 184

Heilbron, *Galileo*, стр. 356.

## 185

Heilbron, *Galileo*, стр. 356.

## 186

Drake, *Galileo at Work*, стр. 436.

## 187

Pierre Simon Laplace, *Theorie Analytique des Probabilities* (Paris: Ve. Courcier, 1812). (Рус. изд., напр.: Лаплас, Пьер Симон, «Опыт философии теории вероятностей». М.: Либроком, 2011. – *Примеч. перев.*)

## 188

Чтобы понять сэра Исаака Ньютона в контексте общественной смуты XVII века в Англии см. Christopher Hill, *The World Turned Upside Down: Radical Ideas During the English Revolution* (New York: Penguin History, 1984), стр. 290–297.

## 189

Richard S. Westfall, *Never at Rest* (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1980), 863. Это авторитетная биография Ньютона, и я полагался на нее соответственно.

## 190

Рус. изд.: Фейнман, Ричард Филлипс, «Не всё ли равно, что думают другие?». М.: АСТ, 2014. Пер. Г. Мурадян, Е. Барзовой. – *Примеч. перев.*

## 191

Ming-Te Wang et al., «Not Lack of Ability but More Choice: Individual and Gender Differences in Choice of Careers in Science, Technology, Engineering, and Mathematics», *Psychological Science*, 24 (май, 2013): стр. 770–775.

## 192

Albert Einstein, «Principles of Research», обращение к Физическому обществу, Берлин, в: Albert Einstein, *Essays in Science* (New York: Philosophical Library, 1934), стр. 2.

## 193

Westfall, *Never at Pest*, стр. ix.

## 194

W. H. Newton-Smith, «Science, Rationality, and Newton», in Marcia Sweet Stayer, ed., *Newton's Dream* (Montreal: McGill University Press, 1988), стр. 31.

## 195

Westfall, *Never at Rest*, стр. 53.

## 196

Westfall, *Never at Rest*, стр. 65.

## 197

Год чудес *(лат.)*.

## 198

Westfall, *Never at Pest*, стр. 155.

## 199

Дифференциального исчисления, если быть точным. Существует и обратный процесс – интегральное исчисление. Понятие «математический анализ» обычно охватывает и то, и другое. [В англоязычной литературе часто встречается объединяющее именование дифференциального и интегрального исчислений – просто «исчисление». – *Примеч. перев.]*

## 200

Вообще говоря, рост населения и биржевые цены – дискретные, а не непрерывные количества, и математический анализ на них не распространяется, однако показатели в этих системах часто аппроксимируют как непрерывные.

## 201

William H. Cropper, *Great Physicists: The Life and Times of Leading Physicists from Galileo to Hawking* (New York: Oxford University Press, 2004), стр. 252.

## 202

Westfall, *Never at Pest*, стр. 70–71, 176–179.

## 203

Richard Westfall, *The Life of Isaac Newton* (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1993), стр. 71, 77–81.

## 204

См. главу «A Private Scholar & Public Servant», in «Footprints of the Lion: Isaac Newton at Work», Cambridge University Library – Newton Exhibition, по состоянию на 28.10.2014, www.lib.cam.ac.uk/exhibitions/Footprints_of_the_Lion/private_scholar.html.

## 205

W. H. Newton-Smith, «Science, Rationality, and Newton», in *Newton's Dream*, ed. Marcia Sweet Stayer (Montreal: McGill University Press, 1988), стр. 31–33.

## 206

Richard S. Westfall, *Never at Rest*, стр. 321–324, 816–817.

## 207

Paul Strathern, *Mendeleev's Dream* (New York: Berkley Books, 2000), стр. 32.

## 208

Westfall, *Never at Rest*, стр. 368.

## 209

Я написал об этом периоде своей жизни мемуары, см. Leonard Mlodinow, *Feynman's Rainbow: A Search for Beauty in Physics and in Life* (New York: Vintage, 2011). [Рус. изд.: Млодинов, Леонард. «Радуга Фейнмана». М.; Livebook, 2014. Пер. Ш. Мартыновой. – *Примеч. перев.]*

## 210

Newton-Smith, «Science, Rationality, and Newton», стр. 32–33.

## 211

Westfall, *Never at Pest*, стр. 407.

## 212

Westfall, *Never at Rest*, стр. 405.

## 213

Richard Westfall, *Force in Newton's Physics* (New York: MacDonald, 1971), стр. 463.

## 214

В «парижских футах»; 1 парижский фут равен 1,0568 обычного.

## 215

Robert S. Westfall, «Newton and the Fudge Factor», *Science*, 179 (23.02.1973), стр. 751–758.

## 216

Murray Allen et al., «The Accelerations of Daily Living», *Spine* (ноябрь, 1994), стр. 1285–1290.

## 217

Постепенное смещение точек весеннего и осеннего равноденствий (то есть точек пересечения небесного экватора с эклиптикой) навстречу видимому годичному движению Солнца. – *Примеч. перев.*

## 218

Francis Bacon, *The New Organon: The First Book, in The Works of Francis Bacon*, ed. James Spedding, Robert Leslie Ellis (London: Longman, 1857–70), по состоянию на 07.11.2014, http://www.bartleby.com/242/.

## 219

R. J. Boscovich, *Theiria Philosophiae Naturalis* (Venice, 1763), репринт: *A Theory of Natural Philosophy* (Chicago: Open Court Publishing, 1922), стр. 281.

## 220

Westfall, *Life of Isaac Newton*, стр. 193.

## 221

Michael White, *Rivals: Conflict as the Fuel of Science* (London: Vintage, 2002), стр. 40–45.

## 222

Michael White, *Rivals: Conflict as the Fuel of Science*, стр. 40–45.

## 223

Westfall, *Never at Rest*, стр. 645.

## 224

Daniel Boorstin, *The Discoverers* (New York: Vintage, 1983), стр. 411.

## 225

Westfall, *Never at Rest*, стр. 870.

## 226

John Emsley, *The Elements of Murder: A History of Poison* (Oxford: Oxford University Press, 2006), стр. 14.

## 227

J. L. Heilbron, *Galileo* (Oxford: Oxford University Press, 2010), стр. 360.

## 228

«Sir Isaac Newton», Westminster Abbey, по состоянию на 28.10.2014, www.westminster-abbey.org/our-history/people/sir– isaac-newton. [Цит. по: Вавилов С. И., «Исаак Ньютон», Изд-во АН СССР, М.—Л., 1945 г., с. 216. – *Примеч. перев.]*

## 229

Joseph Tenenbaum, *The Story of a People* (New York: Philosophical Library, 1952), стр. 195.

## 230

Я впервые узнал, что мой отец был подпольщиком, не от него самого, а когда наткнулся на упоминание его фамилии в книге по предмету, найденной в университетской библиотеке. Прочтя о нем, я взялся расспрашивать отца о его личном опыте.

## 231

Paul Strathern, *Mendeleev's Dream* (New York: Berkley Books, 2000), стр. 195–198.

## 232

Из беседы с отцом, записанной мною ок. 1980 года. У меня есть много часов таких записей, и я использовал их как источник историй, которые рассказываю в этой книге.

## 233

J. R. Partington, *A Short History ofChemistry,* 3rd ed. (London: Macmillan, 1957), стр. 14.

## 234

Все названия веществ отсюда и далее приводятся по современным правилам номенклатуры ИЮПАК (International Union for Pure and Applied Chemistry, Международный союз по чистой и прикладной химии). – *Примеч. перев.*

## 235

Rick Curkeet, «Wood Combustion Basics», EPA Workshop, 2 марта 2011, по состоянию на 28.10.2014, www.epa.gov/burnwise/workshop2011/WoodCombustion-Curkeet.pdf.

## 236

Американская сеть кафе, известная, среди прочего, своими бейглами; основана в 1995 г. как дочерняя компания ресторанной группы «Айнстайн Ноа». – *Примеч. перев.*

## 237

«Cloistered Bookworms in the Chicken-Coop of the Muses: The Ancient Library of Alexandria», in Roy MacLeod, ed., *The Library at Alexandria: Centre of Learning in the Ancient World* (New York: I. B. Tauris, 2005), стр. 73.

## 238

*Bombast (англ.)* – напыщенный, высокопарный. – *Примеч. перев.*

## 239

Слово «алхимия» в европейских языках заимствовано из старофранцузского (*alquemie*, *alkimie*), взятого из средневековой латыни (*alchymia*), в свою очередь заимствованного из арабского (al-kimiya, «философский камень»). Арабское слово заимствовано из позднегреческого (χημειασ, χημια), что означало «черная магия», но с арабским определенным артиклем «ал–». Само же древнее греческое слово есть производное от раннего названия Египта у греков (χημια), на основе египетского названия Египта «кхми» (иероглифически), дословно «черная земля». – *Примеч. перев.*

## 240

Henry M. Pachter. *Magic into Science: The Story of Paracelsus* (New York: Henry Schuman, 1951), стр. 167.

## 241

Рус. изд.: Коперник, Николай. «О вращениях небесных сфер. Малый комментарий. Послание против Вернера. Упсальская запись». Пер. И. Н. Веселовского. – М.: Наука, 1964. – *Примеч. перев.*

## 242

Исчерпывающая биография Бойля: Louis Trenchard More, *The Life and Works of the Honorable Robert Boyle* (London: Oxford University Press, 1944). См. также William H. Brock, *The Norton History of Chemistry* (New York: W. W. Norton, 1992), стр. 54–74.

## 243

More, *Life and Works*, стр. 45, 48.

## 244

Brock, Norton *History of Chemistry,* стр. 56–58.

## 245

J. D. Bemal, *Science in History*, т. 2 (Cambridge, Mass.: MIT Press, 1971), стр. 462.

## 246

T. V. Venkateswaran, «Discovery of Oxygen: Birth of Modern Chemistry», *Science Reporter*, 48 (апрель, 2011), стр. 34–39.

**247**

Isabel Rivers, David L. Wykes, eds., *Joseph Priestley, Scientist, Philosopher, and Theologian* (Oxford: Oxford University Press, 2008), стр. 33.

## 248

Charles W. J. Withers, *Placing the Enlightenment: Thinking Geographically About the Age of Reason* (Chicago: University of Chicago Press, 2007), стр. 2–6.

## 249

J. Priestley, «Observations on Different Kinds of Air», *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 62 (1772), стр. 147–264.

## 250

О жизни Лавуазье см. Arthur Donovan, *Antoine Lavoisier* (Oxford: Blackwell, 1993).

## 251

Isaac Newton, *Opticks*, ed. Bernard Cohen (London, 1730; New York: Dover, 1952), стр. 394. Ньютон впервые опубликовал «Оптику» в 1704 году, но окончательные соображения по этой теме представлены в четвертом издании, последнем, пересмотренном Ньютоном лично; оно увидело свет в 1730-м.

## 252

Donovan, *Antoine Lavoisier,* стр. 47–49.

## 253

Там же, стр. 139. См. также Strathern, *Mendeleev's Dream*, стр. 225–241.

## 254

Лавуазье назвал кислород так потому, что он присутствовал во всех известных Лавуазье кислотах.

## 255

В русскоязычной литературе закон сохранения масс часто именуют законом Ломоносова-Лавуазье, поскольку оба ученых пришли к одному и тому же выводу независимо друг от друга, но Ломоносов официально этот вывод не опубликовал (лишь сообщил о нем в письме к Эйлеру 1748 года), а Лавуазье включил его в работу *Memoire sur la calcination de l'etain dans les vaisseaux fermes et sur la cause de l'augmentation du poids qu'acquiert ce mejalpendant cette operation* («Об обжиге олова в закрытых сосудах…», 1774). – *Примеч. перев.*

## 256

Douglas McKie, *Antoine Lavoisier* (Philadelphia: J. J. Lippincott, 1935), стр. 297–298.

## 257

Часто всю современную номенклатуру называют рациональной, однако для органических веществ рациональная номенклатура и современная номенклатура ИЮПАК – не одно и то же (рациональная старше, иначе устроена и ныне менее распространена). – *Примеч. перев.*

## 258

J. E. Gilpin, «Lavoisier Statue in Paris», *American Chemical Journal*, 25 (1901): стр. 435.

## 259

William D. Williams, «Gustavus Hinrichs and the Lavoisier Monument», *Bulletin of the History ofChemistry,* 23 (1999), стр. 47–49; R. Oesper, «Once the Reputed Statue of Lavoisier», *Journal of Chemistry Education,* 22 (1945), обложка октябрьского выпуска; Brock, *Norton History of Chemistry,* стр. 123–124.

## 260

Байка 1913 года: говорят, мраморный бюст Кондорсе, подаренный Американскому философскому обществу в Филадельфии, оказался бюстом Лавуазье! «Error in Famous Bust Undiscovered for 100 Years», *Bulletin of Photography*, 13 (1913), стр. 759; Marco Beretta, *Imaging a Career in Science: The Iconography of Antoine Laurent Lavoisier.*

## 261

Joe Jackson, *A World on Fire* (New York: Viking, 2007), стр. 335; «Lavoisier Statue in Paris», *Nature*, 153 (март, 1944), стр. 311.

## 262

Frank Greenaway, *John Dalton and the Atom* (Ithaca, N.Y.: Cornell University Press, 1966); Brock, *Norton History of Chemistry,* стр. 128–160.

## 263

A. L. Duckworth et al., «Grit: Perseverance and Passion for Long-Term Goals», *Journal of Personality and Social Psychology*, 92 (2007), стр. 1087–1101; Lauren Eskreis-Winkler et al., «The Grit Effect: Predicting Retention in the Military, the Workplace, School and Marriage», *Frontiers in Psychology*, 5 (февраль 2014), стр. 1-12.

## 264

См. Strathern, *Mendeleev's Dream;* Brock, Norton History of Chemistry, стр. 311–354.

## 265

Цит. по: «Летопись жизни и деятельности Д. И. Менделеева». Л.: Наука, 1984. – *Примеч. перев.*

## 266

Kenneth N. Gilpin, «Luther Simjian Is Dead; Held More Than 92 Patents», *New York Times*, 02.11.1997; «Machine Accepts Bank Deposits», *New York Times*, 12.04.1961, стр. 57.

## 267

«Опыт системы элементов, основанной на их атомном весе и химическом сходстве», сдана в набор 17 февраля (1 марта) 1869 года. – *Примеч. перев.*

## 268

Dmitri Mendeleev, «Ueber die beziehungen der eigenschaften zu den atom gewichten der elemente», *Zeitschrift für Chemie*, 12 (1869), стр. 405406.

## 269

Anthony Serafini, *The Epic History of Biology* (Cambridge, Mass.: Perseus, 1993), стр. 126.

## 270

В русском языке укоренилось название «клетка», а не впрямую «келья», по другому значению английского слова *«cell»*. – *Примеч. иерее.*

## 271

E. Bianconi et al., «An Estimation of the Number of Cells in the Human Body», *Annals of Human Biology*, 40 (ноябрь – декабрь, 2013), стр. 463–471.

## 272

Lee Sweetlove, «Number of Species on Earth Tagged at 8.7 Million», *Nature*, 23.08.2011.

**273**

«The Food Defect Action Levels», Defect Levels Handbook, U.S. Food and Drug Administration, по состоянию на 28.10.2014, http://www.fda.gov/food/guidanceregulation/guidancedocumentsregulatoryinformation/ucm056174.htm.

## 274

Там же.

## 275

Microbiome: Your Body Houses 10x More Bacteria Than Cells», Discover, n.d., по состоянию на 28.10.2014, http://discovermagazine.com/galleries/zen-photo/m/microbiome.

## 276

О работах Аристотеля в области биологии см. Joseph Singer, *A History of Biology to About the Year 1900* (New York: Abelard-Schuman, 1959); Lois Magner, *A History of the Life Sciences*, 3rd ed. (New York: Marcel Dekker, 2002).

**277**

Paulin J. Hountondji, *African Philosophy*, 2nd ed. (Bloomington: Indiana University Press, 1996), стр. 16.

## 278

«Вакх в Тоскане» (*итал.* Bacco in Toscana, 1685). – *Примеч. перев.*

## 279

Слово, судя по всему, придумано самим Галилеем и происходит от лат. *perspicio* («воспринимаю»). – *Примеч. прев.*

## 280

Daniel Boorstin, *The Discoverers* (New York: Vintage, 1983), стр. 327.

## 281

Magner, *History of the Life Sciences*, стр. 144.

## 282

Ruth Moore, *The Coil of Life* (New York: Knopf, 1961), стр. 77.

## 283

Tita Chico, «Gimcrack’s Legacy: Sex, Wealth, and the Theater of Experimental Philosophy», *Comparative Drama*, 42 (весна, 2008), стр. 29–49.

## 284

О работе Левенгука над совершенствованием микроскопа см. Moore, *Coil of Life.*

## 285

Boorstin, *The Discoverers*, стр. 329–330.

## 286

Moore, *Coil of Life*, стр. 79.

## 287

Boorstin, *The Discoverers*, стр. 330–331.

## 288

Moore, *Coil of Life*, стр. 81.

## 289

Adriana Stuijt, «World’s First Microscope Auctioned Off for 312,000 Pounds», Digital Journal, 8 апреля 2009, по состоянию на 07.11.2014, http://www.digitaljournal.com/article/270683; Gary J. Laughlin, «Editorial: Rare Leeuwenhoek Bids for History», *The Microscope*, 57 (2009), стр. 2.

## 290

Moore, *Coil of Life*, стр. 87.

## 291

«Antony van Leeuwenhoek (1632–1723)», University of California Museum of Paleontology, по состоянию на 28.10.2014, http://www.ucmp.berkeley. edu/history/leeuwenhoek.html.

## 292

Сведения о жизни Дарвина я в основном черпал в: Ronald W. Clark, *The Survival of Charles Darwin: A Biography of a Man and an Idea* (New York: Random House, 1984); Adrian Desmond, James Moore, Janet Browne, *Charles Darwin* (Oxford: Oxford University Press, 2007); и Peter J. Bowler, *Charles Darwin: The Man and His Influence* (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1990).

**293**

«Charles Darwin», Westminster Abbey, по состоянию на 28.10.2014, http://www.westminster-abbey.org/our-history/people/charles-darwin.

## 294

Clark, *Survival of Charles Darwin*, стр. 115.

## 295

Там же, стр. 119.

## 296

Clark, *Survival of Charles Darwin*, стр. 15.

## 297

Там же, стр. 8.

## 298

Чарлз Дарвин У. Д. Фоксу, октябрь 1852, Darwin Correspondence Project, письмо № 1489, по состоянию на 28.10.2014, http://www.darwinproject.ac.uk/letter/entry-1489.

## 299

Clark, *Survival of Charles Darwin*, стр. 10.

## 300

Clark, *Survival of Charles Darwin*, стр. 15.

## 301

Clark, *Survival of Charles Darwin*, стр. 27.

## 302

Bowler, *Charles Darwin: The Man*, стр. 50, 53–55.

## 303

Чарлз Дарвин У. Д. Фоксу, 9-12 августа 1835 года, Darwin Correspondence Project, письмо № 282, по состоянию на 28.10.2014, http://www.darwinproject.ac.uk/letter/entry-282.

## 304

Desmond, Moore, Browne, *Charles Darwin*, стр. 25, 32–34.

## 305

Desmond, Moore, Browne, *Charles Darwin*, стр. 42.

## 306

Bowler, *Charles Darwin*, стр. 73.

## 307

Adrian J. Desmond, *Darwin* (New York: W. W. Norton, 1994), стр. 375385.

## 308

Из поминальной речи Чарлза Дарвина на похоронах дочери Энн Элизабет Дарвин, «The Death of Anne Elizabeth Darwin», по состоянию на 28.10.2014, http://www.darwinproject.ac.uk/death-of-anne-darwin.

## 309

Desmond, Moore, Browne, *Charles Darwin*, стр. 44.

## 310

Desmond, Moore, Browne, *Charles Darwin*, стр. 47.

## 311

Там же, стр. 48.

## 312

Там же, стр. 49.

## 313

Роберт Чэмберз, эдинбургский издатель популярных журналов, был официально объявлен автором этой книги в 1884 году, через тринадцать лет после смерти, но Дарвин предположил, что автор – именно он, после их встречи в 1847-м.

## 314

Аноним [David Brewster], «Review of Vestiges of the Natural History of Creation», *North British Review,* 3 (май-август, 1845), стр. 471.

## 315

Evelleen Richards, «“Metaphorical Mystifications”: The Romantic Gestation of Nature in British Biology», in *Romanticism and the Sciences,* eds. Andrew Cunningham, Nicholas Ardine (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1990), стр. 137.

## 316

Дарвин Лайелю, 18 июня 1858 г., in *The Life and Letters ofCharles Darwin, Including an Autobiographical Chapter,* ed. Francis Darwin (London: John Murray, 1887), по состоянию на 28.10.2014, http://darwin– online. org.uk/converted/published/1887_Letters_F1452/1887_Letters_ F1452.2.html.

## 317

Desmond, *Darwin*, стр. 470.

## 318

Desmond, Moore, Browne, *Charles Darwin*, стр. 65.

## 319

Bowler, *Charles Darwin*, стр. 124–125.

## 320

Clark, *Survival of Charles Darwin*, стр. 138–139.

## 321

Desmond, Moore, Browne, *Charles Darwin*, стр. 107.

## 322

См. Magner, *History of the Life Sciences*, стр. 376–395.

## 323

Рус. изд.: Чарлз Дарвин. «Образование растительного слоя земли деятельностью дождевых червей и наблюдения над их образом жизни». Собрания сочинений Ч. Дарвина, изд. АН СССР, М.—Л.: 1936 г., том 2, пер. М. А. Мензбира. – *Примеч. перев.*

## 324

Дарвин Алфреду Расселу Уоллесу, июль, 1881 г., цит. по: Bowler, *Charles Darwin*, стр. 207.

## 325

Пер. О. Варшавер. – *Примеч. перев.*

## 326

В 2013 году ученые наконец смогли «увидеть» отдельные молекулы и ход химической реакции, см. Dimas G. de Oteyza et al., «Direct Imaging of Covalent Bond Structure in Single-Molecule Chemical Reactions», *Science*, 340 (21.06.2013), стр. 1434–1437.

## 327

Niels Blaedel, *Harmony and Unity: The Life of Niels Bohr* (New York: Springer Verlag, 1988), стр. 37.

## 328

John Dewey, «What Is Thought?», in *How We Think* (Lexington, Mass.: Heath, 1910), стр. 13.

## 329

Barbara Lovett Cline, *Men Who Made a New Physics* (Chicago: University of Chicago Press, 1965), стр. 34. См. также J. L. Heilbron, *The Dilemmas of an Upright Man* (Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1996), стр. 10.

## 330

Большая часть материалов по Планку почерпнута из: Heilbron, *Dilemmas of an Upright Man.* См. также Cline, *Men Who Made a New Physics*, стр. 31–64.

## 331

Heilbron, *Dilemmas of an Upright Man*, стр. 3.

## 332

Heilbron, *Dilemmas of an Upright Man*, стр. 10.

## 333

Там же, стр. 5.

## 334

Leonard Mlodinow, Todd A. Brun, «Relation Between the Psychological and Thermodynamic Arrows of Time», *Physical Review,* E 89 (2014), 052102-10.

## 335

Heilbron, *Dilemmas of an Upright Man*, стр. 14.

## 336

Heilbron, *Dilemmas of an Upright Man*, стр. 12; Cline, *Men Who Made a New Physics*, стр. 36.

## 337

Richard S. Westfall, *Never at Pest* (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1980), стр. 462.

## 338

Там же.

## 339

Планку часто ошибочно приписывают другую, более звонкую версию того же высказывания: «Наука движется вперед, одни похороны за другими» [или «Научная истина торжествует по мере того, как вымирают ее противники» – *Примеч. прев.]*. Исходная цитата такова: *Eine neue wissenschaftliche Wahrheit pflegt sich nicht in der Weise durchzusetzen, daß ihre Gegner überzeugt werden und sich als belehrt erkUiren, sondern vielmehr dadurch, daß ihre Gegner aümihlich aussterben und daß die heranwachsende Generation von vornherein mit der Wahrheit vertraut gemacht ist.* Опубликовано в: *Wissenschaftliche Selbstbiographie: Mit einem Bildnis und der von Max von Laue gehaltenen Traueransprache* (Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1948), стр. 22. Цит. по: Max Planck, *Scientific Autobiography and Other Papers*, пер. с нем. на англ. E Gaynor (New York: Philosophical Library, 1949), стр. 33–34.

## 340

John D. McGervey *Introduction to Modern Physics* (New York: Academic Press, 1971), стр. 70.

## 341

Из стихотворения Роберта Фроста «Черный домик», сборник *North of Boston* (New York: Henry Holt, 1914), стр. 54.

## 342

Albert Einstein, *Autobiographical Notes* (1949; New York: Open Court, 1999), стр. 43.

## 343

Carl Sagan, *Broca's Brain* (New York: Random House, 1974), стр. 25.

## 344

Abraham Pais, *Subtle Is the Lord: The Science and Life of Albert Einstein* (Oxford: Oxford University Press, 1982), стр. 45. [Рус. изд., напр.: Пайс, Абрахам. «Научная деятельность и жизнь Альберта Эйнштейна». М.: Наука, 1989. Пер. с англ. под ред. акад. А. А. Логунова. – *Примеч. перев.]*

## 345

Abraham Pais, *Subtle Is the Lord…*, стр. 17–18.

## 346

Зоммерфельд – значимый исследователь в квантовой физике; Мейтнер, как я уже говорил, сделала множество открытий, в том числе и явление ядерного распада; Дайсон сделал важный вклад в квантовую теорию электромагнетизма; Гамов, Дикке и Пиббдс объяснили и предсказали космическое микроволновое фоновое излучение, но Нобелевскую премию за это получили Арно Пензиас и Роберт Уилсон, случайно засекшие это излучение и совершенно не понявшие, на что наткнулись.

## 347

Впрочем, как и Менделеев, Мейтнер признана ИЮПАКом: в 1997 году Союз назвал 109-й элемент таблицы Менделеева мейтнерием. Мейтнер скончалась в 1968 году.

## 348

Abraham Pais, *Subtle Is the Lord…*, стр. 31.

## 349

Название цит. по: Альберт Эйнштейн, «Собрание научных трудов». Под ред. И. Е. Тамма. М.: Наука, 1966, т. 3. – *Примеч. перев.*

## 350

Pais, *Subtle is the Lord*, стр. 30–31.

## 351

Ronald Clark, *Einstein: The Life and Times* (New York: World Publishing, 1971), стр. 52.

## 352

Pais, *Subtle Is the Lord*, стр. 382–386.

## 353

Pais, *Subtle Is the Lord*, стр. 386.

## 354

Там же.

## 355

Jeremy Bernstein, *Albert Einstein and the Frontiers of Physics* (Oxford: Oxford University Press, 1996), стр. 83.

## 356

Leonard Mlodinow, *Feynman's Rainbow: A Search for Beauty in Physics and in Life* (New York: Vintage, 2011), стр. 94–95. [Рус. цит. по: Леонард Млодинов, «Радуга Фейнмана». – *Примеч. перев.*]

## 357

Abraham Pais, *Subtle Is the Lord: The Science and Life of Albert Einstein* (Oxford: Oxford University Press, 1982), стр. 383.

## 358

Подробнее о жизни Бора и его отношениях с Эрнестом Резерфордом см. Niels Blaedel, *Harmony andUnity: The Life of Niels Bohr* (New York: Springer Verlag, 1988), и Barbara Lovett Cline, *Men Who Made a New Physics* (Chicago: University of Chicago Press, 1965), стр. 1-30, 88-126.

## 359

«Corpuscles to Electrons», American Institute of Physics, по состоянию на 28.10.2014, http://www.aip.org /history/electron/jjelectr.htm.

## 360

R. Sherr, K. T. Bainbridge, H. H. Anderson, «Transmutation of Mercury by Fast Neutrons», *Physical Review*, 60 (1941), стр. 473–479.

## 361

John L. Heilbron, Thomas A. Kuhn, «The Genesis of the Bohr Atom», in *Historical Studies in the Physical Sciences*, т. 1, ed. Russell McCormmach (Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 1969), стр. 226.

## 362

William H. Cropper, *Great Physicists: The Life and Times of Leading Physicists from Galileo to Hawking* (Oxford: Oxford University Press, 2001), стр. 317.

## 363

Подробнее о Гейгере см. Jeremy Bernstein, *Nuclear Weapons: What You Need to Know* (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 2008), стр. 19–20; Diana Preston, *Before the Fallout: From Marie Curie to Hiroshima* (New York: Bloomsbury, 2009), стр. 157–158.

## 364

Вообще-то, содержимое чашки будет весить сто миллиардов тонн, а масса Эвереста – всего миллиард тонн. См. «Neutron Stars», *NASA Mission News*, 23.08.2007, по состоянию на 27.10.2014, http://www.nasa.gov/mission_pages/GLAST/science/neutron_stars_prt.htm.

## 365

John McGervey, *Introduction to Modern Physics* (New York: Academic Press, 1971), стр. 76.

## 366

Stanley Jaki, *The Relevance of Physics* (Chicago: University of Chicago Press, 1966), стр. 95.

## 367

Blaedel, *Harmony and Unity*, стр. 60.

## 368

Jaki, *Relevance of Physics*, стр. 95.

## 369

Там же.

## 370

Jaki, *Relevance of Physics*, стр. 96.

## 371

Blaedel, *Harmony and Unity,* стр. 78–80; Jagdish Mehra, Helmut Rechenberg, *The Historical Development of Quantum Theory,* т. 1 (New York: Springer Verlag, 1982), стр. 196, 355.

## 372

Blaedel, *Harmony and Unity*, стр. 79–80.

## 373

Помимо Менделеева, Бора, Резерфорда и Лизы Мейтнер, которых я уже упоминал ранее, есть еще двенадцать ученых, чьи фамилии увековечены в названиях химических элементов: Василий Самарский-Быховец (самарий), Йохан Гадолин (гадолиний), Мария Склодовская-Кюри и Пьер Кюри (кюрий), Альберт Эйнштейн (эйнштейний), Энрико Ферми (фермий), Альфред Нобель (нобелий), Эрнест Лоренс [Лоуренс] (лоуренсий), Гленн Т. Сиборг (сиборгий), Вильгельм Рентген (рентгений), Николай Коперник (коперниций) и Георгий Флёров (флеровий).

## 374

William H. Cropper, *Great Physicists: The Life and Times of Leading Physicists from Galileo to Hawking* (Oxford: Oxford University Press, 2001), стр. 252.

## 375

Там же.

## 376

Исчерпывающая биография Гейзенберга – David C. Cassidy, *Uncertainty: The Life and Times of Werner Heisenberg* (New York: W. H. Freeman, 1992).

## 377

David C. Cassidy, *Uncertainty: The Life and Times of Werner Heisenberg* , стр. 99-100.

## 378

Забавно, что Линдеман пробовал свои силы в физике – безуспешно. Он памятен в первую очередь доказательством невозможности построения квадратуры круга (построить квадрат той же площади, что и заданный круг, при помощи лишь циркуля и линейки нельзя).

## 379

Cassidy, *Uncertainty*, стр. 100.

## 380

Olivier Darrigol, *From c-Numbers to q-Numbers: The Classical Analogy in the History of Quantum Theory* (Berkeley: University of California Press, 1992), стр. 218–24, 257, 259; Cassidy, Uncertainty, стр. 184–190.

## 381

«Фиаско», телереклама (1997), по состоянию на 27.10.2014, https://www.youtube.com/watch?v=45mMioJ5szc.

## 382

Дебаты Линкольна-Дугласа в Чарльстоне, Иллинойс, 18.09.1858, по состоянию на 07.11.2014, http://www.nps.gov/liho/historyculture/ debate4.htm.

## 383

Обращение Авраама Линкольна в Пеории, Иллинойс, 16.10.1854; см. Roy P. Basler, ed., *The Collected Works of Abraham Lincoln*, т. 2 (New Brunswick, N.J.: Rutgers University Press, 1953-55), стр. 256, 266.

## 384

William A. Fedak, Jeffrey J. Prentis, «The 1925 Born and Jordan Paper “On Quantum Mechanics», *American Journal of Physics*, 77 (февраль, 2009), стр. 128–139.

## 385

Niels Blaedel, *Harmony and Unity: The Life of Niels Bohr* (New York: Springer Verlag, 1988), стр. 111.

## 386

Max Born, *My Life and Views* (New York: Charles Scribner’s Sons, 1968), стр. 48.

## 387

Mara Beller, *Quantum. Dialogue: The Making of a Revolution* (Chicago: University of Chicago Press, 1999), стр. 22.

## 388

Cassidy, *Uncertainty,* стр. 198.

## 389

Abraham Pais, *Subtle Is the Lord: The Science and Life of Albert Einstein* (Oxford: Oxford University Press, 1982), стр. 463.

## 390

Cassidy, *Uncertainty,* стр. 203.

## 391

Charles P. Enz, *No Time to Be Brief* (Oxford: Oxford University Press, 2010), стр. 134.

## 392

Blaedel, *Harmony and Unity*, стр. 111–112.

## 393

Walter Moore, *A Life of Erwin Schrödinger* (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1994), стр. 138.

## 394

Walter Moore, *A Life of Erwin Schrödinger* , стр. 149.

## 395

Walter Moore, *A Life of Erwin Schrödinger*, стр. 149.

## 396

Уоллес Стивенз, из стихотворения «Тринадцать способов смотреть на дрозда», из «Собрания стихотворений» (1954; New York: Vintage, 1982), стр. 92.

## 397

Pais, *Subtle Is the Lord*, стр. 442.

## 398

Cassidy, *Uncertainty,* стр. 215.

## 399

Там же.

## 400

Moore, *Life of Erwin Schrödinger*, стр. 145.

## 401

Говоря строго, принцип неопределенности ограничивает наше знание о положении и импульсе тела, что есть масса, умноженная на скорость, но для целей наших объяснений эта разница несущественна.

## 402

Парафраз из американской лирической комедии Роба Райнера «When Harry Met Sally», 1989 (российское прокатное название «Когда Гарри встретил Салли»). – *Примеч. прев.*

## 403

Альберт Эйнштейн Максу Борну, 4 декабря 1926 года, цит. по *The BornEinstein Letters*, ed. M. Born (New York: Walker, 1971), стр. 90.

## 404

Pais, *Subtle Is the Lord*, стр. 443.

## 405

Pais, *Subtle Is the Lord*, стр. 31.

## 406

Там же, стр. 462.

## 407

Graham Farmelo, *The Strangest Man: The Hidden Life of Paul Dirac, Mystic of the Atom* (New York: Basic Books, 2009), стр. 219–220.

## 408

Cassidy, *Uncertainty*, стр. 393.

## 409

Cassidy, *Uncertainty,* стр. 310.

## 410

Moore, *Life of Erwin Schrödinger,* стр. 213–214.

## 411

Philipp Frank, *Einstein: His Life and Times* (Cambridge, Mass.: Da Capo Press, 2002), стр. 226.

## 412

«Einstein’s Brain Was Unusual in Several Respects, Rarely Seen Photos Show», *Washington Post*, 26.11.2012.

## 413

Горжусь родословной своей докторской диссертации: она восходит к Максу Борну. Последовательность такая: Борн/Дж. Роберт Оппенгеймер [Оппенхаймер] (возглавлял Манхэттенский проект)/ Уиллис Лэм (Нобелевский лауреат и один из изобретателей лазера)/ Норман Кролл (внес фундаментальный вклад в теорию света и атома)/ Эйвинд Вихман (мой наставник по диссертации, важная фигура в математической физике).

## 414

Farmelo, *The Strangest Man*, стр. 219.

## 415

Cassidy, *Uncertainty,* стр. 306.

## 416

Cassidy, *Uncertainty*, стр. 421–429.

## 417

Уильям Шекспир, «Гамлет, принц датский», акт I, сцена 5, пер. М. Лозинского. – *Примеч. перев.*

## 418

Martin Gardner, «Mathematical Games», *Scientific American*, июнь, 1961, стр. 168–170. [На рус. яз. существует множество изданий различных сборников задач, головоломок и игр, составленных Мартином Гарднером. – *Примеч. перев.]*

## 419

Alain de Botton, *The Consolations of Philosophy* (New York: Vintage, 2000), стр. 20–23. [Рус. изд., напр.: де Боттон, Ален. «Утешение философией». М.: ЭКСМО, 2014. Пер. А. Александровой. – *Примеч. перев.*]