

ДЖИМ ХОЛТ

ИДЕИ С ГРАНИЦЫ ПОЗНАНИЯ ЭЙНШТЕЙН, ГЁДЕЛЬ И ФИЛОСОФИЯ НАУКИ

**Физика и математика
как канва мироздания, как тайна,
как ключ к пониманию мира**

Удивительная Вселенная

Джим Холт

**Идеи с границы познания.
Эйнштейн, Гёдель
и философия науки**

«Издательство АСТ»

2018

УДК 001(091)
ББК 72.3

Холт Д.

Идеи с границы познания. Эйнштейн, Гёдель и философия науки
/ Д. Холт — «Издательство АСТ», 2018 — (Удивительная
Вселенная)

ISBN 978-5-17-115193-5

Язык науки, как язык музыки или архитектуры, – особая знаковая система, наделенная философским смыслом. Не каждый способен понять музыкальную гармонию, не всякий разглядит античное изящество и символичность простой формулы. Между тем Платон считал, что у того, кто способен оценить вечную и совершенную красоту математических наук, «возникает желание ее воспроизвести – не биологически, а интеллектуально, “разрешиться от бремени” прекрасными идеями и теориями». И вдохновленные ею ученые стали героями этой книги. Чего стоят только «фракталы Мандельброта с их изысканными узорами», абстрактная алгебра Эмми Нётер или Гёделева вселенная без времени.

УДК 001(091)
ББК 72.3

ISBN 978-5-17-115193-5

© Холт Д., 2018
© Издательство АСТ, 2018

Содержание

Предисловие	7
Часть первая. Изменчивый образ вечности	9
Глава первая. Когда Эйнштейн прогуливался с Гёделем	9
Глава вторая. Время – великая иллюзия?	17
Часть вторая. Числа в мозге, в обществе и на платоновских небесах	21
Глава третья. С числами в ладу, или Нейрофизиология математики	21
Глава четвертая. Дзета-гипотеза Римана и смех простых чисел	29
Глава пятая. Сэр Фрэнсис Гальтон, отец статистики... и евгеники	38
Часть третья. Математика чистая и нечистая	47
Глава шестая. Роман с математикой	47
Глава седьмая. Аватары высшей математики	53
Глава восьмая. Бенуа Мандельброт и открытие фракталов	60
Часть четвертая. Большие размерности, абстрактные карты	68
Глава девятая. Геометрические создания	68
Глава десятая. Комедия красок	77
Часть пятая. Бесконечность большая и малая	84
Глава одиннадцатая. Видения о бесконечном. Георг Кантор против Дэвида Фостера Уоллеса	84
Глава двенадцатая. Обоожествление бесконечности. Почему русские ей поклоняются, а французы нет	89
Глава тринадцатая. Опасная идея бесконечно малого	96
Часть шестая. О героике, трагизме и компьютерной эпохе	108
Глава четырнадцатая. Парадокс Ады. Была ли дочь Байрона первым кодировщиком?	108
Глава пятнадцатая. Алан Тьюринг. Жизнь, логика и смерть	115
Глава шестнадцатая. Доктор Стрейнджлав изобретает мыслящую машину	123
Глава семнадцатая. Умнее, счастливее, производительнее	129
Часть седьмая. Изменчивая картина космоса	138
Глава восемнадцатая. Войны вокруг теории струн. Равна ли красота истине?	138
Глава девятнадцатая. Эйнштейн, «призрачное действие» и реальность пространства	145
Глава двадцатая. Чем кончится Вселенная?	152
Часть восьмая. Этюды на скорую руку. Короткие эссе	161
Карлик-великан	161
Конец близок	163
Смерть. Так ли это плохо?	165
Зеркальная война	168
Астрология и проблема демаркации	170
Гёдель против Конституции США	172
Закон наименьшего действия	174
Прекрасная теорема Эмми Нётер	176
Принудительна ли логика?	178

Проблема Ньюкома и парадокс выбора	180
Право на несуществование	183
Эй, кто-нибудь, поправьте Гейзенберга!	185
Излишняя самоуверенность и парадокс Монти Холла	187
Суровый закон эпонимии	189
Сознание камня	191
Часть девятая. Бог, святость, истина и прочая чушь	193
Глава двадцать первая. Докинз и божественное	193
Глава двадцать вторая. О святости в миру	198
Глава двадцать третья. Истина и референция: философские междоусобицы	203
Глава двадцать четвертая. Говори что угодно	215
Дополнительная литература	223
Благодарности	227

Джим Холт
Идеи с границы познания. Эйнштейн,
Гёдель и философия науки

Jim Holt

When Einstein Walked With Godel: Excursions to the Edge of Thought

© 2018 by Jim Holt

© Оформление, перевод на русский язык. ООО «Издательство АСТ», 2020

* * *

Памяти Боба Сильверса

Предисловие

Эти заметки написаны за последние двадцать лет. При отборе я руководствовался следующими принципами. Прежде всего это глубина, мощь и просто красота идей, о которых в них рассказано. Теория относительности Эйнштейна (и специальная, и общая), квантовая механика, теория групп, бесконечность и бесконечно малые величины, теория вычислимости Тьюринга и «проблема разрешимости», теоремы о неполноте Гёделя, простые числа и дзета-гипотеза Римана, теория категорий, топология, пространства высоких размерностей, фракталы, регрессионный анализ и кривая нормального распределения, теория истины – все это входит в число самых восхитительных интеллектуальных достижений, с какими мне приходилось сталкиваться (и к тому же воспитывает смирение). И все они описаны на этих страницах. Мой идеал – светская беседа за коктейлем: лаконично и занятно рассказать любознательному другу о чем-то очень глубоком и сложном, ограничившись самой сутью дела (и, возможно, начинирав что-то наспех на салфетке). Моя цель – просветить неопита, а заодно показать все под новым углом, что порадует и специалиста. И ни в коем случае не даст заскучать.

Во-вторых, меня заботил человеческий фактор. Все эти идеи подарили нам живые люди, прожившие весьма яркую жизнь. Зачастую в биографиях основоположников великих идей прослеживается нотка абсурда. Создатель современной статистики (и человек, первым задавший вопрос о соотношении ролей природы и воспитания в становлении личности) сэр Фрэнсис Гальтон был типичным викторианским ученым-педантом, отправился исследовать африканские буши и пережил там комичные злоключения. А центральной фигурой в истории «проблемы четырех красок» был чудаковатый математик и специалист по древним языкам Перси Хивуд, которого друзья прозвали «Котиком» за пышные кошачьи усы.

Однако чаще их биографии окрашены трагически. Эварист Галуа, создатель теории групп, погиб на дуэли, не дожив и до 21 года. Автор самых революционных идей в математике за последние полвека Александр Гротендик окончил свои бурные дни полусумасшедшим отшельником в Пиренеях. Творец теории бесконечности Георг Кантор увлекся каббалистическим мистицизмом и умер в сумасшедшем доме. Ада Лавлейс, икона киберфеминизма, в честь которой назвали язык программирования, используемый Министерством обороны США, страдала нервными кризами из-за навязчивой идеи, что она должна искупить грехи своего отца лорда Байрона, на чьем счету был инцест – любовная связь со сводной сестрой. Дмитрий Егоров и Павел Флоренский, великие русские ученые, разрабатывавшие теорию бесконечности, были обвинены в антиматериалистическом спиритуализме и погибли в сталинском Гулаге. Курт Гёдель, величайший логик современности, уморил себя голодом из-за параноидального убеждения, что против него составлен вселенский заговор и его хотят отравить. Дэвид Фостер Уоллес, о чьих попытках подойти к теории бесконечности я еще расскажу, повесился. А Алан Тьюринг, человек, который придумал компьютер, решил главную логическую задачу своего времени и спас бесчисленное множество жизней, взломав нацистский код «Энигмы», покончил с собой по не вполне понятным причинам, съев начиненное цианидом яблоко.

Третий принцип составления этого сборника – философский. Все представленные идеи оказывают определяющее воздействие на наши фундаментальные представления о мире (метафизику), на то, как мы приобретаем и проверяем знания (эпистемологию), и даже на то, как мы строим свою жизнь (этику).

Начнем с метафизики. Идея бесконечно малого заставляет задаться вопросом, на что больше похожа реальность – на бочонок патоки (континуум) или на грудку песка (дискретное множество). Теория относительности Эйнштейна либо ставит под сомнение наше представление о времени, либо – если принимать в расчет хитроумные рассуждения Гёделя – вовсе исключает его. Квантовая запутанность заставляет усомниться в реальности пространства, поскольку

из нее следует, что мы, вероятно, живем в голографической Вселенной. Теория вычислимости Тьюринга подталкивает к переосмыслению материальной основы разума и сознания.

Теперь возьмем эпистемологию. Большинство великих математиков утверждают, что способны заглянуть в вечное царство абстрактных форм, лежащее вне пределов обыденного мира. Как же они взаимодействуют с этим, по всей видимости, платоновским миром, как черпают в нем знания? Вдруг они фундаментально заблуждаются и математика при всем ее могуществе и полезности, в сущности, сводится к тавтологии, вроде утверждения «Рыжая корова – это корова»? Чтобы наглядно подойти к этому вопросу, я показываю его под другим углом и рассматриваю задачу, которую принято считать величайшей нерешенной проблемой математики, – дзета-гипотезу Римана.

Романтические представления об обретении знаний свойственны и физикам. Если у них нет надежных экспериментальных или наблюдательных данных, на которые можно опереться, они полагаются на чувство прекрасного – именно так без тени смущения называет их эстетическое чутье нобелевский лауреат Стивен Вайнберг. Почти весь прошлый век равенство «красота = истина» физиков не подводило. Но не сбило ли оно их с пути в последние годы – о чем я и спрашиваю в своем эссе «Войны теории струн»?

И, наконец, этика. Эти эссе не раз и не два затрагивают морально-этические вопросы. Евгенические программы в Европе и в США, стимулом для которых послужили теоретические рассуждения сэра Фрэнсиса Гальтона, стали кровавым доказательством того, как наука извращает этику. Наша сегодняшняя жизнь стремительно преобразуется под влиянием компьютера, и это должно заставить нас основательно задуматься о природе счастья и творческой самореализации, что и я делаю в эссе «Умнее, счастливее, продуктивнее». А неизбывные страдания, которыми полон наш мир, вынуждают спросить, есть ли пределы требованиям, которые налагает на нас мораль, о чем я и пишу в «Моральной святости». Последнее эссе в этой книге, «Говори что угодно», начинается со знаменитого определения Гарри Франкфурта: чушь – не враждебность истине, а безразличие к ней. Затем мы посмотрим на картину в целом и разберем, почему философы называют истину – может быть, ошибочно? – «соотношением» между языком и миром. Это эссе с его несколько парадоксальной окраской сводит воедино области метафизики, эпистемологии и этики, отчего сборник приобретает завершенность – надеюсь, не только мнимую.

А чтобы меня не обвинили в непоследовательности, позвольте выразить уверенность (уж не самонадеянную ли?), что и «Принцип Коперника», и «Теоремы о неполноте Гёделя», и «Принцип неопределенности Гейзенберга», и «Парадокс Ньюкома», и «Задача Монти Холла» представляют собой исключения из закона Стиглера об эпонимии (см. стр. 371).

Дж. Х.

Нью-Йорк, 2017 г.

Часть первая. Изменчивый образ вечности

Глава первая. Когда Эйнштейн прогуливался с Гёделем

В 1933 году Альберт Эйнштейн переехал в Америку. Все свои величайшие открытия он уже совершил. Последние двадцать два года жизни он провел в Принстоне, в штате Нью-Джерси, в качестве приглашенной звезды среди сотрудников Института передовых исследований. Новое место вполне устраивало Эйнштейна, а все трудности он преодолевал по мере поступления. «Принстон – чудесный уголок и к тому же крайне занятный тихий омут, где крошечные полубоги на тонких ножках вершат свои церемонии», – заметил он как-то раз. Каждое утро начиналось у него с неспешной прогулки из дома на Мерсер-стрит, 112, в свой кабинет в институте. К этому времени он стал одним из самых знаменитых и к тому же самых узнаваемых людей на планете – с его неподражаемой седой гривой и в мешковатых штанах на подтяжках.

Через десять лет после прибытия в Принстон Эйнштейн нашел себе спутника для этих прогулок – человека много моложе, который рядом с вечно растрепанным Эйнштейном казался особенно элегантным: белый льняной костюм и шляпа в тон. Приятели оживленно болтали по-немецки сначала утром, всю дорогу до института, а затем под вечер, по пути домой. Человека в костюме узнавали далеко не все горожане, однако Эйнштейн разговаривал с ним как с равным – как с ученым, в одиночку совершившим понятийную революцию. Эйнштейн своей теорией относительности перевернул наши привычные представления о физическом мире, а его младший спутник Курт Гёдель столь же радикально переписал картину абстрактного мира математики.

Гёдель, которого часто называли величайшим логиком со времен Аристотеля, был фигурой странной и в конечном итоге трагической. Эйнштейн был веселый жизнелюб и душа компании, а Гёдель всегда отличался серьезностью, замкнутостью и пессимизмом. Эйнштейн обожал играть на скрипке, любил Бетховена и Моцарта, а у Гёделя были совсем иные вкусы: его любимым фильмом была диснеевская «Белоснежка и семь гномов», а когда его жена поставила в саду розового фламинго, он объявил, что это *furchtbar herzig* – «жуть какая прелесть». Эйнштейн был большим ценителем сытной немецкой кухни и никогда не боролся со своим здоровым аппетитом, а рацион ипохондрика Гёделя состоял из сливочного масла, детского питания и слабительных. И хотя в личной жизни Эйнштейна были свои драмы, друзья и коллеги знали его как человека с легким характером, который везде чувствует себя как дома. А у Гёделя, наоборот, была склонность к паранойе. Он верил в призраки, страшно боялся отравления газами из холодильника, отказывался выходить из дома, когда в город приезжали некоторые выдающиеся математики – по всей видимости, из опасения, что они попытаются его убить. «Хаос – это всегда лишь видимость», – повторял он: первая аксиома параноика.

Хотя другие сотрудники института считали мрачного логика тяжелым и неприступным, Эйнштейн твердил, что ходит на работу «только ради чести прогуляться до дома с Куртом Гёделем». Отчасти, вероятно, дело было в том, что Гёделя репутация Эйнштейна ничуть не смущала и он не стеснялся ставить под сомнение его идеи. Физик Фримен Дайсон, который тоже работал тогда в институте, отмечал: «Гёдель был... единственным из наших коллег, кто гулял и разговаривал с Эйнштейном на равных». Да, Эйнштейн и Гёдель словно стояли на ступень выше остального человечества, но верно и другое: по словам Эйнштейна, они оба стали «музейными экспонатами». Эйнштейн так и не принял квантовую теорию Нильса Бора и Вернера Гейзенберга. Гёдель полагал, что математические абстракции столь же реальны, как столы и стулья – а философы считают такие представления смешными и наивными. И Гёдель, и Эйнштейн утверждали, что мир не зависит от нашего сознания, однако рационально устроен и

умопостигаем. Объединенные чувством интеллектуальной изоляции, они находили утешение в обществе друг друга. «Они больше ни с кем не хотели разговаривать, – говорил еще кто-то из сотрудников института. – Только друг с другом».

Многих интересовало, о чем же они беседуют. Резонно предположить, что одной из тем была политика. (Эйнштейн разделял взгляды Эдлая Стивенсона и в 1952 году был вне себя, когда узнал, что Гёдель решил голосовать за Дуайта Эйзенхауэра). Несомненно, говорили они и о физике. Гёдель был прекрасно подкован в этой области, он разделял недоверие Эйнштейна к квантовой теории, но скептически относился и к более старой идее физиков предложить взамен «единую теорию поля», которая объединила бы все известные взаимодействия в детерминистскую систему. Обоим нравились задачи «неподдельной важности», как называл их Эйнштейн, – задачи, относящиеся к базовым элементам реальности. Гёделя особенно занимала природа времени – вопрос философский, как говорил он другу. Как такая «загадочная и, по всей видимости, противоречивая» сущность, недоумевал он, может «формировать основу мира и нашего существования»? Эйнштейн обладал некоторыми профессиональными знаниями в этой области.

За несколько десятилетий до этого, в 1905 году, Эйнштейн доказал, что время в привычном понимании и ученых, и простых людей – лишь фикция. И это было далеко не единственное его достижение в тот год. В начале 1905 года двадцатипятилетний Эйнштейн работал инспектором в патентном бюро в Берне. Получить докторскую степень по физике ему не удалось, и он временно отказался от мыслей о карьере ученого, признавшись приятелю, что «вся эта комедия ему наскучила». Недавно он прочитал книгу Анри Пуанкаре, величайшего французского математика, где были сформулированы три фундаментальные нерешенные задачи науки. Первой из них был «фотоэлектрический эффект»: как ультрафиолетовое излучение выбивает электроны из поверхности металлической пластинки? На втором месте было «броуновское движение»: почему частички пылицы в воде движутся хаотичными зигзагами? На третьем – «светоносный эфир», который якобы заполнял все пространство и служил средой для распространения световых волн подобно тому, как звуковые волны распространяются в воздухе, а океанские – в воде: почему никакие эксперименты не обнаружили доказательств, что Земля движется сквозь эфир?

Каждая из этих задач в принципе могла бы выявить глубинную простоту природы, в которой Эйнштейн был убежден. Безвестный клерк в одиночку, безо всяких связей с научным сообществом, легко решил все три. Свои решения он изложил в четырех статьях, написанных в марте, апреле, мае и июне 1905 года. В мартовской статье о фотоэлектрическом эффекте Эйнштейн сделал вывод, что свет состоит из отдельных частиц, которые впоследствии назвали фотонами. В апрельской и майской статьях он окончательно доказал существование атомов, дал теоретическую оценку их размеров и показал, что их столкновения вызывают броуновское движение. В июньской статье, посвященной задаче об эфире, Эйнштейн рассказал о теории относительности. А затем, словно на бис, опубликовал в сентябре трехстраничную заметку, в которой содержалась самая знаменитая формула за всю историю науки: $E=mc^2$.

В этих статьях было что-то волшебное, к тому же они затронули самые глубокие убеждения научного сообщества. Однако особое место по масштабу и дерзости занимает июньская статья Эйнштейна. На тридцати страницах он сухо и лаконично переписал законы физики. Начал он с двух жестких принципов. Во-первых, законы физики абсолютны, они действуют одинаково для всех наблюдателей. Во-вторых, абсолютна и скорость света, она тоже одинакова для всех наблюдателей. Второй принцип не так очевиден, как первый, однако подсказан той же логикой. Поскольку свет – это электромагнитная волна, о чем было известно еще в XIX веке, его скорость определяется законами электромагнетизма, а эти законы должны быть одинаковы для всех наблюдателей, поэтому все должны видеть, что свет движется с одной и той же скоростью, независимо от системы отсчета. Но все же со стороны Эйнштейна было большой смелостью.

стью принять принцип постоянства скорости света, поскольку следствия из него были попросту абсурдны.

Предположим для живости и наглядности, что скорость света – 100 километров в час. Теперь предположим, что я стою на обочине дороги и вижу, как мимо пролетает с этой самой скоростью луч света. Затем я вижу, как вы едете вслед лучу на автомобиле со скоростью 60 километров в час. С моей точки зрения световой луч летит быстрее вас на сорок километров в час. Но получается, что вы за рулем машины видите, как световой луч улетает от вас со скоростью 100 километров в час, как будто вы стоите: этого требует принцип постоянства скорости света. А если вы надавите на газ и разгонитесь до 99 километров в час? Теперь я вижу, что свет мчится быстрее вас лишь на один километр в час. Но для вас в салоне машины луч по-прежнему улетает вперед со скоростью 100 километров в час, несмотря на то, что ваша скорость возросла. Как же так? Разумеется, скорость равна расстоянию, поделенному на время. Очевидно, что чем быстрее вы мчитесь в автомобиле, тем короче становится ваша линейка и тем медленнее тикают ваши часы относительно моих, иначе нам не достичь согласия по поводу скорости света. (Если бы я достал бинокль и посмотрел на ваш разгоняющийся автомобиль, то увидел бы, что его длина сократилась, а вы внутри движетесь будто в замедленной съемке.) Тогда Эйнштейн принялся соответствующим образом переформулировать законы физики. Чтобы сделать их абсолютными, он сделал время и расстояние относительными.

Особенно поражало, что он пожертвовал абсолютным временем. Исаак Ньютон считал, что время – самое объективное, универсальное и трансцендентное из всех природных явлений: «Абсолютное, истинное математическое время... безо всякого отношения к чему-либо внешнему протекает равномерно», – пишет он на первых страницах своих «Начал»¹. Однако Эйнштейн понимал, что с нашей точки зрения время – лишь следствие из опыта взаимодействия с ритмичными явлениями: сердцебиением, вращением планет вокруг своей оси и по орбитам, тиканья часов. «Все наши суждения, в которых время играет какую-либо роль, всегда являются суждениями об одновременных событиях. Если я, например, говорю: “Этот поезд прибывает сюда в 7 часов”, – то это означает примерно следующее: “Указание маленькой стрелки моих часов на 7 часов и прибытие поезда суть одновременные события”» («К электродинамике движущихся тел»²), – писал Эйнштейн в своей июньской статье. Если события происходят на каком-то расстоянии друг от друга, судить об одновременности можно, только посылая в обе стороны световые сигналы. Опираясь на эти основные принципы, Эйнштейн доказал, что мнение наблюдателя об «одновременности» двух событий зависят от его движения. Иначе говоря, никакого вселенского «сейчас» не существует. Когда разные наблюдатели делят хронологическую ось на прошлое, настоящее и будущее по-разному, из этого следует, что все моменты сосуществуют с равной вероятностью и одинаково реальны.

Выводы Эйнштейна были продуктом чистой мысли, возникшим из самых строгих предположений о природе вещей. Прошло больше ста лет с тех пор, как он их сделал, и теперь мы знаем, что их подтвердил целый ряд экспериментов. Однако когда Эйнштейн подал статью об относительности, изданную в 1905 году, как диссертацию, ее отклонили (и тогда он подал взамен апрельскую статью о размерах атомов, у которой, по его мнению, было меньше шансов отпугнуть экзаменаторов, и ее приняли, но лишь после того, как Эйнштейн добавил одно предложение, чтобы соответствовать требованиям об объеме текста). Когда в 1921 году Эйнштейн получил Нобелевскую премию по физике, ее присудили за работу о фотоэлектрическом эффекте. Шведская Академия запретила ему даже упоминать об относительности в нобелевской речи. Но вышло так, что Эйнштейн не смог попасть на церемонию в Стокгольм. Нобе-

¹ Здесь и далее пер. А. Крылова.

² Пер. А. Базя, Л. Пузикова и А. Сазыкина.

левскую речь он прочитал в Гетеборге, а в первом ряду сидел король Густав V. Его величество пожелал узнать о теории относительности, и Эйнштейн повиновался.



В 1906 году, через год после *annus mirabilis*, года чудес, Эйнштейна, в городе Брно (на территории нынешней Чешской Республики) родился Курт Гёдель. Ребенком Гёдель был и любознательным – родители и брат прозвали его «герр Варум» («господин Почему») – и нервным. В пять лет у него, судя по всему, было легкое тревожно-невротическое расстройство. В восемь он пережил тяжелейшую ревматическую атаку, после чего всю жизнь был убежден, что у него непоправимые нарушения работы сердца и это смертельно.

В 1924 году Гёдель поступил в Венский университет. Он собирался изучать физику, но вскоре его пленила своей красотой математика, особенно мысль о том, что абстракции вроде чисел и окружностей существуют вечно и неизменно, независимо от человеческого сознания. Это учение называется платонизм, поскольку происходит от теории идей Платона, и всегда было популярно среди математиков. Однако в венских философских кругах двадцатых годов платонизм считался безнадежно устаревшим. В богатейшей культуре венских кафе процветали всевозможные интеллектуальные направления, но наибольшую известность получил «Венский кружок» – группа мыслителей, объединенных представлением о том, что философию следует очистить от метафизики, переосмыслить и превратить в точную науку. Под влиянием Людвиг Витгенштейна, невольно ставшего их гуру, члены Венского кружка стали считать математику игрой с символами, вроде шахмат, только сложнее. Они полагали, что утверждение наподобие « $2+2=4$ » истинно не потому, что оно точно описывает какой-то абстрактный мир чисел, а потому, что его можно вывести в рамках логической системы в соответствии с определенными правилами.

Гёделя привел в Венский кружок его университетский преподаватель, однако о своих платонических воззрениях молодой человек предпочитал молчать. Он любил строгость во всем и не терпел споров, поэтому не хотел отстаивать свои воззрения, пока не разработает безупречного доказательства своей правоты. Но как доказать, что математику нельзя свести к логическим ухищрениям? Гёдель избрал тактику сверхъестественно хитрую и одновременно, по словам философа Ребекки Голдштейн, «умопомрачительно красивую»: он обратил логику против себя самой. Он начал с логической системы математики – предполагалось, что эта система лишена противоречий – и построил своеобразную схему, благодаря которой смысл формул стал демагогическим. Формула, говорившая что-то о числах, согласно этой схеме могла толковаться как высказывание о других формулах и об их логическом соотношении друг с другом. Более того, как показал Гёдель, численную формулу можно заставить даже сказать что-то о себе самой. Тщательно выстроив этот аппарат математической самоссылаемости, Гёдель придумал поразительный трюк: составил формулу, которая не просто прямо говорила что-то о числах, но и добавляла: «Я недоказуема». Поначалу показалось, будто это парадокс, ведь он напоминает древнюю притчу о критянине, который говорил, что все критяне лжецы. Однако ссылающаяся сама на себя формула Гёделя говорит не о своей истинности, а о своей доказуемости. Может ли она лгать, утверждая «Я недоказуема»? Нет: если бы она лгала, это означало бы, что она доказуема, а доказуемость сделала бы ее истинной. Потому, утверждая, что ее нельзя доказать, она говорит истину. Но истинность этого утверждения видна только извне логической системы. Внутри системы его нельзя ни доказать, ни опровергнуть. Таким образом, система неполна, поскольку есть по крайней мере одно истинное утверждение о числах, то самое, которое говорит «я недоказуемо», которое нельзя доказать изнутри системы. Такой вывод – что ни одна логическая система не способна вместить все математические истины – известна как первая теорема о неполноте. Гёдель также доказал, что нет такой логи-

ческой системы, описывающей математику, которая была бы свободна от непоследовательности, причем это можно было бы доказать ее же средствами – этот результат известен как вторая теорема о неполноте.

Витгенштейн как-то заявил, что «в логике не может быть неожиданностей». Однако теоремы Гёделя о неполноте появились совершенно неожиданно. Более того, когда начинающий логик в 1930 году представил их на конференции в немецком городе Кенигсберге, в них почти никто ничего не понял. Что это значит – говорить, что математическое выражение истинно, если нет никакой возможности его доказать? Нелепица какая-то. В недоумении был даже Бертран Рассел, в прошлом великий логик; похоже, у него сложилось ошибочное впечатление, что Гёдель нашел какое-то противоречие в самой системе математики. «Нам что, теперь считать, будто $2+2$ – не 4, а 4,001?» – десятилетия спустя спрашивал Рассел в полной растерянности и добавлял: «Как хорошо, что я оставил занятия математической логикой». Но когда до специалистов стало доходить, что следует из теорем Гёделя, многие бросались словами вроде «крах», «катастрофа» и «кошмар». Оказывается, представления, что математики, вооружившись логикой, способны разрешить в принципе любую головоломку, что в математике не может быть *ignorabimus*, о чем так часто говорили, – все это было лишь вопросом веры. Теоремы Гёделя разрушили идеальную картину полноты знания.

Однако самому Гёделю все виделось иначе. Он считал, что показал, что математика обладает плотью и реальностью, выходящими за пределы любой логической системы. Гёдель был твердо убежден, что логика – не единственный путь к познанию этой реальности, у нас еще есть своего рода экстрасенсорное ее восприятие, «математическая интуиция», по его выражению. Именно эта способность позволяет нам, например, увидеть, что формула, говорящая «я недоказуема», должна быть истинной, хотя она и не поддается доказательству в пределах системы, в которой обитает. Некоторые мыслители, например, физик Роджер Пенроуз, развили эту тему и пришли к выводу, что из теорем Гёделя о неполноте можно сделать глубочайшие выводы о природе человеческого разума. Наши ментальные способности изначально превосходят возможности любого компьютера, поскольку компьютер – это не более чем логическая система, обеспеченная электронным оборудованием, а наш разум может формулировать истины, недоступные логической системе.

Гёдель доказал свои теоремы о неполноте в 24 года (он был тогда немного моложе, чем Эйнштейн, когда создал теорию относительности). В тот период к вящему неудовольствию родителей, придерживавшихся строгой лютеранской морали, Гёдель ухаживал за разведенной католичкой по имени Адель, которая была старше его и в довершение всего работала танцовщицей в венском ночном клубе *Der Nachtfalter* («Ночная бабочка»). Когда к власти в Германии пришел Гитлер, политическая ситуация в Австрии окончательно запуталась, но Гёдель, похоже, ничего не замечал. В 1936 году Венский кружок распался после того, как его основателя убил сумасшедший студент. Через два года произошел аншлюс. Гёдель наконец понял, что времена настали скверные: к нему на улице пристала компания юных нацистов – хулиганы сбили с него очки, но были вынуждены отступить, когда Адель осыпала их ударами зонтика. Тогда Гёдель решил уехать в Принстон, где ему предлагали место в Институте передовых исследований. Но поскольку война уже началась, Гёдель решил, что плыть через Атлантический океан опасно. Поэтому Курт и Адель – к этому времени они уже поженились – двинулись кружным путем через СССР, Тихий океан и США и попали в Принстон в начале 1940 года. В институте Гёделю отвели кабинет почти прямо над кабинетом Эйнштейна. Остаток жизни Гёдель провел в Принстоне практически безвыездно и считал, что этот город «в десять раз приятнее» некогда обожжаемой Вены.

В большом мире Гёделя еще не знали, однако среди понимающих он считался чуть ли не богом. «Просто в голове не укладывалось, что в ярко-оранжевой принстонской телефонной книге значилось и “К. Гёдель” – как будто так и надо, среди всех прочих фамилий, – расска-

зывает в интеллектуальной биографии Гёделя «Неполнота: доказательство и парадокс Курта Гёделя» (Goldstein, R., *Incompleteness: The Proof and Paradox of Kurt Gödel*) Ребекка Голдштейн, приехавшая в Принстон в начале семидесятых, чтобы писать диссертацию по философии. – Все равно что открыть телефонную книгу – а там значатся Б. Спиноза и И. Ньютон». Далее Ребекка Голдштейн вспоминает, как «однажды обнаружила в супермаркете Дэвидсона философа Ричарда Рорти – тот буквально застыл на месте. И приглушенным голосом сообщил мне, что только что видел Гёделя в отделе замороженных продуктов».

Великий логик был так наивен, совсем не от мира сего, что Эйнштейн считал своей обязанностью следить за бытовой стороной его жизни. Часто рассказывают историю о том, как Гёдель после войны решил получить американское гражданство. К этому вопросу Гёдель относился с крайней серьезностью и для подготовки к экзамену досконально проштудировал Конституцию США. В назначенный день Эйнштейн пошел вместе с ним в здание суда в Трентоне и был вынужден вмешаться и успокоить Гёделя, когда разволновавшийся логик принялся объяснять судье, что в Конституции содержится лазейка, допускающая возникновение диктатуры³.

Примерно в то же время, когда Гёдель изучал Конституцию, он присмотрелся и к теории относительности Эйнштейна. Главный принцип теории относительности гласит, что законы физики должны быть одинаковы для всех наблюдателей. Когда Эйнштейн впервые сформулировал этот принцип в своей революционной статье 1905 года, то ограничил круг «всех наблюдателей» теми, кто движется равномерно и прямолинейно друг относительно друга. Но вскоре он понял, что это ограничение произвольно. Чтобы законы физики описывали природу с подлинной объективностью, они должны иметь силу для наблюдателей, движущихся друг относительно друга как угодно – хоть по кругу, хоть по спирали, хоть с ускорением. Так Эйнштейн перешел от «специальной» теории относительности, которую выдвинул в 1905 году, к «общей» теории относительности, над уравнениями которой работал следующие десять лет и опубликовал их в 1916 году. Мощь этих уравнений в том, что они описывали гравитацию – силу, которая задает общую форму мироздания.

Прошло несколько десятков лет, и Гёдель во время прогулок с Эйнштейном получил возможность обсудить тонкости теории относительности с самим ее творцом. Эйнштейн показал, что течение времени зависит от движения и гравитации, а разделение событий на прошлое и будущее относительно. Гёдель занял более радикальную позицию: он полагал, что времени в его интуитивном понимании и вовсе не существует. Как всегда, простой словесной аргументации Гёделю было мало. Об этом говорили самые разные философы – и Парменид во времена античности, и Иммануил Кант в XVIII веке, и Джон Эллис Мак-Таггарт уже в начале XX века, – но они никого не убедили. Гёделю требовалось доказательство, обладающее строгостью и определенностью математики. И он обнаружил, что в глубинах теории относительности таится именно то, что ему нужно. Свои рассуждения он подарил Эйнштейну в день его семидесятилетия в 1949 году вместе с гравюрой (жена Гёделя связала Эйнштейну свитер, но в последний момент решила его не дарить).

Гёдель обнаружил, что теория относительности допускает существование вселенной, которую до этого нельзя было даже вообразить. У уравнений общей теории относительности много разных решений. Каждое из этих решений – это, в сущности, модель возможной вселенной. Эйнштейн из философских соображений считал, что Вселенная вечна и неизменна, и поэтому подправил уравнения, чтобы они допускали такую модель, а впоследствии назвал эту поправку «своей величайшей ошибкой»⁴. Другой физик (кстати, священник-иезуит) нашел решение, соответствующее расширяющейся вселенной, которая родилась в какой-то момент

³ Подробнее об этом случае см. в эссе «Гёдель против американской Конституции» в этом же сборнике.

⁴ Это распространенный миф, который сочинил известный выдумщик Георгий Гамов. На самом деле Эйнштейн называл своей величайшей ошибкой письмо президенту Рузвельту от 2 августа 1939 года с настоятельной просьбой запустить в США программу ядерных исследований. – Прим. перев.

в прошлом. А поскольку это решение, получившее название «модель Большого взрыва», совпадает с наблюдениями астрономов, видимо, именно оно и только оно описывает реальную Вселенную.

Однако Гёдель придумал третью разновидность решения уравнений Эйнштейна, согласно которой Вселенная не расширяется, а вращается. (При этом все не схлопывается под воздействием гравитации благодаря центробежной силе, возникающей при вращении.) Наблюдатель в такой вселенной видел бы, как вокруг него медленно вращаются галактики, но знал бы, что вращается именно вселенная, а не он, поскольку не ощущал бы головокружения. Однако самое диковинное в такой вращающейся вселенной, как показал Гёдель, – то, как ее геометрия смешивает пространство и время. Обитатель вселенной Гёделя, совершив достаточно длительный круговой полет на ракете, мог бы вернуться в любую точку в собственном прошлом. Эйнштейну не очень понравилось, что его формулы допускают какие-то приключения Алисы в Стране чудес – пространственные траектории, замкнутые назад во времени; он даже признавался, что вселенная Гёделя его «беспокоит». Других физиков удивляло, что путешествия во времени, которые до той поры считались уделом научной фантастики, оказывается, не противоречат законам физики. (Потом они дружно задались вопросом, что будет, если вернуться в прошлое до своего рождения и убить своего дедушку.) Сам Гёдель сделал другой вывод. Если возможно путешествие во времени, заключил он, значит, невозможно само время. Если в прошлое можно вернуться, значит, оно не прошло. И тогда неважно, что на самом деле Вселенная не вращается, а расширяется. Время подобно Богу – его либо нет, либо оно не нужно, и если оно исчезает в одной возможной вселенной, его существование сомнительно во всех возможных вселенных, и в нашей в том числе.

Удивительный космологический подарок от Гёделя Эйнштейн получил не в самую счастливую пору своей жизни. Поиски единой теории физики, которым посвятил себя Эйнштейн, плодов не принесли, а неприятие квантовой теории заставило его отдалиться от основных направлений в физике того времени. Семейная жизнь едва ли служила утешением. Эйнштейн был женат дважды, и оба раза неудачно, о судьбе его внебрачной дочери ничего не известно, один из двоих сыновей заболел шизофренией, другой не стремился общаться с отцом. Круг друзей Эйнштейна сузился до нескольких человек, в числе которых был Гёдель, а также бельгийская королева Елизавета, которой он в марте 1955 года признался, что «мои труды пользуются чрезмерным уважением, и это меня очень смущает. Мне волей-неволей приходится считать себя самозванцем». Через месяц Эйнштейн умер; ему было 76 лет. Когда Гёдель с коллегой пришли в кабинет, чтобы разобрать его бумаги, они обнаружили, что доска исписана уравнениями, заводящими в тупик.

После смерти Эйнштейна Гёдель еще сильнее ушел в себя. Он предпочитал вести разговоры только по телефону, даже если собеседник находился в соседней комнате. Если ему особенно сильно хотелось избежать встречи с кем-то, он назначал точное время и место для randevu и нарочно оказывался оттуда подальше. Когда ему пытались воздать почести, он относился к этому с настороженностью. В 1953 году он приехал в Гарвард, чтобы получить звание почетного доктора, поскольку его теоремы о неполноте назвали важнейшим математическим открытием столетия, но впоследствии жаловался, что ему «незаслуженно навязали компанию отъявленного спорщика» Джона Фостера Даллеса, который получал такую же степень вместе с ним. Когда Гёдель в 1974 году получал Национальную медаль за научные достижения, то отказался ехать в Вашингтон на прием к президенту Джеральду Форду в Белый дом, хотя тот предложил прислать своего шофера за ним и его супругой. У Гёделя случались приступы галлюцинаций, он мрачно намекал, что некие силы «непосредственно стремятся погубить все доброе» в мире. И упорно отказывался от пищи, поскольку боялся заговора с целью его отравить. В конце концов он попал в Принстонскую больницу – по словам друга, он выглядел тогда «как живой труп». И две недели спустя, 14 января 1978 года, скончался там, уморив себя голо-

дом. Согласно свидетельству о смерти, причиной стали «недоедание и истощение», вызванные «расстройствами личности».

Последние годы обоих, и Гёделя, и Эйнштейна, прошли под знаком тщетности усилий. Но самыми тщетными были их сознательные усилия поверить в нереальность времени. Понятно, почему эта мысль казалась им такой соблазнительной. Если время существует только в нашем сознании, можно надеяться сбросить его оковы и очутиться в вечности, где времени нет. И тогда мы сможем вслед за Уильямом Блейком сказать: «Я вижу прошлое, настоящее и будущее – все одновременно / Пред собою». В случае Гёделя мысль о вселенной без времени была такой привлекательной, возможно, из-за страха смертельной болезни сердца, который преследовал ученого с детства. К концу жизни Гёдель как-то признался, что давно ждал откровения, которое позволило бы ему увидеть мир в новом свете, но так и не дождался.

Эйнштейну тоже не удалось окончательно порвать отношения со временем. «Те из нас, кто верит в физику, – писал он вдове недавно умершего друга, – считают разделение между прошлым, настоящим и будущим лишь иллюзией, пусть и очень стойкой». А когда всего недели через две настал его черед, он сказал: «Время уходит».

Глава вторая. Время – великая иллюзия?

У Исаака Ньютона было особое представление о времени. Он считал его чем-то вроде вселенских напольных часов, которые стоят выше всей природы и наслаждаются полной независимостью. И полагал, что время идет плавно и непрерывно и течет из прошлого в будущее («Абсолютное, истинное математическое время само по себе и по самой своей сущности, безо всякого отношения к чему-либо внешнему, протекает равномерно»). Тем, кого влечет временной вихрь повседневной жизни, это кажется полной чепухой. Время вовсе не представляется нам трансцендентным и математическим, это что-то глубоко личное и субъективное. И оно вовсе не шествует ровной неменяющейся поступью. Мы знаем, что у времени может быть разный темп. Например, перед Новым годом время прямо-таки летит. А потом, в январе-феврале, еле тащится. Более того, время для одних бежит быстрее, для других медленнее. Старики тащит в будущее с беспощадной быстротой. Когда ты взрослый, Рождество наступает каждые пять минут, как заметила Фрэн Лебовиц. А с точки зрения маленьких детей время идет довольно медленно. Бесконечная новизна детского жизненного опыта растягивает единственное лето на целую вечность. По оценкам психологов, к восьми годам человек субъективно проживает две трети жизни.

Исследователи давно пытались измерить субъективное течение времени и для этого просили людей разных возрастов выждать заданный промежуток времени и сказать, когда он кончится. Молодые люди едва за двадцать, как правило, очень точно отмечали, когда пройдет три минуты, и ошибались не более чем на три секунды. Люди за шестьдесят, напротив, опаздывали секунд на сорок, то есть для них проходило всего три минуты, а на самом деле – три минуты сорок секунд. Внутренние часы у стариков идут медленно, поэтому настоящие часы с их точки зрения спешат. У этого есть свои преимущества: на концертах Джона Кейджа пожилые зрители с облегчением замечают, что композиция «4 минуты 33 секунды» заканчивается раньше обычного.

На реке времени есть и спокойные участки, и быстрины, но одно несомненно: она влечет за собой всех нас, хотим мы этого или нет. Непреодолимо и необратимо мы движемся к смерти со скоростью одна секунда в секунду. Прошлое скользит в небытие за спиной, будущее, когда-то неведомое и загадочное, обретает банальную реальность впереди, и его подминает под себя вечно спешащее настоящее. Однако ощущение потока – чудовищная иллюзия: так говорит современная физика. И Ньютон стал жертвой этой иллюзии точно так же, как и все мы.

Переворот в нашем понимании времени произвел Альберт Эйнштейн. В 1905 году Эйнштейн показал, что время в понимании и физиков, и обычных людей – фикция. Эйнштейн доказал, что два события в разных местах кажутся наблюдателю «одновременными» или нет в зависимости от его движения.

Предположим, к примеру, что Джонс идет по Пятой авеню по направлению от центра города, а Смит – к центру. Их относительное движение приводит к разнице в несколько дней в том, что они сочтут «сейчас» в галактике Андромеды в момент, когда они пройдут друг мимо друга по тротуару. С точки зрения Смита космический флот, цель которого – истребить все живое на Земле, уже отправился в путь, а с точки зрения Джонса Андромедианский совет тиранов еще не решил, стоит ли посылать армаду.

Эйнштейн показал, что нет никакого вселенского «сейчас». Об одновременности событий можно судить только относительно наблюдателя. А если мы сбрасываем одновременность за борт, само деление моментов на прошлое, настоящее и будущее теряет смысл. События, которые один наблюдатель считает прошлыми, для другого еще в будущем, поэтому прошлое и настоящее одинаково определены, одинаково «реальны». Вместо быстротекущего настоящего нас окружают бескрайние ледяные просторы времени, четырехмерная «блок-вселенная».

Здесь вы только родились, там вы празднуете рубеж тысячелетия, а еще дальше вы мертвы, но это ненадолго. Ничего не «течет» от события к событию. Согласно достопамятному выражению математика Германа Вейля, «объективный мир не происходит, а просто существует».

Эйнштейн своей теорией относительности обеспечил научное доказательство философских представлений о времени, восходящих еще к Спинозе, Блаженному Августину и даже Пармениду и получивших название «этернализм». Согласно этим представлениям, время относится к царству видимого, а не реального. Объективно взглянуть на Вселенную можно лишь с точки зрения Бога: *sub specie aeternitatis*.

После смерти Эйнштейна физики десятилетиями подвергали наше привычное представление о времени еще более радикальному переосмыслению. Оказалось, что ледяные просторы времени вовсе не ровные, в них есть дыры – черные дыры. Дело в том, что гравитация «искажает» время. Чем сильнее гравитационное поле, тем медленнее ползут стрелки часов. Если вы живете на первом этаже, то стареете чуть-чуть медленнее, чем ваш сосед из пентхауса. Этот эффект будет гораздо заметнее, если вас засосет в черную дыру, где гравитационное искажение времени бесконечно. Черные дыры – это буквально врата к концу времен, в царство вечного Никогда.

В окрестностях черных дыр время ведет себя очень затейливо, а на самых малых масштабах, вероятно, и вовсе исчезает: ткань пространства-времени растворяется там в «квантовую пену», где у событий нет определенного порядка во времени. Картина времени становится еще непостижимее, если заглянуть в момент Большого взрыва – катаклизма, в результате которого возникла наша Вселенная, причем не просто Вселенная, но еще и ее пространственно-временное вместилище. Всем нам хочется спросить, что же творилось до Большого взрыва? Но этот вопрос не имеет смысла. По крайней мере, так учит нас Стивен Хокинг в «Краткой истории времени». Он прибегает к идее так называемого мнимого времени, которая, как известно, ставила в тупик даже его коллег-физиков, и утверждает, что спрашивать, что было до Большого взрыва, так же глупо, как спрашивать, что находится севернее Северного полюса: естественно, ничего!

Есть ли у времени будущее? Да, но долгим ли оно будет, это будущее, зависит от дальнейшей судьбы космоса. Вероятности сводятся к выбору Роберта Фроста: пламя или лед? С момента появления при Большом взрыве – примерно 13,82 миллиарда лет назад – Вселенная расширяется. Если расширение продлится вечно, Вселенная превратится в лед – по крайней мере, в переносном смысле. Звезды сгорят, черные дыры испарятся, атомы и их субатомные компоненты распадутся. В самом далеком будущем оставшиеся частицы (в основном фотоны и нейтрино) разойдутся в вакууме на такие расстояния, что перестанут взаимодействовать. Пространство опустеет, останется лишь легчайший намек на «энергию вакуума». Однако в этой грядущей пустыне, состоящей почти из ничего, время будет идти по-прежнему, и по-прежнему будут происходить случайные события, какие-то «флуктуации», при которых благодаря магии квантовой неопределенности что-то будет возникать, но сразу же исчезнет в пустоте. По большей части эти эфемерные сущности будут одиночными частицами – электронами и протонами. Но иногда могут спонтанно возникать и очень большие и гораздо более сложные структуры – ну, например, человеческий мозг. Да, квантовая физика допускает, что на всем протяжении времени может появляться и исчезать бесконечное множество таких мозгов без тел – с запасом воспоминаний (ложных). В научной литературе такую печальную мимолетную сущность принято называть «больцмановский мозг» (в честь Людвиг Больцмана, одного из основателей современной термодинамики). Один такой больцмановский мозг в далеком будущем окажется точно таким же, как ваш в этот самый момент. То есть в какую-то немыслимо далекую эпоху ваше нынешнее состояние сознания воссоздастся из пустоты лишь для того, чтобы миг спустя исчезнуть – должно быть, не на такое воскресение из мертвых вы уповали.

Все это может быть правдой, как говорит современная физика, если Вселенная и правда будет расширяться вечно и становиться все более пустой, темной и холодной – этот сценарий можно назвать большим охлаждением. Но есть и другой сценарий конца света. Мало-помалу в какой-то момент в далеком будущем нынешнее расширение Вселенной, вероятно, затормозится – под воздействием то ли гравитации, то ли какой-то иной силы, о которой мы пока не знаем. И тогда все сотни миллионов галактик начнут схлопываться и сжиматься и в итоге слипнутся вместе, и произойдет мощный взрыв, в результате которого все исчезнет – Большое сжатие, конец всему. Или не конец? Некоторые оптимисты вселенского масштаба утверждают, что в последний миг перед Большим сжатием высвободится бесконечное количество энергии. Наши далекие потомки, по мнению оптимистов, сумеют обуздать эту энергию, запустить бесконечное количество вычислений и породить бесконечное множество мыслей. Поскольку эти мысли будут разворачиваться все быстрее и быстрее, субъективное время будет идти вечно, даже если объективное остановится. Последний миг перед Большим сжатием будет словно бесконечное лето детства – виртуальная вечность.

Виртуальная вечность, врата в Никогда, нереальность времени... Какое отношение все эти праздные фантазии имеют к нам, к нашей жизни в реальном мире? Вероятно, никакого. Мы, по примеру великого Эйнштейна, упорно держимся за свою иллюзию времени. И ничего не можем поделать с ощущением, что мы рабы одной части временной шкалы (прошлого) и заложники другой (будущего). Как ничего не можем поделать с ощущением, что время у нас буквально истекает. Артур Эддингтон, один из первых физиков, уловивших суть теории относительности Эйнштейна, объявил, что наше интуитивное ощущение хода времени настолько сильно, что у него обязательно должно быть какое-то соответствие в реальном мире. И если наука не может понять, в чем тут дело, тем хуже для науки, вправе заметить читатель.

Однако наука способна многое рассказать о психологии хода времени. Наше сознательное сейчас, которое Уильям Джеймс называл ускользающим настоящим, на самом деле представляет собой промежуток примерно в три секунды. Это период, за который наш мозг успевает сплести поступающие чувственные данные в единое впечатление. Кроме того, совершенно очевидно, что природа времени имеет какое-то отношение к ощущению, что мы движемся во времени. Реальность прошлого и будущего может быть совершенно одинаковой, но по причинам, которые, как ни странно, имеют некоторое отношение ко второму закону термодинамики, мы не можем «помнить» события будущего, только прошлое. Воспоминания накапливаются только в одном временном направлении, а в другом – нет. Видимо, это объясняет психологическое направление оси времени. Но, увы, не объясняет, почему нам кажется, что эта ось летит, как стрела.

Если от всего этого вы окончательно перестали понимать, как относиться ко времени, вы в хорошей компании видных ученых. Джон Арчибальд Уилер, один из величайших физиков XX века, даже привел в научной статье цитату: «Время – способ, которым природа не допускает, чтобы случилось все сразу». А в сноске пояснил, что увидел этот афоризм среди граффити на стене мужского туалета в кафе «Олд-Пекан-стрит» в Остине, столице штата Техас. Однако не стоит удивляться, что такому выдающемуся мыслителю пришлось цитировать надпись на стене мужского туалета: ведь среди современных физиков, философов и философов физики встречаются какие угодно мнения о природе времени. Одни считают, что время – фундаментальный ингредиент Вселенной, другие говорят – нет, оно следует из еще более глубоких особенностей физической реальности. Одни утверждают, что у времени есть встроенное направление, другие это отрицают. (Стивен Хокинг как-то заявил, что когда-нибудь время пойдет в обратном направлении, из будущего в прошлое, но впоследствии нашел ошибку в своих расчетах.) Большинство современных физиков и философов согласны с Эйнштейном и считают, что ход времени – иллюзия: это так называемые этерналисты. Но меньшинство, именующие себя презентистами, полагают, что сейчас – это особый момент, который действи-

тельно приближается, будто огонек на хронологической оси, и так будет, по их мнению, даже тогда, когда во Вселенной не останется наблюдателей вроде нас.

Если и есть одно предположение о природе времени, с которым согласятся все мыслители научного склада, это, пожалуй, афоризм, приписываемый Гектору Берлиозу – человеку далекому от науки: «Время – великий учитель, но, к несчастью, всех своих учеников оно убивает».

Часть вторая. Числа в мозге, в обществе и на платоновских небесах

Глава третья. С числами в ладу, или Нейрофизиология математики

Как-то сентябрьским утром 1989 года молодой парижский нейрофизиолог Станислас Деан провел в смотровую посетителя – бывшего торгового представителя лет сорока пяти. Три годами раньше у посетителя, которого ученые условились называть господин N, произошло кровоизлияние в мозг, необратимо поразившее огромную область в задней половине левого полушария. У больного было множество различных нарушений – он носил правую руку на перевязи, разучился читать, говорил медленно и с огромным трудом. Когда-то он был женат, у него было две дочери, но теперь он не мог себя обслуживать и жил с престарелыми родителями. Деана пригласили осмотреть господина N, поскольку в число последствий инсульта входила тяжелая акалькулия – этим общим термином называют патологическое нарушение арифметических способностей (на самом деле таких нарушений несколько). Когда господина N просили сложить два и два, он отвечал «Три». Он сохранил способность считать и мог воспроизвести последовательность вроде 2, 4, 6, 8, но был не в силах сосчитать в обратном порядке от 9 до 1, не различал четные и нечетные числа, не узнавал вспыхивающую на экране цифру 5.

Однако Деана больше интересовали не эти нарушения, а фрагментарные способности, которые господин N сумел сохранить. Когда испытуемому показывали цифру 5 на несколько секунд, он понимал, что это цифра, а не буква, начинал считать от 1, пока не доходил до нужного числа, и в конце концов соображал, что это 5. Точно так же он поступал, когда его спрашивали, сколько лет его семилетней дочери. В своей книге «Числовое чутье», вышедшей в 1997 году (Dehaene, S., *The Number Sense*), Деан писал: «Похоже, он сразу понимал, какое количество хочет выразить, но не мог вспомнить нужное слово, не повторив всю последовательность чисел».

Кроме того, Деан обнаружил, что хотя господин N больше не мог читать, ему иногда удавалось приблизительно уловить смысл слов, которые ему показывали; например, когда он видел слово «ветчина», то говорил: «Это такое мясо». Деан решил проверить, есть ли у господина N похожее чувство чисел. Он показал ему цифры 7 и 8. Господин N тут же сказал, что число 8 больше – гораздо быстрее, чем если бы ему пришлось считать до нужного числа. Кроме того, он правильно определял, больше или меньше 55 различные числа, и ошибался только когда они были очень близки к 55.

Господина N Деан прозвал «Человек-Приблизительность». Человек-Приблизительность жил в мире, где в году было «примерно 350 дней», а в часе – «примерно 50 минут», времен года было пять, а десяток яиц оценивался как «штук шесть-десять». Деан несколько раз просил испытуемого сложить два и два и получал ответы от трех до пяти. Однако, отмечал ученый, «он ни разу не сказал откровенной чуши вроде “девять”».

В когнитивистике случаи повреждения мозга – это природные эксперименты. Если травма или недуг лишает человека какой-то способности, но не затрагивает другие, это доказывает, что они запрограммированы в разных нейронных сетях. В этом случае Деан выдвинул гипотезу, что за способность учиться сложным математическим процедурам и за грубое количественное чутье отвечают совсем разные участки мозга. Сведения о когнитивных расстройствах при поражениях мозга накапливались десятилетиями, и ученые заключили, что у нас есть какое-то числовое чутье, не зависящее от языка, памяти и логики в целом. Изучение

когнитивных процессов, связанных с числами, стало крайне популярным направлением нейрофизиологических исследований, а Деан – один из исследователей, которые его возглавляют. Как сказала мне Сьюзен Кэри, профессор психологии из Гарварда, тоже изучающая когнитивные процессы, связанные с числами: «Это новое слово в науке. Если хочешь, чтобы математика, которой учат детей, имела смысл, нужно знать, как мозг воспринимает число – и знать на том уровне, который стремится понять Станислас».

Основную часть своей карьеры Деан посвятил разметке границ нашего числового чутья и ответу на головоломный вопрос, какие аспекты наших математических способностей врожденные, а каким мы учимся, и как эти две системы перекрываются и влияют друг на друга. Он подошел к задаче со всех мыслимых сторон. Совместно с французскими и американскими коллегами он провел эксперименты, выявляющие, как числа закодированы в сознании. Изучал математические способности животных, амазонских индейцев, лучших студентов-математиков Франции. Применял методы сканирования мозга, чтобы точно выяснить, где в бороздах и извилинах мозговой коры прячется умение считать. И еще он рассмотрел, в какой степени на трудность восприятия чисел влияет тот или иной язык.

Работы Деана затрагивают важнейшие темы изучения и преподавания математики. По его представлениям, все мы от рождения наделены математическим инстинктом, древним с эволюционной точки зрения. Чтобы стать арифметически грамотными, дети должны опираться на этот инстинкт, но еще им нужно отучиться от некоторых склонностей, которые были нужны нашим предкам-приматам, однако сегодня мешают усваивать математические навыки. И некоторые общества, как видно, особенно хорошо умеют заставлять детей это делать. И во Франции, и в США математическое образование то и дело переживает кризис. Математические навыки американских детей смотрятся очень бледно по сравнению с умениями их сверстников из Сингапура, Южной Кореи и Японии. Чтобы исправить положение, нужно ответить на вопрос, которым Деан занимается на протяжении почти всей своей профессиональной жизни: из-за какой особенности мозга считать иногда так просто, а иногда так сложно?

Деан и сам весьма одаренный математик. Он родился в 1965 году и вырос в Рубе – средних размеров промышленном городе близ франко-бельгийской границы (фамилия Деан – фламандская). Его отец был педиатр и одним из первых изучал плодотворный алкогольный синдром. Когда Деан был подростком, у него, по его словам, пробудилась страсть к математике, и он поступил в Высшую нормальную школу в Париже – известную тренировочную площадку для французской научной элиты. Интересы Деана в основном лежали в области компьютерного моделирования и искусственного интеллекта. Науки о мозге увлекли его после того, как он в восемнадцать лет прочитал книгу самого выдающегося французского нейробиолога Жан-Пьера Шанже «Нейронный человек», вышедшую в 1983 году (Changeux, J. P., *L'homme Neuronal*). Подход к изучению мозга, которого придерживался Шанже, намекал на соблазнительную возможность привести психологию в соответствие с нейрофизиологией. Деан познакомился с Шанже и стал вместе с ним разрабатывать абстрактные модели мышления и памяти. Кроме того, он сотрудничал с когнитивистом Жаком Меллером. В лаборатории Меллера он и встретил свою будущую жену Гислен Ламберц, исследовательницу когнитивной психологии детей до года.

Деан вспоминает, что Меллер «по счастливой случайности» занимался изучением восприятия чисел. Так Деан впервые столкнулся с явлением, которое впоследствии назвал «числовым чутьем». Деан ставил себе цель ответить на простой на первый взгляд вопрос: откуда мы знаем, что одни числа меньше или больше других? Если показать вам две арабские цифры, 4 и 7, и попросить назвать, какая из них обозначает, скажем, большее число, вы ответите «7» через долю секунды, и резонно предположить, что любые две цифры можно сравнить за такое же короткое время. Однако эксперименты Деана показали, что испытуемые отвечали на подобные вопросы быстро и точно, когда цифры обозначали числа, стоящие далеко друг от друга,

например, 2 и 7, но думали дольше, если числа стояли близко, например, 5 и 6. Показатели становились хуже и при увеличении чисел: сравнить 2 и 3 оказалось гораздо проще, чем 7 и 8. Когда Деан проверил лучших студентов-математиков из Нормальной школы, студенты с изумлением обнаружили, что медлят и ошибаются, когда их спрашивают, что больше, 8 или 9. Деан предположил, что когда мы видим цифру или слышим числительное, наш мозг автоматически ставит это число на числовую ось, которая после 3–4 становится все более расплывчатой. Он обнаружил, что это не меняется, сколько ни тренируйся. «Это не недостаток ловкости, а базовое структурное свойство того, как мозг отражает число», – рассказывал он мне.

В 1987 году, когда Деан был еще студентом и жил в Париже, американский когнитивист Майкл Познер и его коллеги из Университета имени Вашингтона в Сент-Луисе опубликовали в журнале «Nature» статью, ставшую настоящим прорывом в своей области. Ученые из группы Познера сканировали кровотоки в мозге и подробно изучили, как проявляется активность разных зон при обработке языковых данных. Их работа стала для Деана настоящим откровением. «Прекрасно помню, как сидел и читал эту статью, а потом обсуждал ее со своим научным руководителем – Жаком Меллером», – рассказывал он. Меллер, которого интересовала в основном абстрактная организация когнитивных функций, не видел смысла в том, чтобы высматривать, где именно в мозге что-то происходит, но Деан хотел, по его собственному выражению, «найти недостающее звено» между психологией и нейробиологией, разобраться, как мозговые функции – мышление, восприятие, чувства, воля – реализуются в полутора килограммах слизистой ткани, заключенной у человека в черепной коробке. Теперь благодаря достижениям науки и техники наконец-то стало возможным создать изображения мозга в процессе мышления, пусть и грубые. Поэтому Деан, получив докторскую степень, провел два года за изучением сканов мозга у Познера, который тогда работал в Университете штата Орегон в Юджине. «Я просто диву давался, что самые поразительные результаты в ультрасовременной области когнитивной нейрофизиологии получены в таком захолустье – больше я нигде не видел шестидесятилетних хиппи в разноцветных футболках с разводами!» – вспоминал Деан.

Станислас Деан – ладно скроенный невысокий красавец, веселый и приветливый; одевается он непринужденно, носит модные очки, а крупную лысую голову прячет от стихии под *chapeau de cowboy*. В 2008 году, когда мы с ним познакомились, он только что перебрался в новую лабораторию под названием *NeuroSpin* в кампусе Национального центра исследований ядерной энергии в полутора сотнях километров от Парижа. Здание лаборатории – модернистская композиция из стекла и металла, а внутри жужжит, урчит и пыхает всевозможное оборудование для сканирования мозга, которое в то время по большей части еще только монтировали. Вдоль одной из стен бежит череда арок, похожая на гигантскую синусоиду, и за каждой из них располагается бетонная камера, вместилище суперпроводящего электромагнита, охлаждаемого жидким гелием (чем мощнее магнитное поле при сканировании мозга, тем четче изображение). Новейшие сканеры должны были показывать анатомию человеческого мозга с невиданной доселе подробностью и, возможно, даже выявили бы едва уловимые аномалии у страдающих дизлексией и дискалькулией – патологической неспособностью обращаться с числами, которая, как подозревают ученые, вероятно, распространена не меньше дизлексии.

Один сканер уже был настроен и работал. «У вас ведь нет кардиостимулятора?» – уточнил Деан, когда мы вошли в комнату, где двое исследователей колдовали над кнопками. Сканер был предназначен для людей, но внутри, как я увидел на мониторе, была серая крыса. Исследователи изучали, как мозг крысы реагирует на различные запахи, которые время от времени подпускали в сканер. Потом Деан повел меня наверх, в просторную галерею, где нейрофизиологи, работающие в *NeuroSpin*, собираются для обмена идеями. Но тогда там было пусто. «Кофемашину бы сюда поставить», – заметил Деан.

У Деана сложилась международная репутация виртуоза сканирования. Когда он вернулся во Францию после стажировки у Познера, то продолжил применять сканирование для изуче-

ния мозговых механизмов переработки чисел. Гипотеза о том, что математические способности возникли в ходе эволюции, была выдвинута уже давно на основании исследований животных и маленьких детей, а данные больных с повреждениями мозга подсказали, где в мозге следует искать эти способности. Деан решил уточнить их локализацию и описать архитектуру. «Мне особенно понравился один эксперимент, – вспоминал он. – Мы пытались составить карту целой теменной доли мозга за полчаса, а для этого просили испытуемого совершать разные действия – например, двигать глазами и руками, показывать пальцем, брать предметы, решать разные языковые задачи и, конечно, простенькие арифметические примеры, ну, скажем, 13–4. И оказалось, что активируемые при этом области образуют прелестную геометрическую фигуру. Движения глаз были сзади, движения рук – посередине, хватание – впереди и так далее. А справа посередине была область, занимавшаяся числами, и мы сумели это установить».

Область обработки чисел лежит глубоко в складке теменной доли, которая называется «внутритеменная борозда большого мозга» (за самой макушкой). Но чем на самом деле заняты нейроны, сказать непросто. Сканирование мозга при всей своей технической утонченности дает довольно грубую картину происходящего внутри мозга, к тому же иногда при выполнении двух задач на скане высвечивается один и тот же участок мозга, даже если задействуются разные нейроны. «Некоторые считают, что сканирование мозга вытесняет психологию, но мне так совсем не кажется, – сказал Деан. – Психология нужна нам, чтобы хорошо понять, о чем говорят нам сканы. Потому-то мы и продельваем бихевиористские эксперименты и осматриваем больных. Знания порождаются там, где сталкиваются все эти методы».

Деан сумел свести воедино экспериментальные и теоретические стороны своей задачи, а по меньшей мере в одном случае предсказал существование неврологической особенности, которую затем обнаружили другие ученые. В начале девяностых, когда Деан работал с Жан-Пьером Шанже, он решил при помощи компьютера смоделировать, как люди и некоторые животные оценивают с первого взгляда количество предметов в окружении. Если количество очень мало, оценки бывают практически идеальными, и эта способность получила название «субитизация» (от латинского слова *subitus* – «внезапный»). Некоторые психологи считают, что субитизация – это просто быстрый бессознательный подсчет, но есть и такие, в том числе Деан, кто думает, что наше сознание воспринимает по три-четыре объекта за раз, и нам не нужно нацеливаться на каждый по очереди.

Деан обнаружил, что создать компьютерную модель, которая субитизировала бы так же, как люди и животные, можно только при условии, что в нее будут встроены «числовые нейроны», настроенные так, чтобы выстреливать с предельной интенсивностью в ответ на конкретное количество объектов. Например, в его модели был особый нейрон-четыре, который особенно возбуждался, когда компьютеру представляли четыре предмета. Числовые нейроны в модели были чисто теоретические, однако почти десять лет спустя две группы исследователей обнаружили самые настоящие числовые нейроны в мозге макака, которых научили решать простейшие арифметические задачи. Числовые нейроны выстреливали в точности как предсказывала модель Деана – потрясающий триумф теоретической психологии. «В сущности, мы можем вывести поведенческие свойства этих нейронов из первооснов, – сказал мне Деан. – Психология стала немного ближе к физике».

Однако мозг – это продукт эволюции, а эволюция – процесс случайный и неаккуратный, и даже если числовому чутью отведено свое место в коре головного мозга, его нейронная схема перепутана с оборудованием для других ментальных функций. Несколько лет назад при анализе эксперимента по изучению сравнения чисел Деан заметил, что испытуемые точнее сравнивали большие числа, если нажимали кнопку ответа правой рукой, а маленькие – если левой. Как ни странно, если испытуемых просили поменять руки, наблюдался обратный эффект. При чем какой именно рукой испытуемый нажимал на кнопку, неважно – испытуемые подсознательно ассоциировали с большими и меньшими числами само пространство.

Гипотеза Деана состоит в том, что нейронная схема для обработки чисел отчасти перекрывается с механизмом определения места в пространстве. Он даже подозревает, что именно поэтому путешественники так часто теряются при входе на Второй терминал парижского аэропорта имени Шарля де Голля, поскольку там входы с большими номерами расположены слева, а с маленькими справа. «В наши дни изучать, как мы связываем число с пространством, а пространство с числом – целая индустрия, – заметил Деан. – И мы обнаруживаем, что эта связь заложена в мозге очень, очень глубоко».

Через некоторое время я сопровождал Деана в роскошные залы Института Франции – напротив Лувра на другом берегу Сены. Ему предстояло получить премию в четверть миллиона евро из рук Лилиан Бетанкур, дочери основателя косметической компании «Л'Ореаль». В салоне, задрапированном узорчатыми барочными тканями, Деан рассказал о своих исследованиях небольшой группе слушателей, в число которых входил и бывший премьер-министр Франции. Новые приемы сканирования мозга, говорил он, вероятно, помогут выявить, как идет в мозгу мыслительный процесс, например, вычисления. Но это не просто чистое знание, уточнил он. Поскольку архитектура мозга определяет самые разные способности, которые мы получили от рождения, детальное представление об этой архитектуре поможет лучше учить детей математике и, вероятно, сузить пропасть, отделяющую детей Запада от их сверстников из некоторых азиатских стран.

Фундаментальная проблема изучения математики состоит в том, что даже если числовое чутье у нас генетическое, точные вычисления требуют культурных инструментов, символов и алгоритмов, которыми человечество располагает всего несколько тысяч лет, поэтому их усваивают участки мозга, предназначенные эволюцией для другого. Процесс облегчается, если то, что мы изучаем, гармонирует со встроенными механизмами. Архитектуру мозга мы изменить не в силах, зато можем адаптировать методы обучения к ограничениям, которые она накладывает.

Американские педагоги вот уже почти тридцать лет продвигают «реформу математики» и советуют подталкивать детей к поиску собственных способов решать задачи. А до реформы математики была «новая математика», которую теперь принято считать педагогическим фиаско (во Франции ее называют *les maths modernes* и презирают не меньше). Новая математика была основана на теориях авторитетного швейцарского психолога Жана Пиаже, который считал, что дети рождаются безо всякого численного чувства и лишь постепенно овладевают понятием числа на нескольких этапах развития. Пиаже считал, что до четырех-пяти лет дети не в состоянии усвоить простой принцип, что от перемещения предметов их количество не меняется, а значит, нет никакого смысла учить их арифметике до шести-семи лет.

Представления Пиаже стали стандартом к началу пятидесятых, однако с тех пор психологи убедились, что он недооценивал арифметические способности маленьких детей. Если полугодовалому младенцу одновременно показывать изображения привычных предметов и давать послушать определенные ритмы на барабанах, он дольше смотрит на картинки, где количество предметов соответствует количеству ударов. Сейчас общепринято, что человек от рождения обладает рудиментарной способностью воспринимать и выражать количество (как и многие животные, в том числе саламандры, голуби, еноты, дельфины, попугаи и обезьяны). И если эволюция снабдила нас одним способом выражать число – примитивным числовым чутьем, то культура подарила еще два: цифры и числительные. Деан полагает, что эти три способа думать о числе соответствуют определенным участкам мозга. Числовое чутье обитает в теменной доле – части мозга, отвечающей за положение в пространстве, с цифрами работают зрительные зоны, а числительные обрабатываются в зонах восприятия языка.

Увы, во всей этой сложной мозговой механике так и не нашлось эквивалента микросхемы из пятидолларового калькулятора. Из-за этого дефекта изучение страшной четверки – «Скопления, Причитания, Умиления и Изнеможения», как пошутил Льюис Кэрролл (пер. Н. Дему-

ровой) – превращается в сущее наказание. Поначалу еще ничего. Числовое чутье позволяет примерно понимать, что такое сложение, поэтому еще до школы дети находят простые способы складывать числа. Например, если попросить ребенка сосчитать, сколько будет $2+4$, он начнет с первого слагаемого, а потом досчитает до второго: «Два, два и один – три, два и два – четыре, два и три – пять, два и четыре – шесть, шесть!» Но с умножением все иначе. Умножение – занятие противоестественное, как часто приговаривает Деан, а все потому, что наш мозг для такого не оборудован. Тут не помогут ни чутье, ни прибавление по одному, поэтому таблицу умножения приходится хранить в мозге в вербальном виде, как последовательность слов. Список таких арифметических фактов не так уж длинен, но страшно коварен: одни и те же числа повторяются по много раз в разном порядке, а фразы частично перекрываются, и в них возникают ненужные обманчивые рифмы (доказано, что билингвы, когда умножают, переходят на язык, на котором учились в школе). Человеческая память, в отличие от компьютерной, в ходе эволюции приучилась строить ассоциации, вот почему она так плохо подходит для арифметики, где нельзя, чтобы разные фрагменты знаний интерферировали друг с другом: если хочешь вспомнить, сколько будет 7×6 , рефлексивно активируются знания о $7+6$ и 7×5 , а это может привести к катастрофе. Так что умножение – это двойной кошмар: мало того что оно не поддается числовому чутью, его еще приходится усваивать в форме, которая противоречит организации нашей памяти, развившейся в ходе эволюции. В результате взрослые при умножении однозначных чисел ошибаются в 10–15 % случаев. А если речь идет о самых трудных примерах, скажем, 7×8 , доля ошибок превышает 25 %.

Природная неприспособленность к более сложным математическим процессам натолкнула Деана на вопрос, стоит ли заставлять детей учиться процедурам вроде деления в столбик. Ведь есть выход из положения – электронный калькулятор. «Дайте пятилетнему ребенку калькулятор, и вы научите его дружить с числами, а не ненавидеть их», – писал Деан. Избавив ребенка от необходимости тратить сотни часов на заучивание скучных процедур, считает он, калькуляторы дадут ему свободу сосредоточиться на смысле этих процедур, чему при нынешнем образовательном статус-кво не учат.

Казалось бы, такое отношение рисует Деана как самого настоящего сторонника «реформаторов математики» среди педагогов и самого настоящего врага родителей, которые хотят, чтобы учителя математики их детей «вернулись к основам». Но когда я спросил Деана, как он относится к реформе математики, он не проявил особой симпатии к этому направлению. «Мысль, что все дети разные и что каждый должен открывать все по-своему – нет, я с этим не согласен, – сказал он. – Я уверен, что организация мозга у всех одинаковая. Мы видим это у младенцев, видим и у взрослых. В целом все мы идем по одной дороге с небольшими отклонениями». Деан искренне восхищается математическими программами азиатских стран, в том числе китайской и японской, которые обеспечивают детям досконально структурированный опыт, предвосхищают диапазон их реакции на каждом этапе и обеспечивают задачами, составленными так, чтобы минимизировать количество ошибок. «К этому мы пытаемся вернуться и во Франции», – сказал он. Совместно с коллегой Анной Уилсон Деан разработал компьютерную игру *The Number Race*, чтобы помочь детям при дискалькулии. Программа эта самообучающаяся, она выявляет задачи, где ребенок чувствует себя неуверенно, и подстраивает уровень сложности, чтобы доля верных решений оставалась на уровне 75 % – это не дает ребенку опустить руки.

Организация мозга у нас и в самом деле общая, однако сохраняются и культурные различия, диктующие нам, как обращаться с числами, и они не ограничиваются стенами класса. Эволюция снабдила нас приблизительной числовой осью, но чтобы числа обрели точность, кристаллизовались, по выражению Деана, нужна система символов. В языке амазонского племени мундуруку, которое изучали в последнее время Деан и его коллеги, особенно лингвист Пьер Пика, числительные есть только для чисел от одного до пяти (причем слово, которым

мундуруку обозначают «пять», буквально значит «одна ладонь»). И даже эти слова для них, судя по всему, лишь примерные указания: если показать индейцу мундуруку три предмета, он может сказать, что их три, а может – что четыре. Тем не менее у мундуруку неплохая численная интуиция. «Например, они понимают, что пятьдесят плюс тридцать – это больше шестидесяти, – говорит Деан. – Естественно, они не знают этого на вербальном уровне и не располагают языковыми средствами, чтобы об этом поговорить. Но когда мы показываем им соответствующие множества и преобразования, они сразу понимают, о чем речь».

Судя по всему, у мундуруку мало культурных инструментов, дополняющих врожденное числовое чувство. Интересно, что следы таких же стадий несут в себе символы, которыми мы записываем числа. Первые три римские цифры – I, II и III – образованы повторением одного и того же символа нужное количество раз. Символ четырех – IV – уже не такой прозрачный. По тому же принципу строятся китайские цифры: первые три состоят из одной, двух и трех горизонтальных черточек, а четвертая имеет уже другую форму. Этой логике следуют даже арабские цифры: 1 – просто вертикальная палочка, 2 и 3 изначально были двумя и тремя горизонтальными черточками, соединенными для простоты письма («Прелестный маленький фактик, но едва ли он до сих пор закодирован у нас в мозге», – заметил Деан).

Сегодня арабскими цифрами пользуются практически во всем мире, а слова, которыми мы обозначаем числа, естественно, в разных языках разные. И эти различия далеко не тривиальны, как отмечали и Деан, и другие исследователи. Английский – очень громоздкий язык. В нем есть особые слова для чисел с 11 до 19 и для десятков с 20 до 90. Поэтому считать для англоговорящих детей – трудная задача, и они склонны к ошибкам вроде «двадцать восемь, двадцать девять, двадцать десять, двадцать одиннадцать». Французский ничем не лучше – в нем сохранились рудиментарные двадцатеричные чудовища вроде *quatre-vingt-dix-neuf* – «четыре-двадцать-десять-девять» (99). А китайский, напротив, сама простота, синтаксис его числительных точно совпадает с десятиричной записью арабскими числами с минимумом терминов. Вот почему средний китайский четырехлетка считает до сорока, а американские дети того же возраста едва добираются до пятнадцати. Преимущества распространяются и на взрослых. Поскольку китайские числительные очень короткие – в среднем на их произнесение уходит меньше четверти секунды, а на английские – треть секунды, – говорящий по-китайски в среднем может удержать в памяти девять знаков, а англоговорящий – только семь (те, кто говорит на восхитительно экономичном кантонском диалекте, распространенном в Гонконге, способны жонглировать в активной памяти десятью знаками).

В 2005 году Деан был избран профессором экспериментальной когнитивной психологии в Колледж де Франс – очень престижном институте, который основал в 1530 году Франциск I. В его штате всего 52 ученых, и Деан – самый молодой. В инаугурационной лекции Деан говорил об удивительном свойстве математики – она одновременно и продукт человеческого разума, и мощный инструмент, позволяющий открывать законы, по которым действует человеческий разум. Он говорил о противоречиях между данными новых методов исследования, в том числе сканирования мозга, и древними философскими представлениями о числе, пространстве и времени. И сказал, что считает, что ему повезло, что он живет в эру, когда достижения психологии и сканирования мозга совокупно «сделали видимым» невидимое доселе царство мысли.

По мнению Деана, числовое мышление – лишь начало пути к решению задачи. В последнее время он размышляет о том, как подойти методами эмпирической науки к философской проблеме сознания. Эксперименты с подсознательной «числовой настройкой» показывают, что основная часть операций, которые наша психика проделывает с числами, происходит бессознательно – и это открытие заставило Деана задаться вопросом, почему одни виды ментальной деятельности переходят порог осознанности, а другие нет. В сотрудничестве с двумя коллегами Деан исследовал нейронные основы так называемого «глобального рабочего пространства» – теории сознания, которая вызвала большой интерес в философских кругах. Согласно его вер-

сии этой теории, информация становится осознанной, когда определенные нейроны «рабочего пространства» передают ее на много участков мозга сразу и тем самым делают доступной одновременно, скажем, и для языка, и для памяти, и для перцепционной категоризации, и для планирования действий, и т. д., и т. п. Иначе говоря, сознание – «мозговая знаменитость», как говорил философ Дэниел Деннетт, или «слава мозга».

В своем кабинете в *NeuroSpin* Деан объяснил, как некоторые особенно длинные нейроны рабочего пространства соединяют далекие зоны человеческого мозга в единую пульсирующую сеть сознания. Чтобы показать мне, где находятся эти зоны, он достал из шкафа голубой гипсовый слепок неправильной формы, размером примерно с грейпфрут. «Это мой мозг!» – с явным удовольствием объявил Деан. И рассказал, что эту модель изготовила машина для быстрого создания опытных образцов, разновидность трехмерного принтера, на основании компьютерных данных одной из множества МРТ, которые он проходил. Слегка нахмурясь, Деан показал мне, где, по мнению ученых, помещается числовое чутье, и отметил, что у него этот участок имеет несколько необычную форму. Любопытно, что компьютерная программа сочла мозг Деана «исключением» – настолько его паттерны активности отличаются от нормы для человека. Деан ненадолго замолк, покачивая в ладонях нежно-голубой ком – модель собственного сознания, созданную на основе его же размышлений, – а потом с улыбкой заметил: «Знаете, мне нравится мой мозг».

Глава четвертая. Дзета-гипотеза Римана и смех простых чисел

Какой будет цивилизация через миллион лет? Почти все, к чему мы привыкли, к тому времени исчезнет. Но кое-что останется. И в том числе числа и смех, тут можно не сомневаться. Это хорошо, поскольку числа и смех придают смысл жизни – конечно, по-разному, но все же. Поэтому интересно поразмышлять, каков будет их статус в миллионном году. Но вначале позвольте пояснить, почему я так уверен, что они никуда не денутся, если почти все, что нам сегодня известно, либо исчезнет, либо изменится до неузнаваемости.

В целом все, что существует уже давно, скорее всего, просуществует еще гораздо дольше. А вот всякого рода новинки – вряд ли. И то, и другое следует из принципа Коперника, который, в сущности, говорит, что в нас нет ничего особенного. А поскольку и в нашей точке зрения нет ничего особенного, нам едва ли удастся застать тот или иной феномен в самом начале или в самом конце существования. Вот, скажем, вы идете на бродвейский мюзикл. Сколько он продержится на сцене, не знает никто: все может обернуться как угодно, от нескольких дней до десятков лет. Однако вы точно знаете, что из всех, кто его посмотрит, 95 % не попадут ни в число первых 2,5 %, ни в число последних 2,5 %. Следовательно, если в вас нет ничего особенного, то есть вы просто случайный зритель из числа всех зрителей представления, можете быть на 95 % уверены, что не попадете в эти «хвосты». Это значит, что если спектакль шел уже n раз на тот момент, когда вы собрались его посмотреть, можете быть на 95 % уверены, что впереди у него не больше $39 \times n$ и не меньше n : 39 представлений. (Простая арифметика: верхний предел не допускает вас в число первых 2,5 % всех зрителей, а нижний – в число последних 2,5 %.) Так что, заручившись всего лишь принципом Коперника и школьной арифметикой, вы можете определить ожидаемую продолжительность жизни, скажем, бродвейского спектакля с точностью до 95 %. Потрясающе.

Эту логическую цепочку придумал Дж. Ричард Готт III, астрофизик из Принстонского университета. В 1993 году он опубликовал в журнале «Nature» статью «Как принцип Коперника влияет на наши перспективы» (Gott III, J. R., «Implications of the Copernican Principle for Our Future Prospects»), где рассчитал ожидаемую продолжительность жизни нашего вида. Люди существуют уже около 200 000 лет. Поэтому, если момент, в который мы наблюдаем наш вид, ничем особенным не выделяется, можно быть на 95 % уверенными, что он просуществует еще не менее 5100 лет ($1/39 \times 200\,000$), но исчезнет за 7,8 миллионов лет ($39 \times 200\,000$). Готт отмечает, что это обеспечивает виду *homo sapiens* ожидаемую продолжительность существования, сопоставимую с другими видами гоминид (наш предок *Homo erectus* просуществовал 1,6 миллион лет) и млекопитающими в целом (у них средняя продолжительность существования вида около 2 миллионов лет). Кроме того, это дает нам достаточные основания считать, что в миллионном году мы никуда не исчезнем, хотя эта вероятность не так велика, как мы по наивности надеемся (см. «Конец близок», стр. 322).

А что тогда будет, кроме нас? Вспомните что-нибудь, что появилось совсем недавно, скажем, Интернет. Интернет существует около трети столетия (об этом я узнал, заглянув в тот же Интернет, в «Википедию»). Согласно логике Коперника⁵, мы можем быть на 95 % уверенными, что он просуществует еще 10 месяцев, но исчезнет самое большее через 300 лет. Так что в миллионном году почти наверняка не будет ничего даже отдаленно похожего на Интернет (пожалуй, не то чтобы сенсационный вывод). То же самое можно сказать и о бейсболе, существующем чуть больше двухсот лет. И о технологии промышленного производства, которая

⁵ Это не «логика Коперника», а логика Дж. Р. Готта. Он перенес «принцип заурядности» Коперника из пространства во время и из космоса в земную жизнь, снабдив его вероятностными расчетами для прогноза будущего. – *Прим. науч. ред.*

появилась всего несколько сотен лет назад и, скорее всего, в ближайшие десять тысяч лет уступит место чему-то новому и невиданному. По той же коперниковской логике не стоит делать ставки и на то, что в миллионном году сохранится что-то похожее на официальную религию.

Как ни парадоксально, но если мы хотим найти что-то, что с большой вероятностью сохранится к миллионному году, нам придется возвращаться в своей естественной истории гораздо глубже в прошлое. Ведь, по выражению Готта, «что уже долго было, то долго и продержится». И если мы заглянем в прошлое на несколько миллионов лет, то в числе прочего увидим смех и числа.

Откуда мы это знаем? В наши дни и смех, и числовое чутье у нас общее с другими видами, а значит, они были и у наших общих предков, существовавших миллионы лет назад.

Вот, скажем, смех. Шимпанзе умеют смеяться. Чарльз Дарвин отмечает в книге «О выражении эмоций у человека и животных» (1872): «Если щекотать молодого шимпанзе (у них особенно чувствительна к щекотанию, как у наших детей, подмышечная область), то он издает более определенный звук, похожий на хихиканье и смех; впрочем, смех иногда бывает беззвучен» (пер. под ред. Е. Павловского). На самом деле то, что в приматологии называют смехом шимпанзе, ближе к сиплому пыхтению. Оно проявляется не только при щекотке, но и при шуточной борьбе, игре в догонялки и притворных атаках – точь-в-точь как у детей до появления словесных шуток в возрасте пяти-шести лет. Но выходят ли шутки приматов за границы чисто физических проявлений? Исследователь Роджер Футс рассказывал, что шимпанзе Уошо, которая умела изъясняться языком жестов, как-то раз, когда он посадил ее себе на плечи, помочилась на него, после чего показала знак «смешно» и фыркнула, но не засмеялась.

Линии людей и шимпанзе разошлись пять-семь миллионов лет назад. Если сделать резонное предположение, что смех у людей и шимпанзе «гомологичен», а не возник независимо, это значит, что смеху тоже не меньше пяти-семи миллионов лет. Поэтому, согласно принципу Коперника, смех в миллионном году, скорее всего, сохранится.

Теперь рассмотрим числа. Шимпанзе умеют и производить элементарные арифметические вычисления, и их учили применять символы, похожие на цифры, чтобы рассуждать о количестве. Числовое чутье свойственно не только приматам. Исследователи обнаружили, что воспринимать и выражать числа способны самые разные животные – саламандры, дельфины, еноты. Лет двадцать назад ученые из Массачусетского технологического института обнаружили, что у макак есть специализированные числовые нейроны в той части мозга, которая у людей соответствует зоне, отвечающей за числа. Очевидно, у числового чутья давняя эволюционная история, оно даже древнее смеха. Следовательно, по тому же принципу Коперника можно быть уверенными, что в миллионном году числа никуда не исчезнут.

Числа и смех – одни из древнейших культурных чудес нашего мира. Поэтому они, скорее всего, просуществуют дольше всех и, весьма вероятно, переживут и миллионный год. Здесь можно провести аналогию с семью чудесами света, о которых говорили в античности. Когда этот список был составлен (самая ранняя версия датируется примерно 140 годом до н. э.), древнейшим чудом света с большим опережением были египетские пирамиды (около 2500 лет до н. э.). А остальные чудеса – висячие сады Семирамиды, храм Артемиды в Эфесе, статуя Зевса в Олимпии, мавзолей в Галикарнасе, Колосс Родосский и Александрийский маяк – были моложе почти на две тысячи лет. Какое из семи чудес сохранилось до наших дней? Правильно, пирамиды. Остальные исчезли – погибли при пожарах и землетрясениях.

Ожидаемая продолжительность жизни смеха и чисел – как у пирамид. И это, как я уже говорил, хорошо, поскольку они лежат в основе юмора и математики соответственно, и это помогает жить самым возвышенным душам среди нас. Бертран Рассел в автобиографии рассказывает, что в юности был несчастен и часто задумывался о самоубийстве. Но дальше размышлений дело не пошло, поскольку, признается он, «мне хотелось побольше узнать о математике». Такие же суицидальные настроения одолевают и героя Вуди Аллена в фильме «Ханна

и ее сестры», но он отходит от опасной грани, когда случайно заглядывает в кино и видит, как братья Маркс в фильме «Утиный суп» выстукивают мелодию на шлемах фридонских солдат, будто на ксилофоне. Чтобы жизнь наших потомков из миллионного года стоила того, чтобы жить, пусть лучше у них останутся смех и математика.

Но какой она будет, их математика? И над чем они станут смеяться?

Ответить на первый вопрос, пожалуй, проще. Ведь математика – самая универсальная часть человеческой цивилизации. Все земные культуры умеют считать, следовательно, во всех земных культурах есть понятие о числе. Если где-то в космосе существует разумная жизнь, мы вправе ожидать от нее чего-то подобного. Единственный универсальный признак цивилизации, который узнают где угодно по всей Вселенной, – это число. В фантастическом романе Карла Сагана «Контакт» инопланетяне из окрестностей Веги отправляют на Землю последовательность простых чисел. Героиня книги, которую в экранизации «Контакта» играет Джоди Фостер, работает в *SETI* (программе поиска внеземных цивилизаций). И к вящему своему восторгу и ужасу понимает, что простые числа, которые улавливает ее радиотелескоп, генерирует какая-то разумная жизнь.

Но что было бы, если бы инопланетяне отправили нам не числа, а шутки? Скорее всего, мы не отличили бы их от фонового шума. Ведь мы с трудом отличаем от фонового шума даже шутки из шекспировских пьес (нет, правда, вам когда-нибудь бывало по-настоящему смешно на шекспировской пьесе?) Нет ничего более вечного, чем число, основа математики, – но нет ничего более узкого и эфемерного, чем юмор, основа смеха. По крайней мере, нам так думается. Мы совершенно уверены, что цивилизация, на миллион лет опередившая нас в развитии, согласится с нашим понятием о числе, а мы – с их. Однако от их шуток мы, скорее всего, только растерянно почесали бы в затылке – и наоборот. Что же касается всех промежуточных явлений культуры, от литературы на самом эфемерном конце континуума до философии и физики на самом универсальном – кто знает?..

Так видится нам картина сегодня. Но в миллионном году, полагаю, она будет прямо противоположной. Самым универсальным аспектом культуры будет считаться юмор. А число потеряет трансцендентную репутацию и превратится в сугубо местный артефакт вроде компьютерной операционной системы или формы бухгалтерской отчетности. Если я прав, ученые из *SETI* будут высматривать в сигналах не простые числа и не цифры числа p , а что-то совсем другое.

Но вернемся ненадолго к числам. В 1907 году Бертран Рассел, которому было за тридцать, написал настоящий гимн во славу математики. «Математика, при правильном на нее взгляде, обладает не только истинностью, но также высшей красотой – красотой холодной и строгой, подобной красоте скульптуры, которая не прибегает ни к одной из более слабых частей нашей природы, которая не использует эффектных внешних украшений, свойственных живописи или музыке, и, тем не менее, – возвышенно чистой и способной к тому суровому совершенству, которое может демонстрировать лишь величайшее искусство» (здесь и далее пер. В. Шапошникова). Эти строки, подчеркивающие трансцендентный образ математики, часто цитируются в популярной литературе о математике. Однако в таких книгах нечасто встретишь ссылки на совсем иную точку зрения, которую Рассел высказывал, когда ему было под девяносто и он уже отмел свои юношеские панегирики (или почти юношеские), назвав их «по большей части чушью». Математика, писал пожилой Рассел, «перестала казаться мне нечеловеческой с точки зрения ее содержания. Я пришел к убеждению, хотя и крайне неохотно, что она состоит из тавтологий. Боюсь, что разуму, обладающему достаточной интеллектуальной силой, вся математика покажется тривиальной, как тривиально утверждение, что четвероногое животное есть животное». Так что на протяжении жизни представления о математике у Рассела сильно эволюционировали. И мне кажется, что к миллионному году вся наша цивилизация претерпит такие же изменения (да, Вирджиния, филогенез иногда повторяет онтоге-

нез). Для наших потомков математика станет всего лишь сложной системой тавтологий, сугубо местного значения, которая оказалась для нас удобным инструментом вроде бухгалтерской системы, позволяющим наладить отношения с окружающим миром.

Если математика, в сущности, тривиальна, ее тривиальность должна быть особенно очевидной на элементарном уровне, пока дым и зеркала высших теорий еще не сделали свое дело. Что ж, давайте рассмотрим этот уровень.

Никто не станет спорить, что самые фундаментальные объекты математики – это положительные целые числа: 1, 2, 3 и так далее. Особое место среди этих чисел должны занимать простые числа, те самые, которые направляли на Землю инопланетяне в «Контакте». Простое число – это число, которое нельзя разложить на меньшие множители (то же самое можно сказать иначе: простое число – это число, которое делится только само на себя или на единицу). Первые простые числа – это 2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31, 37... Простые числа – это атомы арифметики, а все остальные числа называются составными, и их можно получить, перемножив простые в разных сочетаниях. Так, чтобы получить число 666, нужно перемножить $2 \times 3 \times 3 \times 37$. Можно без особых усилий доказать, что любое составное число можно разложить на простые множители одним и только одним способом. Это часто называют основной теоремой арифметики.

Пока что все сходится: одни тавтологии. Так что перейдем к следующему очевидному вопросу: а сколько их, этих простых чисел?

Этот вопрос задал еще Евклид в III веке до нашей эры, и ответ содержится в предложении 20 книги IX его «Начал»: простых чисел бесконечно много. Доказательство этого предложения, которое приводит Евклид, – пожалуй, первое по-настоящему элегантное рассуждение в истории математики. Оно укладывается в одну фразу: если бы простых чисел было конечное множество, то можно было бы перемножить их все, прибавить единицу и получить новое число, которое не делится ни на одно простое число, а это противоречие. (Новое число делилось бы с остатком 1 на любое число из якобы конечного списка простых, так что оно либо само было бы простым числом, либо делилось бы на какое-то простое число, не вошедшее в список. Так или иначе, изначальный конечный список простых чисел оказался бы неполным. Значит, не существует конечного списка, который охватил бы все простые числа. Следовательно, их бесконечно много).

Итак, мы знаем, что ряд простых чисел тянется бесконечно. Но тогда естественным образом возникает следующий вопрос: как эти атомы арифметики разбросаны среди всех прочих чисел? Есть ли какая-то закономерность? Среди относительно небольших чисел простые попадают довольно часто, но чем дальше уходишь по числовой оси, тем они реже. Четыре из первых десяти чисел простые (2, 3, 5 и 7). Из первых 100 чисел простых 25. Если немного перепрыгнуть вперед, окажется, что между 9 999 000 и 10 000 000 девять простых чисел, из следующей сотни, от 10 000 000 до 10 000 100, – только два (10 000 019 и 10 000 079). Можно найти сколь угодно длинные отрезки числовой оси, где простых чисел вовсе нет. Но есть и очень большие простые числа, стоящие по соседству, например, 1 000 000 009 649 и 1 000 000 009 651. (Простые числа, отличающиеся всего на 2, называются числами-близнецами; конечно или бесконечно их количество, вопрос открытый.) Такое ощущение, что простые числа рассыпаны практически случайно, словно сорная трава среди остальных чисел. «Похоже, нет никаких причин, по которым одно число простое, а другое нет, – объявил математик Дон Цагир на инаугурационной лекции в Боннском университете в 1975 году. – Напротив, если посмотреть на эти числа, складывается впечатление, что перед тобой необъяснимая тайна бытия».

Простые числа, несмотря на свое несложное определение, видимо, живут в своей вечной и сложной реальности, независимой от нашего сознания. Они обладают трансцендентной загадочностью, той самой, которой начисто лишено высказывание Рассела «четвероногое живот-

ное – это животное». Но неужели они не подчиняются совсем никаким законам? Это было бы неожиданно, учитывая их роль строительного материала арифметики. И на самом деле у них есть свой закон. Но для того, чтобы его обрести, нужно, как ни странно, подняться на много этажей в небоскребе математики – от скромных натуральных чисел через целые, дроби, действительные числа до самых комплексных чисел с мнимой частью. (Исторически это восхождение заняло больше двух тысяч лет). И вот тогда, на самом-самом верху, мы и наталкиваемся на головоломку, которая называется дзета-гипотезой Римана.



Практически все математики согласны, что дзета-гипотеза Римана – величайшая нерешенная задача во всей математике. Вероятно, это самая сложная задача, порожденная разумом человека. Риман – это Бернхард Риман, немецкий математик, живший в XIX веке. Дзета – это дзета-функция, творение высшей математики, которая, как первым установил Риман, таит в себе тайну простых чисел. В 1859 году Риман в краткой, но невероятно глубокой статье сформулировал гипотезу о дзета-функции. Если эта гипотеза верна, то простые числа подчиняются скрытой гармонии, причем довольно красивой. Если ложна, мелодия простых чисел несколько неблагозвучна – словно ее играет расстроенный оркестр.

Как же все обстоит на самом деле? Последние полтора века математики тщетно пытались доказать дзета-гипотезу Римана. Давид Гильберт включил ее в список из 23 важнейших задач математики в своей знаменитой речи на математической конференции в 1900 году в Париже (а позднее объявил, что это важнейшая задача «не только математики, а вообще»). Гипотеза Римана была единственной из списка Гильберта, которая так и осталась нерешенной за целых сто лет. В 2000 году, в столетнюю годовщину речи Гильберта, группа ведущих математиков планеты провела пресс-конференцию в Колледж де Франс и назвала новый набор из семи «Задач тысячелетия», за решение любой из которых назначалась награда в миллион долларов. (Призовой фонд обеспечивает Математический институт Клэя, основанный бостонским инвестором Лэндоном Т. Клэем.) Никого не удивило, что гипотеза Римана попала и в этот список.

Дзета-гипотеза Римана – не просто ключ к пониманию природы простых чисел. Она настолько важна для математического прогресса, что заранее считается истинной (вероятно, опрометчиво) в предварительных доказательствах тысяч теорем (которые, как говорят математики, «обусловлены» этой гипотезой). Если она окажется ложной, рухнет целая область высшей математики, построенная на ней. (Великая теорема Ферма, доказанная в 1995 году, не играла в математике такой структурной роли и поэтому значительно менее важна.)

Естественно, происхождение у дзета-функции музыкальное. Если ущипнуть скрипичную струну, она при вибрациях порождает не только ноту, на которую настроена, но и все возможные обертоны. Математически эта комбинация звуков соответствует бесконечной сумме $\zeta(s) = 1 + (1/2)^s + (1/3)^s + (1/4)^s + \dots$, которая называется гармоническим рядом. Если взять каждый член этого ряда и возвести его в степень s , получится дзета-функция от переменной s :

Эту функцию придумал около 1740 года Леонард Эйлер, который затем сделал замечательное открытие. Он обнаружил, что дзета-функция, бесконечная *сумма*, проходящая через *все* числа, может быть записана как бесконечное *произведение*, проходящее только через *простые* числа, которые появляются в виде обратных величин:

$$\zeta(s) = \frac{1}{1 - (\frac{1}{2})^s} \times \frac{1}{1 - (\frac{1}{3})^s} \times \frac{1}{1 - (\frac{1}{5})^s} \times \frac{1}{1 - (\frac{1}{7})^s} \times \frac{1}{1 - (\frac{1}{11})^s} \times \dots$$

Эйлер был величайшим математиком своего времени, но и он не вполне осознал потенциал открытой им формулы бесконечных произведений. «До сегодняшнего дня математики тщетно пытались выявить какой-то порядок в последовательности простых чисел, – писал Эйлер, – и у нас есть причины полагать, что это тайна, в которую человеческий разум никогда не проникнет».

Полвека спустя Карл Фридрих Гаусс сделал первый настоящий прорыв в понимании простых чисел со времен Евклида. Мальчиком Гаусс обожал подсчитывать, сколько простых чисел содержится в каждом отрезке по тысяче. Такие размышления были приятным способом скоротать «скучные четверть часа, – писал он другу, – но потом я бросил это занятие, не добравшись и до миллиона». В 1792 году, в пятнадцать лет, Гаусс заметил интересную закономерность. Хотя на первый взгляд простые числа располагались на числовой оси в случайном порядке, в их потоке в целом все же нашлась некоторая регулярность. Можно было достаточно точно оценить, сколько простых чисел встретится до данного числа, разделив данное число на его натуральный логарифм. Представьте себе, к примеру, что вы хотите узнать, сколько простых чисел найдется до миллиона. Достаньте карманный калькулятор, наберите на нем 1 000 000 и разделите на $\ln(1\,000\,000)$. Получится 72 382. На самом деле простых чисел до миллиона 78 498, поэтому оценка ошибочна примерно на 8 %. Однако при увеличении заданного числа погрешность стремится к нулю.

Гаусс открыл «монетку, которую бросает Природа, чтобы выбрать простые числа» (по словам британского математика Маркуса дю Сутоя). Было что-то немного жуткое в том, что эту монетку надо взвешивать натуральным логарифмом, который родился в непрерывном мире дифференциального исчисления и, казалось бы, не имеет никакого отношения к прерывистому миру натуральных чисел (логарифмическая функция определяется площадью под определенной кривой)⁶. Гаусс не смог доказать, что натуральная логарифмическая функция в дальнейшем предскажет, что на бесконечности простых чисел становится все меньше и меньше – он просто высказал эмпирическую догадку. Не смог он и объяснить ее приблизительность – почему она не в состоянии точно сказать, где находится следующее простое число.

За завесу мнимой случайности удалось заглянуть лишь Риману. В 1859 году в статье, в которой было меньше 10 страниц, он сделал несколько ходов, которые разгадали загадку простых чисел. Начал он с дзета-функции. Эйлер считал, что эта функция охватывает только действительные числа (в множество действительных чисел, соответствующих точке на числовой прямой, входят целые числа, как положительные, так и отрицательные, рациональные числа, выражаемые дробями, и иррациональные числа вроде π или e , выражаемые непериодическими десятичными дробями). Однако Риман пошел дальше Эйлера и обобщил дзета-функцию на множество комплексных чисел.

Комплексные числа состоят из двух разных частей – действительной и мнимой (в мнимую часть входит квадратный корень из минус единицы). Типичное комплексное число – например, $2+3\sqrt{-1}$, где 2 – действительная часть, а $3\sqrt{-1}$ – мнимая. Поскольку у комплексного числа две части, его можно представить себе как двумерное: в отличие от действительных чисел, они располагаются не на числовой оси, а на плоскости. Риман решил распространить дзета-функцию на комплексную плоскость. И показал, что в каждой точке комплексной плоскости дзета-функция задает высоту. Она порождает обширный абстрактный ландшафт с горами, холмами, долинами и равнинами, которые тянутся бесконечно во все стороны – дзета-ландшафт. А самые интересные точки дзета-ландшафта, как обнаружил Риман, – это точки, где высота равна нулю, то есть на уровне моря. Эти точки называются нулями дзета-функции, поскольку соответствуют тем комплексным числам, которые, если подставить их в дзета-функцию, дают нуль.

⁶ Автор здесь путает определение логарифмической функции и ее интегральное представление. – *Прим. науч. ред.*

Эти комплексные «нули» дзета-функции, которых на дзета-ландшафте бесконечно много, позволили Риману совершить настоящее чудо: он впервые в истории вывел формулу, которая точно описывала, как бесконечное множество простых чисел располагается в числовой последовательности.

Это открытие послужило началом метафорического диалога между математикой и музыкой. До Римана в простых числах слышался лишь случайный шум. Теперь появился новый способ слышать их мелодию. Каждый нуль дзета-функции, входящий в римановскую формулу простых чисел, порождает волну, напоминающую чистый музыкальный тон. Если сочетать все эти музыкальные тоны, они порождают гармоническую структуру простых чисел. Риман обнаружил, что положение данной нулевой точки на дзета-ландшафте определяет высоту и громкость соответствующей музыкальной ноты. Чем дальше нуль к северу, тем выше звук. А главное – чем дальше он к востоку, тем громче. Оркестр простых чисел играет в гармонии, так, чтобы ни один инструмент не заглушал соседей, только если все нулевые точки лежат в достаточно узкой полосе долготы на дзета-ландшафте. Но Риман пошел еще дальше. Разведав лишь крошечный клочок бесконечного дзета-ландшафта, он смело предположил, что все нули лежат вдоль критической линии, проходящей с юга на север. И это утверждение впоследствии и получило название дзета-гипотезы Римана.

«Если гипотеза Римана истинна, – писал дю Сутой, – она объяснит, почему мы не наблюдаем строгой закономерности в расположении простых чисел. Закономерность соответствует точкам, где какой-то инструмент играет громче остальных. Как будто каждый инструмент играет свою закономерность, но при таком совершенном сочетании закономерности гасят друг друга, и остается только бесформенный поток простых чисел, которые то прибывают, то схлынут». Есть что-то волшебное в том, как бесконечное множество нулевых точек на дзета-ландшафте коллективно контролирует размещение бесконечного количества простых чисел среди натуральных: чем сильнее регламентировано расположение нулей по одну сторону зеркала, тем случайнее кажется порядок простых чисел по другую.

Но так ли идеально регламентированы нули, как думал Риман? Если гипотеза Римана ложна, ее опровергнет один-единственный нуль, сместившийся с критической линии. А вычислить, где расположены нули, задача нетривиальная. Когда сам Риман разведывал дзета-ландшафт, то обнаружил, что первые несколько точек на уровне моря выстроились именно так, как он рассчитывал. В начале XX века вручную рассчитали расположение еще нескольких сотен нулей. С тех пор компьютеры локализовали миллиарды нулей – и все они расположены точно на критической линии. Казалось бы, раз до сих пор не удалось найти контрпримера гипотезы Римана, это повышает вероятность, что она истинна. Но это спорный вопрос. Ведь дзета-функция дает бесконечно много нулей, и может статься, что они покажут свое истинное лицо лишь на невообразимо дальних далях дзета-ландшафта – в краях, которые, вероятно, исследуют лишь значительно позднее миллионного года. Те, кто слепо признают истинность гипотезы Римана, не должны забывать, что в истории математики прослеживается интересная закономерность: в алгебре утверждения, долго остававшиеся гипотезами (теорема Ферма), как правило, оказываются истинными, а в математическом анализе (подобные гипотезе Римана) часто бывают ложными.

Сегодня большинство математиков, пытающихся расколоть гипотезу Римана, исходят в основном из эстетических соображений: гипотеза Римана проще и красивее, чем ее отрицание, и приводит к самому «естественному» распределению простых чисел. «Если существует много нулей, отклоняющихся от линии, а такое может быть, вся картина становится просто ужасной, ужасной, уродливой», – сказал математик Стив Гонек. Едва ли у этой гипотезы найдутся какие-то практические последствия, но для математиков, которые ее исследуют, это не играет никакой роли. «Я никогда не делал ничего “полезного”, – похвалялся Г. Г. Харди в своей знаменитой книге «Апология математика». – Ни одно мое открытие не способствовало ни прямо,

ни косвенно увеличению или уменьшению добра или зла и не оказало ни малейшего влияния на благоустроенность мира»⁷. Математики вроде Харди признают за собой два мотива: во-первых, чистое удовольствие, которое приносят занятия математикой. Во-вторых, ощущение, что они будто астрономы, вглядывающиеся в платоновский космос чисел, – космос, который выходит за пределы человеческой культуры и любых других возможных цивилизаций и сейчас, и в будущем. Харди добавляет, что «число 317 простое не потому, что мы думаем так, и не потому, что наш разум устроен так, а не иначе, а потому, что это так, потому, что математическая реальность устроена так». Ален Конн, французский математик, которого очень многие считают главным кандидатом на доказательство гипотезы Римана, тоже ревностный платоник. «Я считаю, – говорил Конн, – что последовательность простых чисел... обладает реальностью значительно более неизменной, чем окружающая нас физическая реальность».

Однако будет ли все это считаться истинным в миллионном году? Мне думается, что когда мы лучше поймем, что такое простые числа, они утратят свою трансцендентную репутацию. И тогда мы увидим, что они, как и вся остальная математика (или, если уж на то пошло, как религия), созданы человеком, что это сугубо земной артефакт. Когда же нам ждать великого развенчания? Пал Эрдеш, самый плодовитый (и непоседливый) из современных математиков, говорят, утверждал: «Прежде чем мы поймем, что такое простые числа, пройдет еще миллион лет, не меньше». Однако принцип Коперника дает совсем другую оценку. Вопрос о дзета-гипотезе Римана был открыт 160 лет назад самим Риманом. Это значит, что можно с уверенностью 95 % утверждать, что он останется неразрешенным еще года четыре ($\frac{1}{39} \times 160$), однако получит ответ в течение ближайших шести тысяч лет (39×160), то есть гораздо раньше миллионного года. Когда и если он будет решен, простые числа наконец лишатся флера космической инаковости.

Простые числа определяют дзета-функцию, дзета-функция задает нулевые точки, нулевые точки совокупно хранят тайну простых чисел. Если удастся доказать или опровергнуть гипотезу Римана, это замкнет этот тесный кружок, превратив «загадку» простых чисел в тавтологию – такую же, как утверждение «четвероногое животное – это животное». Поэтому я предсказываю, что задолго до миллионного года математики пробудятся от своего коллективного платоновского сна. Никому и в голову не придет направлять последовательность простых чисел через весь космос. Наши потомки отмахнутся от них, как герой «Кошмара математика» Бертрана Рассела: «Прочь! Вы всего-навсего Символические Совпадения!»



А что же смех? Как я уже заметил, нет ничего более узкого, местного, эфемерного, чем тот тип «юмора», который заставляет засмеяться. И ничего более низменного. На протяжении почти всей человеческой истории комическое было смесью скабрёзности, агрессии и глумления. Что до особого пыхтения и раздувания грудной клетки, которые оно вызывает, это рассматривалось как «избыточный рефлекс», на первый взгляд не имеющий отношения к выживанию наиболее приспособленных.

Однако в последние годы ученые, поднаторевшие в изящном искусстве эволюционной психологии, нашли гораздо более изобретательный подход к поиску дарвинистских обоснований для смеха. Пожалуй, самую правдоподобную гипотезу выдвинул нейрофизиолог В. Рамачандран. В своей книге «Фантомы мозга», написанной в 1998 году в соавторстве с Сандрой Блейкли (Ramachandran, V., Blakeslee, S., *Phantoms in the Brain*), Рамачандран выдвигает «теорию ложной тревоги». Возникает потенциально опасная ситуация, у тебя запускается реакция

⁷ Здесь и далее пер. Ю. Данилова.

«бей-или-беги», оказывается, что тебе просто показалось, и ты оповещаешь свою социальную группу (генетически близкую), что опасность мнимая, издавая стереотипные звуки – которые к тому же распространяются от одного члена группы к другому, поскольку заразительны. Когда эволюция наладила этот механизм, гласит гипотеза, его удалось направить на другие цели – например, на выражение враждебности к другим социальным группам (или утверждение превосходства над ними) и на высвобождение запретных социальных порывов в пределах своей группы. Однако в основе первоначального механизма «ложной тревоги» лежит ощущение несоответствия: страшная опасность оказалась пустяком, грозное «что-то» обернулось безобидным «ничем». А эволюция юмора с течением тысячелетий привела к тому, что роль несоответствия становилась все главнее. Высшее проявление смеха считается сейчас выражением интеллектуальной эмоции. Наверное, вершиной эволюции остроумия можно считать еврейские шутки, талмудически-изысканную игру с языком и логикой (вспомните свои любимые реплики Граучо Маркса или Вуди Аллена). С такой интеллектуальной точки зрения сильнейший стимул для смеха – это чистое абстрактное несоответствие. Как считал Шопенгауэр, хорошая шутка – это неправильный силлогизм. (Например: «Главное – быть искренним. Сможешь это изобразить, и дело в шляпе».) А несоответствие – полная противоположность старой скучной тавтологии. И так же универсально.

Вот почему я считаю, что юмор и математика к миллионному году поменяются местами. Но какими они будут, шутки той далекой эпохи? Высшая разновидность смеха пробуждается, когда мы видим, как несоответствие разрешается каким-то остроумным способом, что приводит к эмоциональной встряске от приятного узнавания. Мы воображаем, будто перед нами что-то непонятное и загадочное – а вдруг оказывается, что перед нами нет вовсе ничего. Именно таким и будет разрешение загадки дзета-гипотезы Римана, когда его наконец найдут в невообразимом будущем. Под раскаты хохота платоническая инаковость простых чисел обернется тривиальной тавтологией. Если задуматься, что гипотеза, которую сегодня считают величайшей задачей, порожденной человеческим разумом, вполне может в миллионном году оказаться грубоватой шуткой, достойной школьника, это очень отрезвляет.

Глава пятая. Сэр Фрэнсис Гальтон, отец статистики... и евгеники

В восьмидесятые годы XIX века жители многих британских городов, должно быть, обращали внимание на немолодого лысого джентльмена с бакенбардами, который пожирал глазами всех проходящих мимо девушек и при этом что-то перебирал в кармане. Это был не какой-нибудь старый греховодник, а серьезный ученый. А в кармане он держал устройство, которое называл «дыроколом»: наперсток с иглой и крестообразный листок бумаги. Прокалывая дырочки в разных частях листка, джентльмен тайком оценивал внешность проходящих мимо дам по шкале от «привлекательная» до «отталкивающая». После долгих месяцев применения дырокола и сбора результатов он составил «карту красоты» Британских островов. Средоточием красоты оказался Лондон, а его противоположностью – Абердин.

Такого рода исследования были характерны для Фрэнсиса Гальтона, девизом которого было «Можешь сосчитать – сосчитай». Гальтон был одним из великих новаторов викторианской эпохи, может быть, и не таким великим, как его двоюродный брат Чарльз Дарвин, зато гораздо более многогранным. Он исследовал неведомые области Африки. Стал первопроходцем в области метеорологии и изучения отпечатков пальцев. Открыл законы статистики, перевернувшие методологию науки. Что же касается его характера, то Гальтон был человеком приятным и светским, пусть и склонным к снобизму. Однако в наши дни его помнят в первую очередь за достижения, представляющие ученого в определенно зловещем свете: он был отцом евгеники, науки – или псевдонауки – об «улучшении человеческой породы» при помощи селекции.

Евгеника, как показала вся ее дальнейшая карьера, – настоящее исчадие ада, и быть ее отцом – сомнительная слава. Энтузиазм по поводу идей Гальтона привел к насильственной стерилизации сотен тысяч американцев и европейцев, которых сочли генетически неполноценными, и внес свой вклад в национальную политику фашистов, кульминацией которой стал холокост. Сегодня большинству из нас очевидно, что улучшать человечество, заставляя «желательных» размножаться больше, а «нежелательных» – меньше, – идея изначально порочная и с научной, и с этической точки зрения. На ее автора мы смотрим с легким отвращением и считаем признаком нравственного прогресса, что мы оставили гальтоновское учение позади. Но, пожалуй, напрасно мы так самодовольны. В новую эру генной инженерии стало очевидно, что евгенические соблазны никуда не делись, они просто приняли новую форму, сопротивляться которой, скорее всего, окажется труднее. И если бесчеловечная идея соблазнила даже Гальтона – такого, каким мы его представляем себе, человека талантливого и глубоко порядочного, – понять, где он сбился с пути, нам интересно отнюдь не только с исторической точки зрения.

Фрэнсис Гальтон, по словам своего биографа Мартина Брукса, «явился в мир в пору Веллингтона и Ватерлоо, а покинул его на заре эпохи автомобилей и аэропланов». Родился он в 1822 году в состоятельной и знатной квакерской семье: его дедом по матери был Эразм Дарвин, известный врач и ботаник, писавший стихи о сексуальной жизни растений. Юного Фрэнсиса холили и лелеяли. Ребенком он простодушно радовался, что развит не по летам: «Мне всего четыре года, а я могу прочесть любую книгу на английском языке. Я знаю все латинские существительные и прилагательные и активные глаголы и 52 строчки латинских стихов вдобавок. Я могу сложить любые числа и умею умножать на 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10. Еще я знаю наизусть таблицу пересчета пенсов в шиллинги и фунты. Я немного читаю по-французски и умею узнавать время по часам». Когда Гальтону исполнилось шестнадцать, отец решил, что он должен делать карьеру в медицине, по примеру выдающегося деда. Фрэнсиса отправили на обучение в больницу, однако вопли больных на операционном столе в те времена, когда об анестезии еще не знали, отвратили его от врачебной профессии. Юноша обратился за советом к своему

двоюродному брату Чарльзу Дарвину, который как раз вернулся из плавания вокруг света на «Бигле», и получил рекомендацию «бросить все и изучать математику». Тогда он поступил в Кембридж и даже успел изобрести там «вразумляющую машинку», которая капала водой на голову отвлекавшегося преподавателя, но вскоре у него от переутомления случился нервный срыв.

Вся дальнейшая жизнь Гальтона была чередованием периодов лихорадочной интеллектуальной деятельности и нервного упадка сил. Однако когда Гальтону было 22 года, умер его отец, и Гальтону больше не приходилось зарабатывать на жизнь. Получив солидное наследство и освободившись от бремени отцовских требований, он предан аристократическому гедонизму. В 1845 году он отправился в экспедицию по Нилу для охоты на бегемотов (оказалось, что стрелок из него никудышный), затем пересек Нубийскую пустыню на верблюдах. Продолжив путешествие по Ближнему Востоку, он самостоятельно выучил арабский и, судя по всему, заразился венерической болезнью от проститутки – это, вероятно, объясняет, почему молодой человек резко охладел к женщинам.

На карте мира того времени было еще много обширных белых пятен, и их исследование считалось достойным занятием для такого богатого викторианского холостяка. В 1850 году Гальтон отправился в Северную Африку и организовал экспедицию в глубь материка, куда еще не ступала нога белого человека. Перед отправлением он приобрел на Друри-лейн бутафорскую корону, которую намеревался водрузить на голову «самого великого или самого далекого властелина, который мне встретится». К тяжелым условиям Гальтон подготовился плохо и на ходу изобретал, как быть с изнурительным зноем, недостатком воды, воинственными племенами, набегами львов, которые пожирали его мулов и лошадей, с постоянно ломающимися повозками, жуликами-проводниками и местными помощниками, у которых были свои диетические предрассудки, поэтому никак не удавалось устроить совместную трапезу из экспедиционных запасов, состоявших из овец и свиней. Гальтон вел методические наблюдения и научился мастерски пользоваться секстантом, а как-то раз применил этот навигационный инструмент, чтобы на расстоянии измерить изгибы особенно роскошной туземки – «готтентотской Венеры».

Кульминацией этого путешествия стала встреча с царем Нангоро, вождем племени, который среди местных жителей прославился как самый толстый человек в мире. Нангоро восхищался белой кожей и прямыми волосами англичанина, и ему было приятно, когда его увенчали безвкусной бутафорской короной. Но потом Гальтон совершил непростительную оплошность. Король прислал к гостям в палатку свою племянницу, умащенную маслом и красной охрой, для утех на ночь, а Гальтон как раз облачился в свою единственную чистую рубашку из белого льна. Он обнаружил, что нагая принцесса «оставляет на всем, к чему прикасается, такой же след, как хорошо смазанный вал печатного станка... и я выставил ее вон без особых церемоний».

Чудачества Гальтона прославили его, и по возвращении в Англию тридцатилетний естествоиспытатель попал в газеты и получил золотую медаль Королевского географического общества. Он написал бестселлер о выживании в африканских бушах и решил, что приключений с него довольно. Гальтон был по-прежнему красавец мужчина, хотя быстро лысел (для компенсации он отрастил пышнейшие бакенбарды), и нашел себе жену – женщину довольно простой наружности, зато из семьи, славившейся интеллектуальными достижениями. Детей у них, правда, не было (вероятно, Гальтон стал бесплодным из-за венерической болезни). Гальтон приобрел особняк в Южном Кенсингтоне, неподалеку от множества клубов и обществ, к которым он теперь принадлежал, и стал вести жизнь ученого-дилетанта. Он всегда считал, что его подлинное призвание – меры и веса. Поэтому он проводил сложные эксперименты по науке заваривания чая и выводил формулы идеальной чашки. Поставил себе цель рассчитать общий объем золота в мире и к собственному изумлению обнаружил, что это значительно меньше, чем объем его столовой.

В дальнейшем он все-таки нашел себе область интересов, имеющую практическое применение: погоду. Метеорологию в те дни едва ли можно было назвать наукой. Попытки первого главного синоптика при британском правительстве предсказывать погоду были встречены таким градом насмешек, что он в конце концов перерезал себе горло. Гальтон проявил инициативу и собрал отчеты о погодных условиях со всей Европы, а потом составил прототип современной погодной карты. Кроме того, он обнаружил новую интересную метеорологическую закономерность, которую назвал антициклоном – сегодня ее называют еще областью высокого давления или барическим максимумом. Так бы Гальтон и провел остаток дней тихо-мирно в амплуа джентльмена-ученого третьего ряда, если бы не одно драматическое событие – публикация «Происхождения видов» Дарвина в 1859 году. Чтение книги двоюродного брата преисполнило Гальтона ощущением ясности цели. Особенно его поразила одна мысль: чтобы показать, как естественный отбор формирует виды, Дарвин привел в пример разведение домашних животных и растений в фермерских хозяйствах для улучшения породы. И у Гальтона появилась мечта: может быть, и человеческую эволюцию удастся направить подобным образом? «Если выделить на улучшение человеческой расы двадцатую часть затрат и усилий, которые расходуются на улучшение пород лошадей и скота, какое созвездие гениев мы породили бы!» – писал он в журнальной статье 1864 года, которая стала увертюрой к его евгеническим изысканиям (само слово «евгеника» – от древнегреческого слова, означающего «благородный» – он ввел в обращение лишь двадцать лет спустя).

Гальтон зашел гораздо дальше Дарвина, который думал в основном об эволюции физических качеств, например, глаз и крыльев, и применил ту же наследственную логику к качествам характера – в том числе к таланту и добродетели. Это сделало его противником философской ортодоксии того времени, придерживавшейся взглядов Джона Локка, Дэвида Юма и Джона Стюарта Милла, которые были убеждены, что разум человека – чистая доска, исписанная опытом. «Я категорически против гипотез, которые иногда высказывают и очень часто применяют, особенно в нравоучительных детских сказках, – писал Гальтон, – что все младенцы примерно одинаковы и единственная причина различий между одним мальчиком и другим, между одним человеком и другим – последовательное воспитание и моральные усилия».

Именно Гальтон впервые занялся глубоким исследованием роли природы и воспитания в формировании личности, которую обсуждают и в наши дни. (Упоминали об этом, конечно, и раньше, вспомним хотя бы шекспировскую «Бурю», где Просперо сокрушается, что его приемный сын Калибан «прирожденный дьявол, и напрасны / Мои труды и мягкость обращения» (пер. М. Донского), однако Гальтона считают автором афоризма *nature versus nurture* – «природа против воспитания».) Почему же Гальтон был так уверен, что таланты и темперамент человека определяются в первую очередь природой и лишь затем воспитанием? Мысль об этом пришла ему в голову еще в Кембридже, когда он заметил, что у лучших студентов в семье были люди, которые тоже преуспевали в учении в том же университете, и он заключил, что подобные династии – едва ли случайное совпадение. Путешествия лишь укрепили его воззрения, поскольку он своими глазами наблюдал, по его словам, «ментальные особенности разных рас».

Гальтон честно пытался подтвердить свою веру в главенство природы над воспитанием надежными данными. В своей книге «Наследственный гений» (*Hereditary Genius*), вышедшей в 1869 году, он приводит длинные списки «выдающихся» людей, судей, поэтов, ученых, даже гребцов и борцов, чтобы подтвердить, что таланты передаются по наследству. Предвосхищая возражения, что за этим стоит не биология, а социальные привилегии, он приводил в пример приемных сыновей римских пап в качестве своего рода контрольной группы. Его убежденность, что ментальные способности в основном наследственны, вызвала много скептических отзывов, однако произвела сильное впечатление на Дарвина. «В каком-то отношении вы превратили оппонента в союзника, – писал он Гальтону, – поскольку я всегда считал, что все люди, не считая дураков, по интеллекту примерно одинаковы, разница лишь в рвении и трудолюбии».

Но это было только начало деятельности Гальтона. Чтобы добиться практического воплощения своей генетической утопии, ему нужно было больше узнать о механизмах наследования, а без таких знаний даже самый строгий надзор над браком и деторождением мог и не привести к долгожданному улучшению человеческой породы. Так вера в евгенику заставила Гальтона искать закон наследования. А это, в свою очередь, подтолкнуло к статистике.

В то время статистика была занятием безотрадным – настоящей свалкой из данных переписей населения, записей по торговым сделкам и так далее. Ничего интересного с математической точки зрения в ней не было, кроме одного – кривой нормального распределения. Как ни удивительно, кривая нормального распределения (она же гауссово распределение или просто гауссиана) первой появилась в астрономии. В XVIII веке астрономы заметили, что ошибки в их измерениях положения планет подчиняются особой закономерности. Данные симметрично распределялись в окрестностях истинного значения, большинство – совсем рядом с ним, а чем дальше по обе стороны, тем меньше. Если нанести распределение ошибок на график, получалась кривая, похожая на колокол. В начале XIX века бельгийский астроном Адольф Кетле заметил, что тот же «закон погрешности», который обнаружился в астрономии, применим и ко многим другим феноменам, связанным с жизнью и деятельностью человека. В частности, он собрал сведения об обхвате груди пяти тысяч солдат-шотландцев и обнаружил, что при нанесении на кривую нормального распределения все данные группировались вокруг среднего обхвата груди – около 100 сантиметров.

Почему же гауссиана так вездесуща? Математика дает ответ. Она всегда возникает там, где какая-то переменная (рост человека) определяется множеством мелких причин (гены, питание, здоровье и пр.), которые мало зависят друг от друга. С точки зрения Кетле кривая распределения давала случайные девиации от некоего платоновского идеала, который он называл *l'homme moyen* – «средний человек». Когда Гальтон наткнулся на работы Кетле, то пришел в восторг, поскольку увидел кривую нормального распределения под новым углом: она описывала не случайности, которыми стоило пренебречь, а отличия, выявляющие вариабельность, на которой строится эволюция. Его путь к открытию законов, управляющих передачей этих различий из поколения в поколение, привел к формулировке двух понятий, которые по праву считают величайшим даром Гальтона науке. Это регрессия и корреляция.

Хотя в основном Гальтон интересовался наследованием психических качеств, в том числе интеллекта, он отдавал себе отчет, что их трудно измерить. Поэтому он сосредоточился на физических особенностях, в частности, на росте. В то время знали только один закон наследственности – подобное порождает подобное. У высоких родителей рождаются высокие дети, у маленьких – маленькие. Но частные случаи предсказать невозможно. В 1884 году Гальтон в надежде выявить более масштабную закономерность организовал в Лондоне «антропометрическую лабораторию». Тысячи людей, привлеченные его славой, стекались туда и покорно позволяли измерить их рост, вес, время реакции, силу рывка, восприятие цвета и так далее. Среди посетителей был и Уильям Гладстон, тогдашний премьер-министр. «Мистер Гладстон отчего-то особенно настаивал, чтобы измерили его голову... впрочем, ее обхват оказался не так уж и велик», – отмечал Гальтон, гордившийся своим массивным лысым черепом.

Собрав данные о 205 парах родителей и 928 их взрослых детях, Гальтон нанес точки на график, отложив рост родителей по одной оси, а рост детей по другой. Затем он начертил прямую линию сквозь облако точек, чтобы ухватить отображаемую тенденцию. Оказалось, что наклон этой линии составляет две трети. Гальтон истолковал это так, что дети особенно высоких (или маленьких) родителей сохраняют эту особенность лишь на две трети. Иначе говоря, если речь идет о росте, то дети больше тяготеют к средним показателям, чем родители. То же самое, как отметил Гальтон много лет назад, относится и к «выдающимся способностям». Например, дети И. С. Баха были одарены музыкально выше среднего, но меньше своего отца. Гальтон назвал это явление «регрессией к посредственности».

Регрессионный анализ обеспечил нам возможность предсказывать одно (рост ребенка) по другому (росту родителей). А когда оказалось, что одно с другим связано неоднозначно, Гальтон придумал меру силы таких неоднозначных отношений, которую можно было применять даже в случаях, когда природа описываемых явлений была разной – например, осадки и урожайность, курение и рак легких, размер класса и успеваемость учеников. Этот более общий способ Гальтон назвал «корреляция».

Все это привело к понятийному прорыву. До того наука была по большей части ограничена детерминистскими законами причинно-следственных связей. Найти такие законы в мире биологии не так-то просто, поскольку причин там всегда много и отделить одну от другой невозможно. Благодаря Гальтону статистические законы начали пользоваться уважением в научном мире. Открытие регрессии к посредственности, или регрессии к среднему значению, как принято теперь говорить, получило еще более широкий резонанс. Питер Бернштейн в своей книге 1996 года «Против богов. Укрощение риска» писал: «Тенденция к усреднению... является важнейшей статистической закономерностью, имеющей отношение ко многим аспектам управления риском» (пер. А. Марантиси). По словам Бернштейна, она лежит в корне множества жемчужин народной мудрости: «Чем выше залезешь, тем больше падать», «На детях гениев природа отдыхает», «Перед рассветом ночь всего темнее» и так далее.

Все же идея регрессии при всей своей очевидности оказалась хитрой ловушкой и для простаков, и для интеллектуалов. Чаще всего недоразумения связаны с тем, что регрессия к среднему не предполагает зависимости от времени. Если у очень высоких родителей рождаются просто высокие дети, а у очень маленьких – просто маленькие, не значит ли это, что в итоге все будут одного роста? Нет, не значит, поскольку регрессия действует не только вперед во времени, но и назад: у очень высоких детей родители обычно несколько ниже ростом, а у очень маленьких несколько выше.

Чтобы преодолеть этот мнимый парадокс, нужно в первую очередь осознать, что регрессия к среднему возникает, когда устойчивые факторы, которые можно назвать навыком, случайно смешиваются с сиюминутными факторами, которые можно назвать удачей. Возьмем, к примеру, спорт, где регрессия к среднему зачастую ошибочно принимается за провал. Лучшие бейсболисты, сумевшие за последний сезон набрать 300 очков, достигли этого благодаря сочетанию навыка и везения. Одни из них – и вправду гении, у которых выдался средненький год, но подавляющее большинство – просто хорошие спортсмены, у которых выдался удачный год. Нет никаких причин, по которым и в следующем году им так же повезет, и именно поэтому у 80 % из них на следующий год показатели снизятся.

Принимать регрессию за реальную силу, которая заставляет талант или другое качество со временем уменьшаться – а это распространенное заблуждение – значит делать так называемый регрессивный ложный вывод, он же ложный вывод Гальтона. В 1933 году профессор Северо-Западного университета Хорес Секрист издал пример такого ложного вывода размером с целую книгу под названием «Триумф посредственности в бизнесе» (Sekrist, H., *The Triumph of Mediocrity in Business*), где утверждал, что поскольку высокоприбыльные фирмы имеют тенденцию терять прибыльность, а совсем неприбыльные становятся менее неприбыльными, все фирмы скоро станут средними по прибыльности. Несколько десятков лет назад ВВС Израиля пришли к выводу, что мотивировать пилотов лучше выговорами, чем похвалой, поскольку плохие пилоты, если сделать им выговор, впоследствии совершают посадки лучше, а хорошие, если их похвалить, – хуже (а теперь вдумайтесь, что из-за регрессивного ложного вывода все мы, вероятно, склонны считать, что кнут лучше пряника!) В 1990 году автор редакционной статьи в «Нью-Йорк Таймс» ошибочно утверждал, что одной только регрессии к среднему достаточно, чтобы со временем стерлись расовые различия в коэффициенте интеллекта.

Не стал ли сам Гальтон жертвой ложного вывода Гальтона? Мартин Брукс в биографии Гальтона «Крайние меры» (Brookes, M., *Extreme Measures*) утверждает, что именно это с ним

и произошло. «Гальтон совершенно ошибочно истолковал собственные результаты, касающиеся регрессии, – пишет Брукс. – Средний рост у людей с каждым поколением не имеет тенденции увеличиваться. Но Гальтон полагал, что регрессия доказывает обратное». Хуже того, утверждает Брукс, именно путаница по поводу регрессии подтолкнула Гальтона к тому, чтобы отказаться от дарвинистских представлений об эволюции в пользу евгеники – экстремистской и дурно пахнущей. Предположим, регрессия на самом деле действует как гравитация и постоянно притягивает отдельных особей к средним показателям по популяции. Тогда из этого следует, что эволюция не могла происходить в виде постепенных мелких изменений, какой ее видел Дарвин. Для нее требовались бы крупные одномоментные изменения, которые почему-то не поддавались бы регрессии к среднему. Гальтон полагал, что такие скачки приводили бы к возникновению совершенно новых организмов, «природных отклонений», которые смещали бы всю кривую нормального распределения способностей. А чтобы евгеника привела к успеху, она должна была действовать так же, как эволюция. Иначе говоря, природные отклонения нужно было бы задействовать в качестве производителей для новой породы. Только тогда удастся преодолеть регрессию и добиться прогресса.

Но все же Гальтон заблуждался не так сильно, как представляет это его биограф Брукс. У Гальтона ушло почти двадцать лет на то, чтобы разобраться во всех тонкостях регрессии, а это достижение, по словам Стивена М. Стиглера, историка из Чикагского университета, «следует ставить в один ряд с величайшими индивидуальными достижениями в истории науки, на один уровень с открытием кровообращения, которое совершил Уильям Гарвей, и с опытами по разложению света, которые проделал Ньютон». К 1889 году, когда Гальтон опубликовал свою самую влиятельную книгу «Природа наследования» (*Natural Inheritance*), он уже почти окончательно уяснил для себя, что такое регрессия. Он знал, что к жизни и наследственности она имеет мало отношения. Знал, что она не зависит от времени (регрессия к среднему отмечалась, по его наблюдениям, даже среди братьев: братья очень высоких мужчин, как правило, были несколько ниже ростом). В сущности, как Гальтон сумел показать при помощи изящного геометрического доказательства, регрессия – это вопрос чистой математики, а не эмпирическая сила. А чтобы не осталось никаких сомнений, он замаскировал наследование роста под задачу по механике и послал ее одному именитому кембриджскому математику, который, к восторгу Гальтона, подтвердил его находки. «Никогда еще не охватывало меня такое небывалое восхищение и уважение к высшей силе и величайшему могуществу математического анализа, как в тот миг, когда до меня дошел ответ», – писал Гальтон.

Закладывая основы для статистического изучения человеческой наследственности, Гальтон предавался и многим другим интеллектуальным изысканиям, иногда важным, иногда просто эксцентричным. Он изобрел подводные очки, позволявшие ему читать, погрузившись в ванну, и велосипедный спидометр, который (как описывает Брукс), состоял «всего-навсего из таймера для варки яиц, который велосипедист должен был держать в руке, подсчитывая при этом обороты педалей». В число его научных статей – общим числом более трехсот – входили, например, «Обонятельная арифметика» (*Arithmetic by Smell*) и «Земляника как лекарство от подагры» (*Strawberry Cure for Gout*). Он спровоцировал жаркие споры, применив статистику для исследования действенности молитв (и заключил, что обращения к Господу не в силах защитить человека от болезней). Пытался, как видно, не без успеха, вызвать у себя временное помешательство, гуляя по Пикадилли и воображая, будто все и всё кругом – шпионы. Вдохновленный сближением Марса и Земли, он изобрел небесную сигнальную систему, чтобы наладить сообщение с марсианами. Были у него и более практические цели – он подвел строгую научную основу под только что зародившуюся практику изучения отпечатков пальцев, предложив классификацию узоров и доказав, что не бывает двух одинаковых отпечатков пальцев – огромный шаг вперед для викторианской полиции. Он составил первый психологический тест, который разослал ученым, чтобы те оценили, насколько сильное у них воображение. Кроме

того, он изобрел метод свободных ассоциаций и с его помощью исследовал собственное подсознание за десятки лет до Фрейда.

Настал XX век, а Гальтон продолжал свою бурную деятельность. В 1900 году престиж евгеники сильно укрепился, поскольку была заново открыта работа Грегора Менделя по наследственности у горошка. Наследственный детерминизм внезапно приобрел статус научного явления. Гальтона мучила астма (и он лечился курением гашиша), он терял слух, но тем не менее прочел пространную лекцию о евгенике в Социологическом обществе в 1904 году. «То, что природа делает слепо, медленно и безжалостно, человек будет делать осмотрительно, быстро и милосердно», – объявил он. Международное евгеническое движение набирало силу, и Гальтон стал его героем. В 1909 ему пожаловали рыцарский титул. Два года спустя он скончался в возрасте восьмидесяти восьми лет.

За свою долгую карьеру Гальтон так и не приблизился к доказательству главной аксиомы евгеники: во всем, что касается талантов и добродетелей, природа доминирует над воспитанием. Однако в ее истинности он не сомневался, и многие ученые разделяли его убежденность. Сам Дарвин в книге «Происхождение человека и половой подбор» писал: «и мы знаем теперь, благодаря превосходным работам Гальтона, что гений... стремится быть переданным по наследству»⁸. С учетом этой аксиомы, можно воплотить евгенику на практике двумя способами: «положительная» евгеника (поощрять размножение «высших») и «отрицательная» евгеника (ограничивать размножение «низших»). В целом Гальтон стоял за положительную евгенику. Он подчеркивал важность ранних браков и высокой фертильности среди генетической элиты и фантазировал о роскошных свадьбах в Вестминстерском аббатстве за государственный счет, где посаженной матерью невесты в качестве дополнительного стимула была бы королева. Гальтон всегда был ярким противником религии, и его глубоко возмущало, что католическая церковь столетиями требовала обета безбрачия от своих самых одаренных приверженцев. (Дисгенические результаты целибата среди духовенства, по мнению Гальтона, особенно очевидны по истории упадка Испании.) Он надеялся, что распространение учения о евгенике заставит людей одаренных осознать, что они обязаны размножаться ради блага человечества, но при этом не считал, что евгеника должна ограничиваться моральным убеждением. Гальтона тревожило, что беднота в промышленных районах Британии размножается непропорционально сильно, и он требовал, чтобы бедняков лишили благотворительной поддержки, перенаправив ее на «желательные классы». Чтобы предотвратить «свободный рост популяции, всерьез пораженной невменяемостью, слабоумием, рецидивирующей преступностью и нищетой», он призывал к «суровому принуждению», в том числе к контролю за браками и даже к стерилизации.

Но евгенические меры Гальтона были еще мягкими по сравнению с тем, что предлагали его знаменитые современники, отстаивавшие его дело. Например, Г. Дж. Уэллс был ярким сторонником негативной евгеники и утверждал, что «путь к улучшению человеческой расы лежит не через отбор удачных особей, а через стерилизацию неудачных». Джордж Бернард Шоу отстаивал идею евгенического секса как альтернативы ненаучному размножению в браке. «Нам необходимо, чтобы люди, видящие друг друга впервые в жизни и не собирающиеся встречаться впредь, при соблюдении определенных общественных условий зачинали детей, не теряя чести», – писал Шоу.

Хотя Гальтон был консерватором, его кредо показалось соблазнительным и самым прогрессивным деятелям – Гарольду Ласки, Джону Мейнарду Кейнсу, Сиднею и Беатрисе Вебб. Американские ученики Гальтона основали Гальтоновское общество в Нью-Йорке, заседания которого регулярно проходили в Американском музее естественной истории, а популяризаторы настроили в пользу евгеники все остальное население страны. «Сколько еще нам, амери-

⁸ Перевод И. Сеченова.

канцам, заботиться о чистоте породы наших свиней, кур и коров, оставляя наследственность собственных детей на милость случая или слепого чувства?» – вопрошал плакат на выставке в Филадельфии.

За четыре года до смерти Гальтона законодательный орган штата Индиана принял первый закон о принудительной стерилизации, «дабы воспрепятствовать размножению осужденных преступников, идиотов, слабоумных и насильников». Вскоре примеру Индианы последовало большинство остальных штатов. В 1927 году Оливер Уэнделл Холмс-младший, оглашая вердикт Верховного суда, подтвердил правомерность решения виргинского суда, который применил закон о насильственной стерилизации к молодой женщине, чью мать признали слабоумной, после того, как подсудимая родила дочь, также признанную слабоумной, и сказал при этом: «Нам вполне достаточно трех поколений неполноценных».

В совокупности американские суды вынесли около 60 тысяч решений о принудительной стерилизации граждан, признанных низшими с евгенической точки зрения. Огромное число подобных приговоров вынесено и в Канаде, и в Швеции, и в Норвегии, и в Швейцарии (хотя, что примечательно, в Великобритании такой практики не было). Когда евгеническое движение захватило остальную Европу и Латинскую Америку и докатилось до Японии, программа Гальтона, по словам историка Дэниела Кивлеса, произвела революцию в масштабах планеты.

Самые чудовищные формы евгеники приобрела в Германии. Целью Гальтона было улучшение человечества в целом, и хотя он разделял расовые предрассудки, распространенные в викторианскую эпоху, понятие расы в его теориях особой роли не играло. А немецкая евгеника, напротив, быстро переродилась в *Rassenhygiene* – «расовую гигиену». Немецкие борцы за чистоту расы полагали, что арийская раса должна доминировать над остальными, «низшими», и нельзя допускать, чтобы ее генетический материал ухудшался из-за беспрепятственного размножения неподходящих особей. При Гитлере насильственной стерилизации подверглись почти 400 000 человек, страдавших алкоголизмом, шизофренией и слабоумием, поскольку эти расстройства считались наследственными. Потом таких просто убивали. Нацисты прибегали и к «положительным» евгеническим мерам – программа *Lebensborn* («Источник жизни») поощряла незамужних женщин, соответствовавших самым строгим расовым стандартам, вступать в связь с членами СС в надежде получить арийское потомство высочайшего качества.

Фашистские эксперименты по расовой биологии вызвали отвращение к евгенике, которое, в сущности, и положило конец этому движению. Генетики сочли евгенику псевдонаукой – и за преувеличение роли наследственности в развитии личности и интеллекта, и за наивные представления о сложном загадочном взаимодействии различных генов, определяющих те или иные человеческие черты. В 1966 году британский генетик Лайонел Пенроуз отметил, что «наши представления о человеческих генах и их действии так поверхностны, что формулировать конкретные принципы улучшения человеческой породы глупо и самонадеянно».

С той поры наука узнала о геноме человека гораздо больше, а прогресс в биотехнологии дал нам право голоса в генетике нашего потомства. Например, родовые обследования могут сообщить родителям, что их нерожденный ребенок страдает генетическим заболеванием – синдромом Дауна или болезнью Тея – Сакса, после чего родителям предлагается сделать зачастую мучительный выбор – родить ребенка или прервать беременность. Еще больше контроля дает методика «селекции эмбрионов». Методом искусственного оплодотворения из яйцеклеток и сперматозоидов родителей создают *in vitro* несколько эмбрионов, затем проводят их генетический анализ и имплантируют в материнскую матку тот, чьи характеристики оказались лучше всех. Обе эти техники можно отнести к негативной евгенике, поскольку при обследовании выявляются гены, связанные с болезнями, а потенциально – и с другими особенностями, которые родители считают нежелательными, будь то низкий интеллект, ожирение, гомосексуальность или облысение. А возрождение положительной евгеники *à la* Гальтон можно усмотреть в применении репродуктивных техник, связанных с донорством спермы и

яйцеклеток. В газетах «Лиги плюща» появились рекламные объявления, сулящие до пятидесяти тысяч долларов донорам яйцеклеток с подходящими данными – например, высокими оценками за государственные экзамены или голубыми глазами – а «нордические» гены набрали такую популярность во всем мире, что в Дании находится один из крупнейших банков спермы на планете.

На горизонте маячит и еще более радикальная евгеника – такого не представлял себе даже Гальтон. Вскоре мы сможем формировать наследственность своих потомков, непосредственно вмешиваясь в генетический материал на уровне клеток, из которых возникает эмбрион. Эта методика, так называемое редактирование зародышевой линии, в последние годы уже опробована на нескольких видах млекопитающих благодаря появлению новейшей технологии *CRISPR* (англ. *clustered regularly interspaced short palindromic repeats* – «короткие палиндромные повторы, регулярно расположенные группами») для целевого редактирования генов. Сторонники редактирования зародышевой линии утверждают, что вскоре оно станет доступным и для людей, это вопрос времени. Как правило, терапию зародышевой линии оправдывают тем, что она исключает генетические болезни и расстройства не только у человека, который родится с измененными генами, но и у всех его потомков. Но ведь ее можно использовать и для «улучшения породы». Если, например, исследователи выявят гены, связанные с повышенным интеллектом, спортивными талантами, счастьем, редактирование зародышевой линии позволит родителям евгенически подправлять своих детей в этом отношении. Более осторожные сторонники редактирования зародышевой линии утверждают, что его будут применять только для исправления генетических дефектов, а противники опасаются, что оно толкнет нас на скользкую дорожку евгенического «улучшения». Ведь если ребенка, обреченного на ненормально низкий интеллект, можно «излечить» манипуляциями с зародышевой линией, какие родители устоят перед искушением при помощи той же манипуляции добавить два-три десятка очков к нормальному *IQ* своего будущего отпрыска?

Гальтоновская евгеника была ошибочной, поскольку основывалась на плохих научных данных и применялась насильственно. Но цель Гальтона – избавить человечество от варварства – была вовсе не низменной. А новая евгеника, напротив, основана на относительно точных, пусть и далеко не полных, научных данных и вовсе не насильственна – ее можно назвать евгеникой *laissez-faire*, поскольку решения о генетическом «улучшении» детей будут принимать только родители. Более того, единственное принуждение, о котором раздумывают в этой связи, – это запрет подобных технологий на уровне государства, который способствовал бы сохранению естественного порядка вещей в генетике. В Европе, в отличие от США, манипуляции с зародышевой линией уже запрещены.

Туманна с моральной точки зрения именно цель новой евгеники. Если ее технологии применяются для генетического обогащения детей в соответствии с желаниями родителей (и их финансовыми возможностями), результатом может стать возникновение класса «генетических богачей», которые будут умнее, здоровее и красивее «натуралов». Идеал «улучшения» отдельного человека, а не биологического вида – вот что составляет резкий контраст с гальтоновским представлением о евгенике.

«Улучшение нашей породы – одна из высочайших целей, какие только можно поставить перед собою, – объявил Гальтон в своем обращении о целях евгеники в 1904 году. – Мы не представляем себе, какой будет дальнейшая судьба человечества, но не сомневаемся, что труды по ее улучшению не менее благородны... и позором было бы отказаться от них». Вероятно, правильным было бы по примеру Мартина Брукса отмахнуться от этих слов как от «пустых проповедей». Но если сопоставить слова Гальтона с разговорами о «пост-человеческом» будущем дизайнерских детей, которые ведут новые евгеники, в них видится некоторая правда. Ведь у Гальтона, в отличие от наших современников, есть одно оправдание: он не мог даже представить себе, к чему приведет евгеника в историческом масштабе.

Часть третья. Математика чистая и нечистая

Глава шестая. Роман с математикой

Для всякого, кто изучал хоть что-нибудь из высшей математики, нет ничего естественнее, чем применить к ней слово «красота». Математическая красота, подобная, скажем, красоте позднего бетховенского квартета, складывается из странности и неотвратимости. Абстракции с простыми определениями выявляют скрытые сложности и прихотливые повороты. Между никак не связанными на первый взгляд структурами обнаруживаются загадочные соответствия. Возникают навевающие жуть закономерности – и они навевают жуть даже после того, как их объясняют строгой логикой.

Эти эстетические впечатления до того сильны, что один великий математик – Г. Г. Харди – даже провозгласил подлинным оправданием для существования математики именно красоту, а не полезность. Для Харди математика была в первую очередь искусством, творчеством. «Создаваемые математиком образы, подобно образам художника или поэта, должны обладать красотой; подобно краскам или словам, идеи должны сочетаться гармонически. Красота служит первым критерием: в мире нет места безобразной математике», – писал он в своей классической книге «Апология математика», вышедшей в 1940 году.

Как же следует реагировать человеку, столкнувшемуся с красотой математики? Ощутить удовольствие – это несомненно; возможно, еще и благоговение. Томас Джефферсон на 66-м году жизни писал, что размышление над математическими истинами помогает ему «коротать утомительные годы заката жизни». Бертран Рассел, который в автобиографии не без мелодраматизма утверждал, что не покончил с собой лишь потому, что хотел дальше изучать математику, писал, что она обладает «красотой холодной и строгой, подобной красоте скульптуры... возвышенно чистой и способной к суровому совершенству». У многих других красота математики вызывает гораздо более теплые чувства. Вероятно, о чем-то таком писал и Платон в «Пире». Там Сократ рассказывает собравшимся у пиршественного стола гостям, как жрица Диотима посвятила его в тайны Эроса – так греки называли желание во всех его разновидностях. Одна из форм Эроса – сексуальное желание, возбуждаемое физической красотой конкретного любимого человека. По словам Диотимы, такая разновидность – низшая. Однако Эрот, отточенный философией, способен распространяться на все более высокие объекты. И предпоследний из них, непосредственно перед платоновской идеей самой Красоты – вечная и совершенная красота, открываемая математическими науками. У того, кто способен оценить ее, возникает желание ее воспроизвести – не биологически, а интеллектуально, «разрешиться от бремени» прекрасными идеями и теориями. С точки зрения Диотимы, как, должно быть, и самого Платона, на красоту математики следует отвечать той формой Эроса, которую мы зовем любовью (бессмысленное, но интересное совпадение: ближе к концу «Апологии математика» Г. Г. Харди рассказывает, что на красоту математики ему открыл глаза кембриджский профессор по фамилии *Love* – «Любовь»).

Вот, к примеру, Эдуард Френкель, русский вундеркинд-математик, который стал гарвардским профессором в 21 год, а сейчас преподает в Беркли, – непоколебимый платоник. Эротом проникнута его очаровательная книга воспоминаний «Любовь и математика» – своего рода платоновское любовное письмо математике. В детстве красота математики поразила Френкеля в самое сердце. А когда, не достигнув и двадцати, он совершил новое математическое открытие, это было «как первый поцелуй». Математика была его страстью и приносила ему радость даже тогда, когда казалось, что он никогда ничего не достигнет в мире науки из-за антисемитизма, царившего в СССР.

Френкель хочет, чтобы эту радость и эту страсть разделили все. Но тут возникает некоторое препятствие. Математика – наука трудная и абстрактная, ее красота большинству из нас, похоже, недоступна. По словам немецкого поэта Ханса Магнуса Энценсбергера, математика – «слепое пятно нашей культуры, чуждая территория, куда смогла проникнуть лишь элита, лишь немногие посвященные». Даже высокообразованные люди не без гордости признают, что ничего не смыслят в математике. Беда в том, что никто не познакомил их с ее шедеврами. Математика, которую преподают в школе и даже в колледже (скажем, введение в математический анализ), в основном стара – ей сотни и даже тысячи лет – и по большей части предполагает решение скучных задач при помощи трудоемких вычислений.

Между тем математики в наши дни в основном занимаются совсем другим. Примерно в середине XIX века в математике произошла своего рода революция: центр внимания сместился с вычислений на научной основе к свободному созданию новых языков и новых структур. Математические доказательства при всей своей строгой логике стали больше похожи на повествования с основным сюжетом, боковыми ответвлениями, поворотами и развязками. Такой математики большинство из нас никогда не видели. Да, она подчас обескураживает. Но великие произведения искусства, даже трудные, зачастую являют свою красоту даже непосвященным. Фуга Баха трогает даже тех, кто не знаком с теорией контрапункта.

Увлечение красотой высшей математики привело к тому, что Френкель и сам сыграл важную роль в самой увлекательной математической драме последних пятидесяти лет – в программе Ленглендса. Эту программу разработал в шестидесятые годы прошлого века канадский математик Роберт Ленглендс, работавший тогда в Институте передовых исследований в Принстоне (и унаследовавший кабинет Эйнштейна). Она претендует на звание теории великого объединения. По словам Френкеля, она содержит «исходный код всей математики». Однако за пределами математического сообщества о ней мало кто знает. Более того, о программе Ленглендса не знало большинство профессиональных математиков даже в девяностые, когда она оказалась задействована в доказательстве последней теоремы Ферма, ставшем сенсацией. А с тех пор она вышла за пределы чистой математики и вторглась в царство теоретической физики.

Френкель вырос в годы брежневского застоя в промышленной Коломне примерно в 100 километрах от Москвы. «В школе я ненавидел математику, – пишет он. – Меня восхищала физика, особенно квантовая физика». Подростком он поглощал научно-популярные книги по физике с их соблазнительными рассказами о субатомных частицах – адронах и кварках. Френкелю не давал покоя вопрос, почему фундаментальные частицы так головокружительно разнообразны, почему они распадаются на семейства определенных размеров. Ясность наступила лишь тогда, когда его родители, оба инженеры, устроили ему встречу со своим старым другом-математиком⁹. Математик объяснил ему, что порядок и логику в строительный материал вещества вносит так называемая «группа симметрий» – математический зверь, с которым Френкель в школе не сталкивался. «Это был момент прозрения, – вспоминает он. – Книги Евгения Евгеньевича открыли передо мной абсолютно другой мир, о существовании которого я даже не подозревал».

С точки зрения математика группа – это набор действий или операций, которые правильным образом сочетаются друг с другом. Что такое «правильным образом», объясняют четыре аксиомы теории групп, определяющие алгебраическую структуру группы. Например, одна из аксиом гласит, что для любого действия в группе существует другое действие в группе, которое его отменяет.

Важная разновидность групп – это группа *симметрий*. Именно с такими группами и столкнулся Френкель. Представьте себе, что у вас посередине комнаты стоит квадратный карточный стол. Интуитивно понятно, что этот предмет мебели в чем-то симметричен. Как сде-

⁹ Евгением Евгеньевичем Петровым. – Прим. пер.

лать это утверждение более точным? Если повернуть стол относительно центра ровно на 90 градусов, его внешний вид никак не изменится, и если кто-то вышел из комнаты и не видел, как стол поворачивают, то, вернувшись, не заметит никакой разницы (если на поверхности стола не было никаких пятен и царапин). То же самое верно, и если повернуть стол на 180, 270 и 360 градусов, причем в последнем случае стол опишет полный круг, а это эквивалентно тому, что его вообще не поворачивали.

Эти действия составляют группу симметрий карточного стола. Поскольку их всего четыре, группа конечна. Если бы стол был круглым, его группа симметрий была бы бесконечной, поскольку любой поворот – на 1 градус, на 45, на 132,32578 и т. д. – никак не повлиял бы на его внешний вид. Таким образом, группы – это способ измерить симметрию объекта: круглый стол с бесконечной группой симметрий симметричнее квадратного стола, чья группа симметрий состоит всего из четырех действий.

Однако (к счастью) дальше становится интереснее. Группы описывают симметрии, которые выходят за пределы простой геометрии, например, симметрии, скрытые в формуле или в семействе субатомных частиц. Подлинное могущество теории групп было впервые продемонстрировано в 1832 году, в письме к другу, которое наспех нацарапал двадцатилетний парижский студент и политический активист Эварист Галуа поздней ночью накануне гибели на дуэли (за честь женщины – и, весьма вероятно, от руки провокатора на службе правительства).

Эваристу Галуа открылся подлинно прекрасный способ обобщить понятие симметрии на мир чисел. Его *théorie des groupes* позволила решить классическую алгебраическую задачу, которая столетиями не давала покоя математикам, причем решение оказалось совершенно неожиданным. («Галуа не решал проблему... в том смысле, как об этом было принято думать. Он *хакнул* ее!», – пишет Френкель). Значение открытия Галуа выходит далеко за рамки задачи, которая стала его катализатором. Группы Галуа вездесущи в математической литературе, а сама идея группы зарекомендовала себя как, пожалуй, самое универсальное понятие в математике, проливающее свет на самые разные загадки. «Сомневаетесь – ищите группу!» – советовал великий Андре Вейль. Такое вот *cherchez la femme* в математике.

После такого «обращения» юный Френкель принялся изучать математику как одержимый («Именно так все и происходит, когда вы влюбляетесь»). Когда ему исполнилось 16 лет, настала пора поступать в университет. Идеальный вариант был очевиден – Московский государственный университет: его механико-математический факультет, сокращенно мехмат, был одним из ведущих центров по изучению чистой математики в мире. Однако дело было в 1984 году, за год до того, как Горбачеву предстояло прийти к власти, и все стороны жизни советского человека еще регулировала КПСС – в том числе и вопрос поступления в вуз. Отец Френкеля был евреем, и этого, как видно, оказалось достаточно, чтобы лишить его всякой возможности пробиться в МГУ (евреев крайне неохотно принимали во все сферы науки, так или иначе связанные с физикой; поговаривали, что государство опасается, что они наберутся знаний о ядерной программе, а потом эмигрируют в Израиль). Однако приемная комиссия сохраняла иллюзию честности и беспристрастности. Френкеля допустили до вступительных экзаменов, однако устный экзамен по математике обернулся пятичасовой садистической пыткой с абсурдными диалогами в духе Алисы в стране чудес. (Экзаменатор: «Каково определение окружности?» Френкель: «Окружность – это набор точек на плоскости, равноудаленных от данной точки». Экзаменатор: «Неправильно! Окружность – это набор *всех* точек на плоскости, равноудаленных от данной точки».)

Утешительным призом для Френкеля стало место в Московском институте нефти и газа (который цинично именовали Керосинкой), служившем тихой гаванью для студентов-евреев. Но Френкель признается, что тяга к чистой математике была в нем так сильна, что он, чтобы попасть на семинары в МГУ, пробирался на тщательно охраняемую территорию мехмата сквозь шестиметровую ограду, где в одном месте был отогнут прут. Вскоре незаурядные спо-

способности стяжали Френкелю известность среди московских математиков, и ему поручили работу над нерешенной задачей, из-за которой он надолго оказался на грани бессонницы. «А потом внезапно это случилось... Впервые в своей жизни я обладал чем-то, чего не было больше ни у кого в мире», – вспоминает он. Задача, которую он решил, относилась к другой разновидности абстрактных групп – группам кос, которые так называются, поскольку возникают из систем сплетенных кривых, и в самом деле очень похожих на переплетенные пряди волос.

Несмотря на этот и другие успехи, которых Френкель достиг еще в юности, профессиональные перспективы для него как для квази-еврея были туманными. Однако его таланты привлекли внимание зарубежных математиков. В 1989 году в его почтовом ящике оказалось неожиданное письмо от Дерека Бока, президента Гарвардского университета. В письме было обращение «доктор», хотя у Френкеля еще не было даже диплома о высшем образовании. Ему предложили почетную стипендию в Гарварде. «Раньше мне уже доводилось слышать о Гарвардском университете, но, должен признаться, в то время я не понимал его значимости в научном мире», – вспоминает Френкель. В возрасте всего 21 года Френкелю предстояло стать приглашенным профессором математики в Гарварде – безо всяких официальных обязанностей, кроме необходимости время от времени читать лекции о своей работе. Не меньшим сурпризом стало для него получение выездной визы СССР меньше чем за месяц: он стал одним из первых евреев-математиков, покинувших Советский Союз в эпоху перестройки (иногда эту волну называют исходом).

Адаптация к американскому образу жизни прошла у Френкеля достаточно гладко. Он дивился «капиталистическому изобилию» в проходах бостонского супермаркета, «приобрел крутейшие джинсы и плеер *Sony*», а чтобы изучить английский во всех его иронических нюансах, прилежно смотрел каждый вечер телешоу Дэвида Леттермана. А главное – в Гарварде он познакомился с другим евреем-эмигрантом из СССР, который и пригласил его в программу Ленглендса.

Программа Ленглендса, как и теория Галуа, началась с письма. Это письмо написал в 1967 году Роберт Ленглендс, которому тогда было едва за тридцать, коллеге из Института передовых исследований Андре Вейлю. Ленглендс выдвинул гипотезу о глубокой аналогии между двумя теориями, находившимися на противоположных концах математической вселенной – теорией групп Галуа, которая касается симметрий в мире чисел, и гармоническим анализом, который изучает, как из простых гармоник (партий отдельных инструментов) складываются сложные волны (скажем, звуки симфонии). В мире гармоник есть определенные структуры, так называемые автоморфные функции, которые откуда-то «знают» о загадочных закономерностях мира чисел. Таким образом, методы одного мира, вероятно, можно задействовать для выявления скрытых гармоний в другом, предположил Ленглендс. Впрочем, добавил ученый, если Вейль сочтет высказанные в письме догадки неубедительными, «не сомневаюсь, у вас под рукой найдется мусорное ведро».

Однако Вейль, авторитетная фигура в математике XX века (он умер в 1998 году в 92 года), оказался благодарным слушателем. В письме к сестре Симоне, написанном в 1940 году, он живо описал всю важность аналогий в математике. Ссылаясь на «Бхагавадгиту» (Вейль был еще и специалистом по санскриту), Андре рассказал Симоне, что подобно тому, как индийский бог Вишну обладал десятью разными обликами, простое на первый взгляд математическое равенство может выражаться в самых разнообразных абстрактных структурах. А тонкие аналогии между такими структурами он уподобил «внебрачным связям»: «мало что доставляет специалисту больше наслаждения». Между прочим, писал он из французской тюрьмы, где отбывал срок за дезертирство (после того как в Финляндии его чуть не казнили как шпиона).

Программа Ленглендса – это система предположений, которые призваны превратить подобные гипотетические аналогии в прочные логические мосты, связывающие разные математические острова в море невежества. А можно считать ее Розеттским камнем, с помощью

которого представители математических племен, обитающих на этих островах – специалисты по теории чисел, алгебраической геометрии и топологии – обретут общий язык и объединят свои понятийные ресурсы.

Гипотезы Ленглендса пока по большей части не доказаны (исключение – гипотеза Тани-ямы – Симуры, которую сформулировали в 1950-е годы два японских математика, а в 1990-е доказал англичанин Эндрю Уайлс, с ее помощью установивший истинность Великой теоремы Ферма). Так верны ли они, эти загадочные конъектуры? Среди математиков царит подлинно платоническая убежденность, что иначе быть не может. Как заметил Иэн Стюарт, программа Ленглендса – «математика той разновидности, что она должна быть истинной просто потому, что она такая красивая». Она способна обеспечить единство высшей математики, благодаря которому настанет новый золотой век, когда мы, по выражению Френкеля, наконец поймем, что такое математика.

Поскольку ученой степени у Френкеля не было, его пришлось на время «отстранить» от обязанностей гарвардского профессора и «понизить» до аспиранта, чтобы он написал диссертацию – что он и сделал всего за год. (Когда Френкель в 1991 году выпускался из Гарварда, его лично поздравил Эдуард Шеварднадзе, один из архитекторов перестройки, который тогда же получил степень почетного доктора.) Темой диссертации Френкеля стало доказательство теоремы, которая помогла открыть новую главу в программе Ленглендса, расширив ее из царства чисел в геометрическое царство криволинейных поверхностей вроде поверхности бублика или шара. (Это так называемые римановы поверхности – в честь математика XIX века Бернхарда Римана.)

Для реализации программы Ленглендса потребовалось вывернуть наизнанку и перевернуть с ног на голову многие знакомые математические понятия, даже такие фундаментальные, как натуральные числа. Возьмем, к примеру, число 3. Оно скучное, у него нет никакой внутренней структуры. А теперь предположим, что вместо числа 3 мы взяли «векторное пространство» трех измерений, то есть пространство, где каждая точка задается тройкой чисел, со своими собственными правилами сложения и умножения. Тут уже можно получить что-то интересное – структуру, в которой симметрий будет больше, чем в греческом храме. «Современная математика – это сотворение нового мира, в котором числа оживают в образе векторных пространств», – пишет Френкель.

Богаче стали и другие основные понятия. «Функции», с которыми вы, скорее всего, сталкивались на уроках математики в старших классах – помните $y=f(x)$? – превратились в экзотические сущности под названием «пучки». (За реформу языка математики в ответе по большей части Александр Гротендик, которого принято считать величайшим математиком второй половины XX века.)

Следующим ходом был вывод программы Ленглендса за пределы математики как таковой. В семидесятые годы было замечено, что одна из главных ее составляющих, двойственная группа Ленглендса, неожиданно возникает и в квантовой физике. Это всех удивило. Неужели те же закономерности, которые смутно просматриваются в мирах чисел и геометрии, имеют параллели в теории, описывающей фундаментальные силы природы? Френкеля потрясла сама возможность провести связь между квантовой механикой и программой Ленглендса, и он с жаром принялся исследовать эту задачу, чему способствовал многомиллионный грант, который он с коллегами получил в 2004 году от Министерства обороны – на сегодня это самый крупный грант на исследования по чистой математике. (Чистая математика не просто изящна и аккуратна, но еще и дешева: математику нужен мел и немного денег на дорожные расходы. А еще она открыта и прозрачна, поскольку в ней нет изобретений, которые можно патентовать.)

Так Френкель начал сотрудничать с Эдуардом Виттенем, которого принято считать величайшим физиком-теоретиком наших дней (к тому же он, как и сам Ленглендс, работает в Институте передовых исследований в Принстоне). Виттен – виртуоз теории струн:

современные физики опираются на эту теорию, чтобы объединить все силы природы, включая гравитацию, в один красивый математический «пакет». Виттен поразил Френкеля «нерушимой логикой» высказываний и «превосходным вкусом». Именно Виттен заметил, что «браны» (сокращение от «мембран»), существование которых постулируют теоретики струн, вероятно, аналогичны «пучкам» – изобретению математиков. Это открыло возможность для насыщенного диалога между программой Ленглендса, цель которой – объединение математики, и теорией струн, цель которой – объединение физики. Хотя энтузиазм по поводу теории струн несколько угас, поскольку ей не удалось, по крайней мере, пока, обеспечить рабочее описание Вселенной, связь с программой Ленглендса позволила сделать важные выводы об устройстве физики частиц.

Это был не первый случай, когда математические понятия, изучавшиеся за чистую красоту, впоследствии пролили свет на физический мир. «Как так может быть, что математика, будучи, в конце концов, продуктом человеческого разума, не зависящим от практического опыта, так восхитительно присуща объектам реального мира?» – изумлялся Эйнштейн. Френкель подходит к этому совсем иначе. С его точки зрения, математические структуры – это тоже «объекты реального мира», точно такие же реальные, как и все, что составляет физический и ментальный мир. Более того, они вовсе не продукты человеческого разума – они существовали вечно в собственном платоновском мире и лишь дожидались, когда математики их откроют. Убеждение, что математика обладает собственной реальностью, выходящей за пределы человеческого разума, не так уж редко среди ее адептов, особенно великих – так считают Френкель и Ленглендс, сэр Роджер Пенроуз и Курт Гёдель. Это убеждение коренится в наблюдениях над неожиданными проявлениями странных закономерностей и соответствий, намекающих на что-то скрытое и загадочное. Кто задал эти закономерности? Очевидно, это не наших рук дело.

Проблема с платоновским представлением о математике – причем Френкель с его мистическим мировоззрением вовсе не считает это проблемой – состоит в том, что математическое знание начинает восприниматься как чудо. Если математические объекты существуют отдельно от нас на каких-то платоновских небесах, выходящих за пределы физического мира пространства и времени, как человеческий разум «вступает с ними в контакт» и узнает что-то об их качествах и взаимоотношениях? Неужели все математики – экстрасенсы? Как заметил философ Хилари Патнэм, беда платонизма в том, что «он попросту не совместим с тем простым обстоятельством, что мы думаем мозгом, а не бестелесным духом».

Впрочем, пусть Френкель тешит своей платоновской фантазией. В конце концов, у каждого влюбленного масса романтических иллюзий об объекте своей любви. В 2009 году, когда Френкель был в Париже, поскольку получил премию *Chaire d'Excellence*, присуждаемую Парижским фондом математических наук, он решил снять короткометражный фильм о своей страсти к математике. Вдохновили его «Обряды любви и смерти» Юкио Мисимы, поэтому он назвал свой фильм «Обряды любви и математики». В этом немом фильме-аллегии в стиле театра но Френкель играет математика, который вывел формулу любви. Чтобы формула не попала в руки злодеев, он прячет ее от мира, а для этого татуирует бамбуковой палочкой на теле любимой женщины, а затем готовится принести себя в жертву ради защиты своего детища.

Премьера «Обрядов любви и математики» состоялась в Париже в 2010 году. Журнал *Le Monde* назвал его «ошеломительным короткометражным фильмом», который «представляет математиков в необычном романтическом свете». «Формулой любви» в этом фильме стало одно из открытий Френкеля (он вывел эту формулу, когда исследовал математические основания квантовой теории поля). Она прекрасна и грозна одновременно. И в нее входят всего три числа – единица, ноль и бесконечность. Не такова ли суть любви?

Глава седьмая. Аватары высшей математики

«Научные занятия чистой математикой... вероятно, требуют самого оригинального склада человеческого духа». Так заявил философ (и математик в прошлом) Альфред Норт Уайтхед. Но тогда странно, что те, кто занимается этой «наукой», все же ощущают потребность оправдать свое призвание, не говоря уже о средствах, которые выделяет им остальное общество на подобные занятия. Отметим, что Уайтхед упоминает именно чистую математику. Он не говорит о ее прикладной разновидности, которая культивируется за то, что приносит пользу эмпирическим наукам или применима в коммерческих целях (ее еще иногда пренебрежительно зовут «промышленной математикой»). Чистая математика не ведает подобных забот. Самые сложные ее проблемы коренятся в ее собственных внутренних тайнах.

Разумеется, время от времени исследования по чистой математике все же находят сугубо практическое применение. Золотая гусыня теории сносит золотое яйцо. Именно к такому свойству математики – порождать неожиданно полезные побочные продукты – и привлек внимание в 1959 году Эйбрахам Флекснер, основатель Института передовых исследований в Принстоне, в своей статье в журнале *Harper's Magazine* под названием «Полезность бесполезных знаний» (Flexner, A., *The Usefulness of Useless Knowledge*). Однако «аргумент золотой гусыни» (по выражению гарвардского историка Стивена Шейпина) не слишком по душе чистым математикам. В частности, британский математик Г. Г. Харди прямо-таки с презрением относился к мысли, что у «настоящей» математики должно быть практическое значение. В своей книге «Апология математика», вышедшей в 1940 году, которую Дэвид Фостер Уоллес по праву назвал «самым понятным прозаическим произведением о математике в истории английской литературы», Харди утверждал, что цель математики та же, что и цель искусства: создание внутренней красоты. Полнейшая бесполезность его специальности – теории чисел – приносила ему подлинное наслаждение. Несомненно, Харди, скончавшийся в 1947 году, был бы крайне огорчен, узнав, что его «чистую» теорию чисел вынудили служить грязным делишкам – стать основой открытого ключа криптографии, который позволяет покупателям посылать зашифрованную информацию о кредитной карте в интернет-магазины, не обмениваясь секретными ключами шифрования, благодаря чему стала возможной электронная коммерция с оборотом в триллионы долларов, а без его трудов в другой области математики – функциональном анализе – не удалось бы выстроить модель Блэка – Шоулза, при помощи которой на Уолл-стрит оценивают опционы.

Парадокс чистой математики на службе грубой коммерции не ускользнул от Майкла Харриса: название его мемуаров «Математика без апологий»¹⁰ (Harris, M., *Mathematics Without Apologies*) пародирует название классического труда Харди. Харрис – выдающийся американский математик средних лет, работающий в блистательно-чистой стратосфере, где встречаются алгебра, геометрия и теория чисел. «Главной задачей первой части моей карьеры, – пишет он, – была гипотеза Бёрча – Свиннертон-Дайера», которая «касается простейшего класса полиномиальных уравнений, эллиптических кривых, для которых не существует простого способа определить, конечно или бесконечно число их решений» (эллиптические кривые лишь на первый взгляд элементарны, а на самом деле обладают глубинной структурой, которая делает их бесконечно интересными). Почти всю свою профессиональную жизнь Харрис провел в Париже, и это очень заметно: его мемуары полны подлинно галльской интеллектуальной игры и к тому же содержат ссылки на фигуры вроде Пьера Бурдьё, Иссэ Мияке и Катрин Милле (которую он называет «сексуальной стахановкой»), к тому же в них упоминается бесконечное множество парижских светских приемов с шампанским, на которых «за первыми двумя бокалами

¹⁰ То есть «без извинений и оправданий». – Прим. пер.

сопоставляются математические записи, а дальше беседа переходит на университетскую политику и сплетни». Это озорной, остроумный и сардонический текст (в алфавитном указателе есть пункт *fuck-you money*, то есть деньги, позволяющие, мягко говоря, послать все к черту и жить безбедно). Он содержит увлекательные художественные отступления, например, анализ оккультной математической структуры романов Томаса Пинчона, и очаровательные маленькие интерлюдии из области элементарной математики, вдохновленные галантными попытками Харриса разъяснить суть теории чисел одной английской актрисе за званым ужином на Манхэттене.

Харрис начинает с несложного определения простого числа, а потом по кирпичику выстраивает на его основе объяснение вышеупомянутой гипотезы Бёрча – Свиннертон-Дайера, которую международная группа ведущих математиков на пресс-конференции в Париже в 2000 году объявила одной из семи «Задач тысячелетия», назначив за решение каждой из них награду в миллион долларов. Харрис со знанием дела описывает самые глубокие открытия в современной математике, особенно провидческие труды Александра Гротендика. И много говорит о «пафосе» математического призвания. Он крайне скептически относится ко всему, что принято считать причиной увлеченности чистой математикой – что она красива, истинна, вообще хороша, – и особенно пренебрежительно отзывается об утилитаристском подходе к математике в духе золотой гусыни. «Делать вид, будто исследования по чистой математике вдохновлены возможностью применить ее на практике, не просто нечестно, но и не в наших интересах», – замечает Харрис. И добавляет, что открытые ключи шифрования, сделав мир безопасным для «Амазона», погубили мелкие книжные магазинчики (впрочем, только в США, а не во Франции, где закон запрещает розничным интернет-торговцам предлагать бесплатную доставку книг, продаваемых со скидкой). И с подлинно олимпийским высокомерием пишет о внезапной популярности «финансовой математики», которая открывает путь к вторичному обогащению на Уолл-стрит: «Один мой коллега хвастался, что студентов программы по финансовой математике в Колумбийском университете по умолчанию ежедневно кормят свежими фруктами, сыром и шоколадным печеньем, а другие кафедры, в том числе моя парижская, считают за счастье предлагать своим дипломникам, которым вечно не хватает калорий, чай в пакетиках и горстку крекеров». Даже в элитарной французской Эколь Политехник – Политехнической школе – семьдесят процентов студентов-математиков мечтают сделать карьеру в финансах.

Не вызывает у Харриса особого почтения и претензия на то, что занятия чистой математикой оправданы ее красотой, как говорили и Харди, и множество его единомышленников. Харрис поясняет, что когда математики говорят о красоте, на самом деле они имеют в виду удовольствие. «Вне этой области, где царит блаженная лень, считается дурным тоном признавать, что нас вдохновляет удовольствие, – пишет Харрис. – А чтобы примирить столь низменный мотив с “возвышенными умственными привычками”, можно прибегнуть к доводам эстетики».

Тогда с какой стати общество должно платить горстке людей за творческие упражнения в том, что доставляет им удовольствие? «Если бы меня спросил об этом государственный чиновник, – отвечает Харрис, – я бы заявил, что математики, как и прочие ученые, нужны в университетах, где они учат ограниченное количество студентов приемам, необходимым для развития технологического общества, а несколько большее количество студентов занимают курсы, которые призваны развеять иллюзии излишне самонадеянных претендентов на особенно популярные профессии (подобно тому как экзамен по началам математического анализа в США обязателен при приеме в медицинские школы)». На самом деле математический анализ врачам не нужен, но Харрис хотя бы соглашается, что инженерам, экономистам и руководителям службы материально-технического снабжения не обойтись без солидных знаний по математике, даже если с его точки зрения эта математика тривиальна.

Наконец, предполагается, что математика ценна тем, что она истинна. Со времен древних греков математика воспринимается как парадигма познания – она точна, необходима и не подвержена влиянию времени. Но о познании чего идет речь? Описывают ли истины, которые открывают математики, вечное высшее царство объектов – идеальных окружностей и тому подобного – существующих в общем и целом независимо от математиков, которые их изучают? Или математические объекты – на самом деле конструкции, созданные человеком, и существуют лишь в нашем сознании? А может быть – еще радикальнее – чистая математика не описывает вообще никаких объектов и это просто изысканная игра формальных символов, в которую играют при помощи карандаша и бумаги?

Вопрос о том, что же такое математика, не дает покоя философам, но не слишком тревожит Харриса. Философы, занимающиеся проблемами математического существования и истинности, утверждает он, как правило, не обращают особого внимания на то, чем, собственно, занимаются математики. Он пристрастно противопоставляет «философию Математики» (с заглавной «М») – «чисто гипотетический субъект, придуманный философами» – «философии математики» (со строчной «м»), отправной точкой которой служат не априорные вопросы эпистемологии и онтологии, а деятельность трудящихся математиков.

Тут Харрис несколько лукавит. Он почему-то не упоминает, что стандартные противоположные точки зрения в философии математики изначально сформулировали не философы, а математики, более того, некоторые величайшие математики минувшего столетия. Отцом «формализма», считающего высшую математику игрой в формальные символы, стал Давид Гильберт, «супергигант», по оценке Харриса. А за «интуиционизмом», согласно которому числа и другие математические объекты – мысленные конструкции, стоят Анри Пуанкаре (тоже «супергигант»), Герман Вейль и Л. Э. Я. Брауэр. Бертран Рассел и Альфред Норт Уайтхед занимали так называемую позицию «логицизма» и в своих фундаментальных *Principia Mathematica* стремились показать, что математика – это просто переодетая логика. А Курт Гёдель отстаивал «платонизм», согласно которому математика описывает вечное и идеальное царство объектов, существующих вне нашего сознания, подобно платоновскому миру форм.

Все эти титаны математики были страстно увлечены философией «Математики с большой буквы», по выражению Харриса. Жаркие споры между ними и их сторонниками разгорелись особенно сильно в двадцатые годы и зачастую переходили на личности. Удивляться здесь нечему: математика того времени переживала «кризис» в результате целой череды открытий, способных подорвать любую уверенность, например, появления неевклидовых геометрий и открытия парадоксов в теории множеств. Возникло ощущение, что под математику нужно подвести новый прочный фундамент, иначе старому идеалу несомненности настанет конец. Под вопросом оказался сам способ заниматься математикой – какие типы доказательств можно признавать и какие применения бесконечности допускать.

И по техническим, и по философским причинам ни одна из конкурирующих фундаментальных программ начала XX века не была признана удовлетворительной (в частности, теоремы о неполноте Гёделя привели к непреодолимым проблемам и для формализма Гильберта, и для логицизма Рассела и Уайтхеда: грубо говоря, теоремы о неполноте говорят, что непротиворечивость правил математической «игры» Гильберта в принципе недоказуема, а логическая система наподобие системы Рассела и Уайтхеда не способна вместить в себя все математические истины). Вопросы математического существования и истинности остались без ответа, и философы по-прежнему размышляли над ними, пусть и безрезультатно, свидетельством чему служит откровенное название статьи Хилари Патнэма, вышедшей в 1979 году: «Философия математики, или Почему ничего не получается» (Putnam, H., *Philosophy of Mathematics: Why Nothing Works*).

С точки зрения Харриса все это несколько *vieux jeu*. Ощущение кризиса в профессии, такое острое меньше века назад, несколько померкло, старые трудности удалось либо кое-как

преодолеть, либо замаскировать. Если спросить у современного математика, к какой партии он принадлежит, ответом, как в анекдоте, будет, что он платоник по будням и формалист по выходным. То есть математики во время работы над математическими задачами считают, что имеют дело с реальностью, не зависимой от сознания, но когда у них появляется настроение поразмышлять абстрактно, многие утверждают, что математика – всего лишь бессмысленная игра с формальными символами.

Сегодня сдвиги парадигм в математике имеют отношение скорее к поиску более совершенных методов, чем к кризису. Например, бытует мнение, что всю математику можно выстроить из теории множеств. Теория множеств отталкивается от простой идеи, что что-то одно – элемент чего-то другого, и показывает, как на самом скромном материале можно создавать структуры бесконечной, как видно, сложности – системы чисел, геометрические пространства, нескончаемую иерархию бесконечностей. Например, число 0 определяется как «пустое множество», то есть множество, в котором нет ни одного элемента. Число 1 можно определить как множество, которое содержит один элемент – 0 и больше ничего. Число 2, следовательно, можно определить как множество, содержащее 0 и 1, и так далее – каждое следующее число содержит множества для всех предыдущих чисел. Таким образом, числа перестают быть началом начал и рассматриваются как просто множества постепенно усложняющейся структуры.

В 1930-е годы компания блестящих молодых парижских математиков, в которую входил и Андре Вейль, составила заговор с целью укрепить здание математики, перестроив его на логическом фундаменте теории множеств. Этот проект под коллективным *nom de guerre* Бурбаки просуществовал несколько десятков лет и породил целую череду толстых трактатов. Следствием его деятельности стала, в частности – как ни безумно это звучит – реформа школьного образования в 1960-е годы и введение «новой математики», которая выбила почву из-под ног американских школьников и их родителей, поскольку интуитивное представление о числе заменили непонятным жаргоном теории множеств.

Физики говорят о поисках «теории великого объединения»¹¹ – и конечно, теория множеств отличается такой сокрушительной обобщенностью, что вполне может показаться «теорией объединения теорий всего». Именно такой она и виделась членам Бурбаки. Однако через несколько десятков лет после запуска программы в их среду затесался выдающийся математик Александр Гротендик – и все преобразил. Он создал новый стиль чистой математики, головокружительно абстрактный и не менее плодотворный. Гротендика стали считать величайшим математиком последнего полувека задолго до его кончины в 2014 году – он умер в возрасте 86 лет отшельником в Пиренеях. Как отмечает Харрис, Гротендика с полным правом можно назвать не только величайшим, но и самым романтичным из математиков: «Его история – готовое художественное произведение».

Даже сухие факты его биографии будоражат воображение. Александр Гротендик родился в Берлине в 1928 году. Его родители были активными анархистами. Отец Гротендика, еврей из России, принимал участие и в восстании против царизма в 1905 году, и в революции 1917 года. Он избежал тюремного заключения при большевиках, дрался с приспешниками нацистов на улицах Берлина, сражался на стороне республиканцев во время Гражданской войны в Испании (вместе с матерью Гротендика) и после капитуляции Франции был депортирован из Парижа в Освенцим, где и погиб.

Мать Гротендика была нееврейка родом из Гамбурга. Она вырастила сына на юге Франции. Там мальчик проявил талант и к математике, и к боксу. После войны он отправился в Париж и изучал математику у великого Анри Картана. Сначала Гротендик работал в Сан-Паулу и в Канзасе, затем в Гарварде, а в 1958 году получил приглашение в Институт высших научных исследований, который был недавно основан одним частным предпринимателем и нахо-

¹¹ Сейчас эту теорию называют также единой теорией поля. – *Прим. науч. ред.*

дился под Парижем, в лесах Буа-Мари. Там Гротендик провел следующие двенадцать лет и все это время перестраивал ландшафт высшей математики, поражая своих высоколобых коллег и юных учеников.

Гротендик был мужчина внушительный – бритоголовый красавец, суровый и при этом обаятельный. Его беспощадный минимализм проявлялся и в презрении к деньгам, и в монашеской манере одеваться. Непреклонный пацифист и антимилитарист, он в 1966 году отказался ехать в Москву на Международный конгресс математиков, чтобы получить медаль Филдса – высочайшую награду по математике. Однако на следующий год он все-таки отправился в Северный Вьетнам, где читал лекции по чистой математике в джунглях студентам, эвакуированным из Ханоя из-за американских бомбежек. Он (по собственной воле) почти всю жизнь не занимал никаких должностей, стал отцом троих детей в браке и двоих вне брака, основал радикально-экологическую группировку *Survivre et Vivre* и один раз был арестован за то, что отправил в нокаут двоих жандармов на политической демонстрации в Авиньоне.

Из-за своих непоколебимых и зачастую параноидальных принципов Гротендик в конце концов оказался изгоем во французских математических кругах. В начале девяностых он скрылся в Пиренеях, где, как сообщала горстка его поклонников, сумевших выследить своего кумира, провел оставшиеся годы, питаясь супом из одуванчиков и размышляя о том, как метафизические злые силы рушат божественную гармонию мира, для чего, по всей видимости, слегка изменяют скорость света. Говорили, что за ним присматривают жители окрестных деревень.

Представления Гротендика о математике заставили его разработать новый язык или даже, возможно, идеологию, позволяющую выразить доселе невообразимые мысли. Он первым сформулировал принцип, согласно которому знать математический объект – все равно что знать его отношения со всеми другими объектами того же рода. Иначе говоря, если хотите знать подлинную природу математического объекта, не заглядывайте внутрь него, а поглядите, как он играет с приятелями.

Такая «однородная группа» математических объектов называется категорией – подчеркнутый поклон Аристотелю и Канту. Например, категория может состоять из абстрактных поверхностей. Эти поверхности как-то взаимодействуют, то есть существуют естественные способы переходить с одной на другую и обратно с учетом их общей формы. Скажем, если у двух поверхностей одинаковое число отверстий, как у бублика и кофейной чашки, одна поверхность математически может быть гладко трансформирована в другую.

А можно представить себе категорию разных алгебраических систем, для которых существует операция, подобная умножению; эти алгебры тоже как-то взаимодействуют – в том смысле, что существуют естественные способы переходить из одной в другую с учетом их общей структуры умножения. Такие двусторонние отношения между объектами, сохраняющие структуру, называются морфизмами, а иногда, чтобы подчеркнуть их абстрактную природу, «стрелками». Они определяют общие очертания взаимодействий в пределах категории.

Тут начинается самое интересное: взаимодействиям в одной категории, например, в категории поверхностей, могут тонко подражать взаимодействия в другой, например, в категории алгебр. То есть взаимодействуют уже категории – существует естественный способ переходить из одной в другую и обратно, и он называется функтор. Вооружившись подобным функтором, можно делать очень общие суждения об обеих категориях, не вдаваясь в утомительные подробности природы каждой из них. Можно также отметить, что поскольку категории взаимодействуют друг с другом, они сами составляют категорию – категорию категорий.

Теорию категорий придумали в сороковые годы Сондерс Маклейн из Чикагского университета и Сэмюэль Эйленберг из Колумбийского университета. Поначалу многие математики отнеслись к ней с сомнением и даже прозвали «абстрактной чушью». Разве может такой разжиженный подход к математике, из которой отцежено практически все ее классическое содер-

жание, привести к чему-то, кроме стерильности? Однако Гротендик заставил его засверкать всеми гранями. С 1958 по 1970 год он работал над тем, чтобы при помощи теории категорий создавать новаторские структуры беспрецедентной насыщенности. С тех пор высокоумные абстракции теории категорий нашли применение в теоретической физике, информатике, логике и философии. Французский философ Ален Бадью с восьмидесятых годов опирается на теорию категорий (причем опирается как квалифицированный математик) при исследовании идей бытия и трансцендентности.

Проект Гротендика начался еще с Декарта – это объединение алгебры и геометрии. Их уподобляют инь и ян математики: геометрия – пространство, алгебра – время, геометрия – как живопись, алгебра – как музыка и так далее. Выражаясь не так изысканно, геометрия занимается формами, а алгебра – структурами, в частности, структурой, скрытой в уравнениях. И как показал Декарт, когда изобрел «декартову систему координат», уравнения способны описывать формы: например, уравнение $x^2 + y^2 = 1$ описывает окружность с радиусом 1. Оказывается, алгебра и геометрия связаны теснейшим образом и обмениваются «нежными ласками», по выражению Андре Вейля.

Благодаря проницательности Вейля в сороковые годы стало очевидно, что диалектические отношения между алгеброй и геометрией позволяют найти ответ на некоторые самые неподатливые загадки математики. А труды Гротендика подняли эту диалектику на такие высоты абстракции – говорят, они страшили даже великого Вейля – что математикам открылось новое понимание этих загадок. Гротендик заложил основы для многих величайших математических открытий последних десятилетий, в том числе для доказательства Великой теоремы Ферма в 1994 году – колоссального интеллектуального достижения, чья практическая и коммерческая ценность равна нулю.

Гротендик преобразил современную математику. Однако по большей части это преобразование – заслуга его куда менее известной предшественницы Эмми Нётер. Именно Эмми Нётер, родившаяся в Баварии в 1882 году, во многом создала абстрактный подход, вдохновивший теорию категорий¹². Однако она была женщиной в мужском научном мире, и ей отказали в должности профессора в Гёттингене, а факультетские блюстители традиций пытались запретить ей даже читать бесплатные лекции, что и заставило Давида Гильберта, главу немецких математиков, заметить: «Не вижу причин, почему ее пол мешает ей занять эту должность. У нас же университет, а не баня». Эмми Нётер была еврейка, поэтому, когда власть захватили нацисты, бежала в США, где преподавала в Брин-Морском колледже до самой своей смерти (она скончалась от острой инфекции в 1935 году).

У Нётер от природы была интеллектуальная привычка решать задачи, восходя на все более высокие уровни обобщения, и эту склонность разделял и Гротендик, который, как говорили, любил решать задачи не «клин клином вышибая», а повышая уровень моря абстракций, в которых проблема «тонула и растворялась». В его системе представлений знакомые объекты изучения математиков – уравнения, функции, даже геометрические точки – возрождались в виде гораздо более сложных и гибких структур. Все старое казалось лишь тенями, или, как предпочитал называть их Гротендик, «аватарами» нового. (Изначально аватара – земное воплощение индуистского бога; у многих французских математиков при выборе терминов проявлялась слабость к индуистской метафизике, что, вероятно, объясняется авторитетом Андре Вейля, который был не только математиком, но и специалистом по санскриту.)

Процесс этот наблюдался отнюдь не в единичных случаях. Каждая новая абстракция непременно оказывалась аватарой абстракции высшего порядка. Как пишет Майкл Харрис, «Доступные понятия интерпретируются как аватары недоступных концепций, которые мы пытаемся уловить». А когда математики улавливают новые понятия, они поднимаются по

¹² И это было только одно из ее выдающихся достижений – см. эссе «Прекрасная теорема Эмми Нётер», стр. 346.

«лестнице» абстракций все выше и выше. Вот на это, утверждает Харрис, и стоит обратить внимание философам: «Если бы вы спросили, какая характеристика современной математики настойчиво требует философского анализа, я бы посоветовал взобраться по лестницам понятий и аватар в поисках смысла, а не искать прочные основания».

А что же там, на самом верху этой лестницы? Вероятно, с лукавой серьезностью предполагает Харрис, там таится «Великая Теорема», из которой и проистекает вся математика, «нечто порядка *сансара* = *нирвана*». Но достичь ее невозможно, поскольку к ней ведет бесконечное множество ступеней.

Вот она, драма математики. В отличие от теоретической физики, которая может надеяться на обретение «окончательной теории», описывающей все силы и частицы Вселенной, чистая математика вынуждена признать, что ее поиски истины в последней инстанции ни к чему не приведут. Как отмечает Харрис, «За каждым сорванным покровом таится следующий покров». Математика обречена, по выражению Андре Вейля, на бесконечный цикл «познания и безразличия».

Но не исключено, что все еще хуже. Благодаря второй теореме о неполноте Гёделя, той, которая, грубо говоря, гласит, что математика никогда не докажет собственную непротиворечивость, математики не могут быть абсолютно уверены, что аксиомы, лежащие в основе их трудов, не содержат какое-то логическое противоречие, которое пока никто не обнаружил. Математик Владимир Воеводский, родившийся в Советском Союзе, в своей речи по случаю восьмидесятилетия Института передовых исследований назвал такую возможность «крайне тревожной для любого рационально мыслящего человека». И в самом деле, открытие подобного противоречия может стать смертельным ударом для чистой математики, по крайней мере в том виде, в каком мы знаем ее сейчас. Тогда размоется грань между истинным и ложным, рухнет лестница аватар, а Великая Теорема примет поистине ужасающую форму $0=1$.

Но интернет-торговля и финансовые инструменты при этом, как ни странно, не страдают.

Глава восьмая. Бенуа Мандельброт и открытие фракталов

Бенуа Мандельброт, блистательный польско-франко-американский математик, умерший в 2010 году, обладал поистине поэтическим вкусом к сложности и странности. Гениальное умение подмечать глубинные связи между далекими на первый взгляд явлениями подтолкнуло его к созданию новой области геометрии, расширившей наше понимание как природных форм, так и закономерностей поведения человека. В основу открытия Мандельброта легла простая, но неочевидная мысль о самоподобии. Чтобы понять, что такое самоподобие, рассмотрим всем известный пример – цветную капусту. Возьмите головку этого овоща, изучите ее форму, и вы увидите, что она состоит из соцветий. Отломите одно соцветие. На что оно похоже? На маленькую головку цветной капусты, тоже состоящую из крошечных соцветий. Отломите крошечное соцветие. На что оно похоже? На малюсенькую головку цветной капусты. Если продолжить этот процесс, вскоре потребуется лупа, и вы обнаружите, что все более мелкие кусочки по-прежнему напоминают головку, с которой вы начали. Таким образом, говорят, что головка цветной капусты самоподобна. Каждая ее часть повторяет целое.

В природе встречаются и другие самоподобные предметы и явления, обладающие самой разной формой: облака, береговые линии, молнии, скопления галактик, сеть кровеносных сосудов в нашем организме, а может быть, и последовательности взлетов и падений на финансовом рынке. Чем ближе мы присматриваемся к береговой линии, тем яснее видно, что она не плавная, а зазубренная, и каждый зазубренный сегмент содержит более мелкие и такие же зазубренные сегменты, которые можно описать методами Мандельброта. Поскольку самоподобные формы по природе своей приблизительны и грубоваты, классическая математика не обладает инструментарием для работы с ними. Ее методы со времен древних греков до прошлого столетия лучше подходят для гладких форм вроде окружностей. (Обратите внимание, что окружность не самоподобна: если разбить ее на сегменты чем дальше, тем мельче, то в конце концов они будут практически прямыми).

Математика, описывающая грубые шероховатые формы и способная работать с самоподобием и родственными материями вроде турбулентности, шума, кластеризации и хаоса, появилась лишь в последние десятилетия. И ее перводвигателем стал Мандельброт. На протяжении своей карьеры он часто переезжал, но дольше всего пробыл исследователем в *IBM* на севере штата Нью-Йорк. В конце семидесятых он прославился популяризацией идеи самоподобия и изобретением термина «фрактал» (от лат. *fractus* – «разбитый, сломанный»), описывающего самоподобные формы. В восьмидесятые он открыл «множество Мандельброта», очертания которого (оно похоже то ли на жучка, то ли на бородавчатого снеговика) стали символом вошедшей в моду науки о хаосе. Гораздо менее известен другой факт из биографии Мандельброта: его подрывные труды по экономике. Финансовые модели, которые он создал на основе своих фракталов, предполагали, что рынки ценных бумаг и валют гораздо более рискованны, чем считалось в те времена в бизнес-школах и инвестиционных банках, и что неизбежны непредсказуемые завихрения, например, падение индекса Доу – Джонса на 777 пунктов 29 сентября 2008 года.

С этими сторонами карьеры Мандельброта я познакомился еще до того, как прочитал его мемуары «Фракталист. Воспоминания ученого-одиночки» (Mandelbrot, B., *The Fractalist: Memoir of a Scientific Maverick*), изданные посмертно в 2012 году: Мандельброт закончил черновик незадолго до кончины в возрасте 85 лет. Я знал о его репутации «чудака-одиночки» и «нарушителя спокойствия», вполне заслуженной, невзирая на долгие годы работы в *IBM*. Однако я не был готов к тому, с каким невероятным количеством людей он так или иначе сотрудничал за свою карьеру. Возьмем неполный список тех, кто упоминается в его мемуарах: Маргарет Мид, Валери Жискар д'Эстен, Клод Леви-Стросс, Ноам Хомский, Роберт Оппенгей-

мер, Жан Пиаже, Фернан Бродель, Клаудио Аббадо, Роман Якобсон, Джордж Шульц, Дьёрдь Лигети, Стивен Джей Гульд, Филип Джонсон и японская императрица.

Не знал я и о том, что анархистские выходки Мандельброта в *IBM* по меньшей мере отчасти стали причиной появления этого проклятия современной жизни – компьютерного пароля. Однако больше всего меня поразила незаурядная интуиция Мандельброта. Он снова и снова находил простоту и даже красоту там, где другие видели лишь безнадежную путаницу. В чем его секрет? Любовь к игре в картинки, опора на видимое: «Когда я что-то ищу, то смотрю, смотрю, смотрю...»

Мандельброт родился в 1924 году в еврейской семье, жившей в Варшаве. Его родители не отличались математическими талантами. Отец торговал дамскими чулками, а мать была ассистенткой зубного врача благодаря «сильной правой руке и мощным бицепсам» – она отлично вырывала зубы. Зато дядя Мандельброта Шолем был математиком международного класса, учился в Париже и преподавал в Коллеж де Франс. «Никто не оказал на мою научную жизнь такого влияния, как Шолем», – рассказывает Мандельброт, хотя на поверку дядино влияние оказалось довольно-таки неожиданным.

Описывая свое варшавское детство, Мандельброт живо вспоминает, к примеру, навозную вонь, которую испускал один из стоматологических пациентов его матери, мясник с местной бойни; все зубы у него были гнилые, а в уплату за лечение он снабжал семью свежим мясом. Когда настала Великая депрессия, отцовскому делу пришел конец, и в результате семья уехала из Польши в Париж, проехав по территории гитлеровской Германии в запертом вагоне. «Из всех наших знакомых одни мы уехали во Францию и спаслись», – пишет Мандельброт и добавляет, что многих их соседей по варшавскому гетто «удержали на месте драгоценный фарфор или невозможность продать концертный рояль “Бёзендорфер”».

Париж совершенно очаровал юного Мандельброта. Семья поселилась в квартире, где не было горячей воды, в неблагополучном тогда Бельвиле близ парка Бют-Шомон, однако мальчик жадно исследовал город в целом – и Лувр, и старый музей науки на рю-Сен-Мартен, и Латинский квартал. Он быстро выучил новый язык. Как-то раз отец притащил домой «устарелую многотомную энциклопедию “Ларусс” и переплетенные дополнения к ней за несколько десятков лет. Я мгновенно прочитал все от корки до корки». Хотя в лицее, где учился Мандельброт, говорили на литературном французском, он нахватался «парижского кокни», на котором *marrant* («смешной») звучало как *marron* («коричневый»). В результате, по его словам, «разговорный французский у меня так и не установился и до сих пор сохранился акцент, который то усиливается, то слабеет и не всегда уловим».

В школе Мандельброт зарекомендовал себя как *un crack* («отличник» на сленге) и даже *un taupin*: «Лингвистически это усиленная до предела форма американского *nerd* (заучка, “ботаник”», – поясняет он. (Это слово происходит от французского *taupe* – «крот».) От сверстников его выгодно отличала способность «геометризовать» любую задачу. Он не тасовал формулы в отличие от одноклассников, а при помощи поразительной зрительной памяти буквально видел, что сложное уравнение содержит замаскированную простую форму. Мандельброт рассказывает, как на национальном конкурсе оказался единственным во Франции школьником, которому удалось решить одну особенно заковыристую задачку. «Как ты умудрился? – недоумевал его учитель, некий месье Понс. – Взять этот тройной интеграл за такое время не в силах человеческих!» Мандельброт сообщил учителю, что просто изменил координаты, в которых была задана задача, и тогда стала видна ее геометрическая сущность – сфера, – на что месье Понс только побрел прочь, бормоча: «Ну конечно, конечно, конечно!»

Откуда же взялся у Мандельброта этот геометрический внутренний голос? Сам ученый предполагал, что это как-то связано с его детским увлечением шахматами и географическими картами. Кроме того, он благодарит за это «устаревшие» учебники по математике, которые попали в руки подростку-эмигранту и содержали больше картинок, чем было принято в школь-

ных учебниках в те годы (и сейчас). «Изучение математики по таким учебникам позволило мне близко познакомиться с огромным зоопарком весьма конкретных форм всякого рода, собранным за многие столетия, – рассказывает Мандельброт. – Я мог мгновенно их распознавать даже в аналитических маскарадных костюмах, “чуждых” как мне, так и, пожалуй, их первоначальной природе».

Когда разразилась Вторая мировая война, Мандельброту было четырнадцать. После капитуляции Парижа его семья бежала в Виши, где Мандельброты как евреи-иностранцы жили в постоянном страхе разоблачения и вскоре были вынуждены разделиться. Под поддельными документами на чужое имя Мандельброт изображал ученика слесаря в нищей деревушке в Лимузине (где к его смеси трущобного парижского жаргона с литературным французским прибавились еще и следы сельского говора). Когда его едва не арестовали, он перебрался в Лион, где под носом у Клауса Барбье оттачивал свои геометрические таланты под руководством преданного своему делу учителя в местном лицее.

В то время Мандельброт задумал, по его собственному выражению, «кеплеровскую миссию». За триста лет до этого Иоганн Кеплер осмыслил нерегулярное на сторонний взгляд движение планет простым геометрическим решением: он предположил, что их орбиты не круглые, как считалось с древних времен, а имеют эллиптическую форму. Подростком Мандельброт «от всего сердца восхищался» достижениями Кеплера и мечтал и сам совершить нечто подобное – навести порядок в какой-нибудь нехоженой научной области одним смелым геометрическим ударом.

И в послевоенном Париже Мандельброт принялся за свои изыскания всерьез. Дядя Шолем уговорил его поступать в Высшую нормальную школу, Эколь Нормаль Сьюпериор, самое утонченное высшее учебное заведение во Франции, куда Мандельброт и был принят в возрасте двадцати лет (это удастся лишь одному из двадцати абитуриентов-французов). Однако там математику преподавали настолько сурово и абстрактно, что это ему не подошло. В то время в Эколь Нормаль – которая, как тогда поговаривали, «на словах нормальная (*normale*), а претендует на превосходство (*supérieure*)», – преобладали взгляды полусекретной группировки под названием Бурбаки (в качестве шуточного псевдонима ученые взяли фамилию незадачливого французского генерала, жившего в XIX веке, который как-то раз хотел пустить себе пулю в лоб, но промахнулся). Главой этого кружка был Андре Вейль, один из величайших математиков XX века (и брат Симоны Вейль).

Целью Бурбаки было очистить математику, выстроить ее заново на идеальном логическом фундаменте, не затронутом интуицией физики или геометрии. Секту Бурбаки и особенно Вейля Мандельброт считал «прямо-таки отвратительными». Геометрию, без которой была немыслима кеплеровская мечта Мандельброта, они считали мертвой ветвью математики, годящейся разве что для детей. Поэтому на второй день обучения в Эколь Нормаль Мандельброт подал заявление об отчислении. Дядю Шолема такое решение глубоко возмутило, но это лишь укрепило решимость Бенуа. Шолем был «благоразумным конформистом и быстро примкнул к Бурбаки, поскольку было ясно, что этот кружок вскоре обретет огромный авторитет», а самого себя Мандельброт не без мании величия, как он и сам признает, считал «несогласным», которому предстояло преодолеть их косность. Чтобы продвинуться к своей цели, Мандельброт поступил в другую знаменитую французскую высшую школу – Эколь Политехник, где учился инженерный цвет нации. В то время она находилась в Латинском квартале, за великолепными воротами по адресу рю-Декарт, 5, и порядки в ней были, как в военной академии. Мандельброту выдали форму, в том числе «смутно напоминающую Наполеона» треуголку и столетней давности шпагу, которую он носил на церемониальных парадах в честь разных высокопоставленных лиц, в том числе Хо Ши Мина, который прибыл во Францию с визитом. Кроме того, он получил полагавшееся государственным служащим денежное довольствие на карманные расходы. «Это помогает ответить на вопрос, который мне часто задают американские родители

и учителя: “Почему французские студенты в двадцать лет знают математику настолько лучше американских?” На это можно ответить: “Потому что их, в сущности, подкупают”».

Окончив Эколь Политекник с дипломом, соответствовавшим степени магистра, Мандельброт совершил очередной необъяснимый поступок (по крайней мере с точки зрения дяди Шолема). Он поехал в Калифорнийский технологический институт в Пасадену, чтобы изучать там гидроаэродинамику. Гидроаэродинамика занимается движением жидкостей и газов, например воды и воздуха, вокруг препятствий под воздействием различных сил. Эта область математики славится своей сложностью. А самая трудная задача гидроаэродинамики – это турбулентность: почему шквал ветра склонен разделяться на нерегулярные порывы, а в реках образуются водовороты. Нет ли какого-то геометрического принципа, который объяснил бы, как плавный поток вдруг сменяется непредсказуемой на первый взгляд турбулентностью? У этой задачи определенно был желанный кеплеровский оттенок. К несчастью, оказалось, что Теодор фон Карман, светило гидроаэродинамики, ради стажировки у которого Мандельброт и отправился в Пасадену, укатил в отпуск в Париж.

Вернувшись во Францию, Мандельброт, который из-за польского происхождения и квази-военной службы в Эколь Политекник столкнулся с такими же трудностями в самоопределении в обществе, как и в математике, «угодил в распахнутые объятия французской авиации». Его пребывание в школе молодого бойца на авиабазе в Нантере, которую он называл *Camp de la Folie* («Лагерь безрассудства»), было сплошной бюрократической комедией. «Я представился капитану. Он был всего пять футов росточком и терпеть не мог шестифутовых верзил, особенно когда они были ниже его по чину. Он потребовал мои документы. “В этом письме говорится лишь, что вы получили направление на базу. Такие бумаги имеет право подписывать только президент Франции”». Когда недоразумение было улажено, начальник авиабазы назначил Мандельброта связующим звеном между базой и научным сообществом. «Я исполнял обязанности спустя рукава, – пишет ученый, – и все были в восторге». Параллельно Мандельброт увлекся классической музыкой и ходил в Париже на концерты Джордже Энеску и «молодого худенького (!) флейтиста по имени Жан-Пьер Рампаль». Когда Мандельброт стал знаменитым, эта страсть позволила ему подружиться с великими дирижерами Шолти и Аббадо и композиторами Лигети и Чарльзом Вуориненом, на чьи сочинения повлияли мандельбротовские идеи фрактального самоподобия.

Уволившись из авиации и так и не получив докторскую степень, Мандельброт, которому было уже 26, стал «не первой молодости» аспирантом в Парижском университете, «находившемся тогда в одной из низших точек своей долгой и зачастую славной истории». Первые проблески кеплеровской мечты Мандельброт уловил, когда выбирал тему для диссертации. В один прекрасный день дядя Шолем, который к этому моменту уже списал племянника со счетов и полагал, что для математики он потерян, с презрением достал из мусорного ведра и вручил юному Бенуа репринт статьи о каком-то законе Ципфа. Этот закон был детищем эксцентричного гарвардского лингвиста Джорджа Кингсли Ципфа и описывал частоту появления разных слов в письменных текстах – статьях, книгах и так далее. Самое частотное слово в английском языке – *the*, за ним следует *of*, а дальше *and*. Ципф проранжировал подобным образом все слова в целом ряде письменных текстов и затем нанес частотность их употребления на график. Получилась кривая неправильной формы. Казалось бы, слова должны плавно распределяться от самых распространенных до самых редких, но на деле кривая сначала резко обрывается вниз, а потом выравнивается в длинный и постепенно снижающийся хвост, чем-то напоминая траекторию лыжника, съезжающего с крутой горы. Такая кривая говорит о крайнем неравенстве: почти всю работу делают несколько сотен самых частотных слов, а подавляющее большинство изнывает от безделья, канув в Лету (на самом деле Ципф еще недооценивал эту лингвистическую несправедливость: одним из главных своих источников он сделал «Улисса» Джойса, где полным-полно малоупотребительных слов). «Закон», который в итоге сформулировал Ципф,

представляет собой простое, но точное численное соотношение между порядковым номером числа и его частотностью.

Доказано, что закон Ципфа справедлив для всех языков, и на первый взгляд он кажется занятым пустяком. Однако, как выяснилось, тот же принцип справедлив для самых разных явлений – это и размер островов, и население городов, и сколько времени книга держится в списке бестселлеров, и количество ссылок на веб-сайт, и распределение доходов и богатства в стране, как открыл в девяностые годы XIX века итальянский экономист Вильфредо Парето. Все это – примеры «степенного закона» распределения (речь идет о степени в математическом понимании). В природе и в обществе степенные законы действуют там, где имеет место крайнее неравенство или неоднородность: сначала высокий пик (соответствующий горстке крупных городов, самым используемым словам или очень богатым людям), а затем длинный хвост (множество мелких городков, редких слов или наемных рабов, трудящихся за гроши). В таких случаях идея «среднего» теряет смысл.

Мандельброт разобрался в законе Ципфа в метро по дороге домой от дядюшки. «Это был один из очень немногих отчетливых моментов озарения в моей жизни, – вспоминает он. – Я увидел, что у закона могут быть глубинные связи с теорией информации, следовательно, со статистической термодинамикой, и на всю жизнь увлекся степенными законами распределения». В результате Бенуа написал диссертацию о законе Ципфа. Ни дядя Шолем, ни диссертационный совет (главой которого был Луи де Бройль, один из основателей квантовой теории) не придали особого значения его стараниям подчеркнуть всю важность степенных законов, и после этого Мандельброт довольно долго был единственным математиком, серьезно относившимся к подобным законам и их длинным хвостам – и именно поэтому, когда полвека спустя важность этих законов была признана в полной мере, Мандельброт стал известен как «отец длинных хвостов».

Непопулярная тема диссертации с самого начала создала Мандельброту репутацию «ученого-солиста», поэтому он принялся искать других математиков с такими же новаторскими взглядами. Среди них был, в частности, Норберт Винер, основатель кибернетики (и автор ее названия) – науки о том, как разные системы, от телефонных коммутаторов до человеческого мозга, контролируются петлями обратной связи. Кроме того, единомышленником Мандельброта оказался Джон фон Нейман, создатель теории игр (и многого другого). С точки зрения Мандельброта, эти ученые были «сущие небожители». Он работал ассистентом у обоих ученых – сначала у Винера в Массачусетском технологическом, потом у фон Неймана в Институте передовых исследований в Принстоне, где с ним приключился поистине кошмарный случай. Он читал лекцию о глубинных связях между физикой и лингвистикой и видел, как именитые ученые в аудитории один за другим клуют носом и засыпают. Когда Мандельброт закончил, знаменитый историк математики Отто Нейгебауэр разбудил спящих воплем: «Протестую! Это худшая лекция в моей жизни!» Мандельброт от ужаса потерял дар речи, но, к счастью, в его защиту выступили два титана: сначала Роберт Оппенгеймер, который безупречно пересказал основное содержание лекции, превратив ее в один из своих легендарных «Оппи-спичей», а потом фон Нейман, который сделал то же самое, и получился один из не менее прославленных «Джонни-спичей». Их слушали как загипнотизированные, и все кончилось триумфом.

Вернувшись в Европу, Мандельброт, который недавно женился, провел два блаженных года с молодой супругой в Женеве. Там психолог Жан Пиаже, находившийся под сильным впечатлением от его работ по лингвистике, попытался привлечь его к сотрудничеству, чтобы обеспечивать математическую часть исследований. Мандельброт отклонил это предложение, невзирая на свое почтение к великому ученому (с некоторыми оговорками): «Пиаже мог ошибаться, мог выносить нестрогие суждения, но мошенником он не был». Фернан Бродель предлагал Мандельброту организовать в Париже, близ Люксембургских садов, исследовательский центр для изучения количественной истории, которую так любила школа «Анналов» с

ее «новой исторической наукой». Однако принятый среди французских ученых математический пуризм по-прежнему угнетал Мандельброта. «Я не понимал, как совместить должность в каком-нибудь французском университете с моими неугасающими бешеными амбициями», – пишет он. А тут еще в 1958 году к власти вернулся Шарль де Голль, к которому Мандельброт питал особое отвращение, поэтому он принял предложение поработать летом в *IBM* в Йорктаун-Хайтс к северу от Нью-Йорка. И обрел там научный дом.

Поскольку *IBM* – крупная и довольно-таки бюрократизированная корпорация, казалось бы, она не могла стать подходящей площадкой для игр чудака-одиночки. Однако конец пятидесятых был в *IBM* началом золотого века научных исследований. «Мы легко можем позволить себе держать нескольких великих ученых, которые занимались бы тем, что им интересно», – сказал Мандельброту по прибытии руководитель исследовательской группы. А главное, в распоряжении Мандельброта оказались компьютеры *IBM*, на которых можно было строить геометрические изображения. В те времена программирование было делом трудоемким – в частности, нужно было возить перфокарты из корпуса в корпус в багажниках автомобилей-«универсалов». Когда учитель сына Мандельброта попросил помощи с компьютерным классом, Мандельброт согласился, но вскоре обнаружил, что школьники всего округа Вестчестер забираются в компьютеры *IBM* под его именем. «В этот момент сотрудникам компьютерного центра пришлось установить пароли, – рассказывает он. – Так что могу похвастаться, если это слово здесь подходит, что стоял у истоков полицейского вторжения в частную жизнь, символом которого стало это нововведение».

К следующему прорыву Мандельброта снова подтолкнул случай. Он приехал в Гарвард с лекцией о степенных законах и распределении богатства и увидел на доске в кабинете тамошнего профессора экономики диаграмму, по форме практически точно повторявшая схему, о которой Мандельброт собирался рассказывать, только отражала она не распределение благосостояния, а скачки цен на Нью-Йоркской хлопковой бирже. Как так получилось, что закономерности взлетов и падений на рынке хлопка оказались настолько похожи на возмутительно неравномерное распределение богатства в обществе? Это, несомненно, никак не соответствовало общепринятой модели финансовых рынков, которую предложил в 1900 году французский математик Луи Башелье (который скопировал ее из физики газа в равновесии). Согласно модели Башелье, колебания стоимости ценных бумаг или товаров на рынке должны быть плавными: флуктуации цен, упорядоченные по размеру, должны аккуратно укладываться в классическую гауссиану. Это основа так называемой гипотезы эффективного рынка.

Однако Мандельброт, вернувшись в *IBM* и при помощи ее компьютеров прошерстив накопившиеся за сто лет данные Нью-Йоркской хлопковой биржи, обнаружил куда более изменчивую закономерность, в которой преобладало небольшое количество очень резких колебаний. Видимо, здесь действовал степенной закон. Более того, финансовые рынки вели себя примерно одинаково на любых временных масштабах. Когда Мандельброт взял ценовой график за год, а потом уменьшил масштаб и посмотрел, что происходит с ним за месяц и за день, рисунок колебаний остался прежним. Иначе говоря, история колебаний цены оказалась самоподобной, как цветная капуста. «В самом сердце финансов лежит фрактал», – заключил Мандельброт.

Фрактальная модель финансовых рынков, которую разработал в дальнейшем Мандельброт, так и не пришлась по душе профессорам финансов, которые до сих пор по большей части придерживаются гипотезы эффективного рынка. Если анализ Мандельброта верен, полагаться на общепринятые модели попросту опасно. Так и оказалось в действительности, и не раз. Например, летом 1998 года хедж-фонд *Long-Term Capital Management*, который основали два экономиста, получившие Нобелевскую премию за работу в области теории портфельного выбора, а работали в нем двадцать пять обладателей докторской степени, разорился и едва не

обрушил всемирную банковскую систему, когда непредвиденный финансовый кризис в России расстроил все его модели.

Мандельброт был недоволен, что его «вытеснили из экономического мейнстрима». И не без горечи вспоминает, как ему сначала предложили работу в бизнес-школе при Чикагском университете – бастионе ортодоксальной приверженности теории эффективного рынка – а затем декан бизнес-школы Джордж Шульц, впоследствии государственный секретарь в администрации Рейгана, аннулировал договор. Гарвард тоже сначала проявил к Мандельброту интерес, когда тот приезжал туда с лекциями, но когда речь зашла о постоянной должности, пошел на попятный. Впрочем, все эти неудачи не обескураживали Мандельброта. На прежнем месте, в *IBM*, его охватило «теплое чувство возвращения домой, к радостям старомодной коллегальности в сообществе куда более открытом и “академическом”, чем Гарвард». В результате Мандельброт проработал в *IBM* до 1987 года, когда корпорация сочла необходимым прекратить поддержку свободных исследований. После этого Мандельброта пригласили преподавать в Йель, где в 1999 году в возрасте 75 лет он наконец получил постоянную академическую должность – «как раз вовремя».

Самое выдающееся открытие в своей карьере Мандельброт совершил в Гарварде в 1980 году. Благодаря своему другу Стивену Джею Гульду, тоже большому стороннику идеи разрывности, Мандельброта пригласили прочитать курс о том, как фрактальные идеи проливают новый свет на классическую математику. Это подтолкнуло его взяться за «голоморфную динамику» – абстрактный подход к теории хаоса. Голморфная (комплексная) динамика была крайне популярна в парижских математических кругах в начале XX века, но вскоре привела к возникновению таких сложных геометрических форм, что не было и речи о том, чтобы их визуализировать, и тема оказалась заморожена.

Мандельброт нашел способ ее разморозить при помощи возможностей компьютера. В то время математики относились к компьютерам с презрением – они «содрогались при мысли, что машина замазает девственную “чистоту” их области». Однако Мандельброт пуристом никогда не был и завладел новеньким супермини-компьютером VAX, стоявшим в подвале научного центра Гарварда. Графические возможности компьютера позволили Мандельброту применять его в качестве своеобразного микроскопа, и он принялся исследовать геометрическую фигуру, порождаемую очень простой формулой (кстати, это была единственная формула, которую Мандельброт допустил на страницы своих мемуаров). Компьютер прорисовывал фигуру все более и более подробно, и Мандельброт сделал совершенно неожиданное открытие: целый чудесный мир – пятна, похожие на жуков, в окружении распускающихся бутонов, побегов, завитушек, стилизованных морских коньков и дракончиков, и все это оплетено изысканным кружевом. Поначалу Мандельброт заподозрил, что подобное геометрическое буйство – результат сбоя в работе оборудования. Но чем больше компьютер уменьшал масштаб картинки, тем точнее (и фантастичнее) становился узор; более того, складывалось впечатление, что он содержит бесконечное количество собственных копий, окаймленных своими затейливыми рококошными украшениями. Эта фигура получила название «множество Мандельброта».

Мандельброт по праву называет множество, названное в его честь, «бесконечно прекрасным». Его тонкая геометрия, еще отнюдь не расшифрованная до конца, содержит в себе бесконечный бестиарий зашифрованных хаотических процессов. Как этот бесконечно сложный объект – как говорят, самый сложный во всей математике – возник из такой простой формулы? С точки зрения английского физика и математика сэра Роджера Пенроуза, это неожиданное богатство – яркий пример вечной платоновской реальности математики. «Множество Мандельброта – не порождение человеческого разума, а открытие, – писал Пенроуз. – Множество Мандельброта никто не создавал – оно существует, как гора Эверест!»

«Фракталист» – непоследовательная автобиография, в этой книге прослеживается своя фрактальная прерывистость. Несомненно, если бы автор прожил дольше, текст вышел бы

глаже: его любовь пересматривать и переписывать неудачные черновики, как пишет Мандельброт, сопоставима с дотошностью Бальзака. Иногда на этих страницах встречаются и неприятно-высокомерные ноты («Пусть с моей стороны это и будет дерзостью, я заявляю...»), и прозрачные намеки на оскорбленное достоинство («Мне не нужна власть, я ни у кого не прошу одолжений... Академический мир не счел меня достойным».) Автор не особенно старается объяснить суть своих математических инноваций непосвященному читателю, в частности, не рассказывает, как понятие размерности служит критерием прерывистости фрактала (например, побережье Британии так извилисто, что его фрактальная размерность равна 1,25, то есть оно находится где-то между одномерной плавной кривой и двумерной гладкой поверхностью).

Впрочем, Мандельброт можно простить за то, что он не стал останавливаться на подобных технических подробностях. Его тон мемуариста тяготеет скорее к философии. Мир, в котором мы живем, отмечает он, – это «безбрежный океан сложности». Однако есть в нем и два «островка простоты». Во-первых, это евклидова простота гладких форм, открытая античными мыслителями. Во-вторых, это фрактальная простота самоподобной шероховатости, по большей части открытая самим Мандельбротом. Его геометрическая интуиция позволила ему выявить новую платоновскую сущность, свойственную неожиданно широкому диапазону вещей и явлений – от простой цветной капусты до утонченного множества Мандельброта. Восторг, с каким он относится к шероховатости, изломанности и сложности в формах, которые другие математики считали «чудовищными» и «патологическими», носит отчетливый отпечаток современности. И в самом деле, фракталы Мандельброта с их изысканными узорами, повторяющимися на все более и более мелких масштабах, заставляют вспомнить определение красоты, которое дал Бодлер: *C'est l'infini dans le fini* – «Бесконечное в конечном».

Часть четвертая. Большие размерности, абстрактные карты

Глава девятая. Геометрические создания

У нашего мира есть одна особенность, над которой останавливаются поразмыслить лишь немногие: это вопрос о том, сколько в нем измерений. Хотя довольно сложно сказать, что, собственно, это такое – измерение, – все же нам вполне очевидно, что окружающие нас предметы и пространство, в котором мы движемся, структурированы тремя измерениями, и их удобно называть высотой, шириной и глубиной. Это воспринимали как данность даже философы. Аристотель в самом начале трактата «О небе» пишет: «Три [измерения] суть все [измерения]»¹³. Почему? Потому что, утверждает он не без мистического флера, в числе 3 содержится начало, середина и конец, а следовательно, оно полно и совершенно. Менее мистическое доказательство трехмерности природы предложил александрийский астроном Птолемей. Если поставить три палки взаимно перпендикулярно и так, чтобы они сходились в одной точке, заметил Птолемей, четвертую добавить невозможно, поэтому большие размерности «не подлежат никакой мере и никакому определению». Впоследствии логику Птолемея подтвердили Галилей и Лейбниц, которые объявили, что три измерения пространства – это вопрос геометрической необходимости.

О «четвертом измерении» первыми заговорили кембриджские платоники, но они, похоже, имели в виду нечто скорее духовное, нежели пространственное. Один из них, Генри Мор, в 1671 году предположил, что четвертое измерение – это обиталище платоновских идей, а также, весьма вероятно, призраков. Примерно в то же время Декарт сделал на первый взгляд безобидный шаг – добавил дополнительную переменную к своей геометрии координат, что позволило ему дать определение четырехмерным *sursolides*. Робкие современники сочли это недопустимым, и в 1685 году математик Джон Уоллис списал это изобретение Декарта со счетов, назвав его «чудовищем по природе своей, менее правдоподобным, чем химера или кентавр!»

Кант, по крайней мере в ранних сочинениях, заигрывал с идеей, что трехмерное пространство может оказаться случайностью: возможно, предполагал философ, Господь создал и другие миры с другим числом измерений. Однако ко времени написания «Критики чистого разума» Кант решил, что пространство – не объективное свойство реальности, а навязано сознанием, чтобы привести порядок в бытие. Более того, считал Кант, пространство в принципе может быть только евклидовым и трехмерным – это мы называем «аподиктической уверенностью». В 1817 году Гегель без особых доказательств предположил, что необходимость трех измерений основывается на самой природе идеи пространства.

Тем временем в мире математики уже приближалась революция. В первые десятилетия XIX века Гаусс, Лобачевский и Бойяи независимо исследовали «криволинейные геометрии», где кратчайшее расстояние между двумя точками уже не было прямой линией. В сороковые годы XIX века Артур Кэли и Герман Грассман, также независимо, расширили евклидовские рамки на пространства с числом измерений больше трех. Все эти новшества свел в единую величественную систему Бернхард Риман (1826–1866). В лекции перед сотрудниками Гёттингенского университета 10 июня 1854 года под названием «О гипотезах, лежащих в основании геометрии», Риман опроверг евклидову ортодоксию, которая доминировала и в математике, и,

¹³ Пер. А. Лебедева.

разумеется, в западной мысли целых 2000 лет. По Евклиду, у точки ноль измерений, у линии – одно, у плоскости – два, у тела – три. Четырех измерений ни у чего быть не может. Более того, евклидово пространство «плоское»: параллельные линии в нем не пересекаются. Риман вышел за пределы обоих предпосылок и переписал уравнения геометрии так, чтобы они описывали пространства любой кривизны и любых размерностей. При этом он определил набор чисел, так называемый тензор, который характеризует кривизну пространства высоких размерностей в каждой точке.

Неевклидова n -мерная геометрия Римана была сугубо интеллектуальным изобретением, ее не вдохновляли никакие потребности тогдашней науки. 60 лет спустя его тензорное исчисление обеспечило идеальный аппарат для трудов Эйнштейна по общей теории относительности. Однако непосредственным результатом римановской революции стало разрушение устоявшихся представлений о геометрии как о науке, описывающей физическое пространство. Стало очевидно, что в трех измерениях нет никакой метафизической необходимости. Возможно бесконечное разнообразие миров других размерностей, их можно описать логически непротиворечивой теорией, а следовательно, с математической точки зрения они реальны. Это привело к интересной линии умозаключений. Способно ли человеческое воображение зримо представить себе такие миры? Каково было бы жить в них? Случайно ли, что из всех возможных пространственных структур мы обитаем именно в трехмерном мире? Или – еще более смелое суждение – может статься, мы и в самом деле обитаем в мире высшей размерности, однако, подобно узникам в платоновской пещере, не в силах это осознать по невежеству.

«Человек, посвятивший этому всю жизнь, вероятно, сможет в конце концов представить себе четвертое измерение», – писал Анри Пуанкаре в конце XIX века. По его словам, выходит, что задача эта пугающе сложна, но, вероятно, дело в том, что у него были очень высокие стандарты, поскольку он, как математик, обладал непревзойденным пространственным воображением. Остальные считали, что некоторые представления о четвертом измерении можно получить и за более скромное время. В 1869 году Джеймс Дж. Сильвестр в своем обращении к Британской ассоциации под названием «Оправдание математика» (Sylvester, J. J., *Plea for the Mathematician*) утверждал, что настала пора геометрии высших измерений заявить о себе. Сильвестр считал, что представить себе четыре измерения не так уж сложно, надо лишь потренироваться. Некоторые шарлатаны от математики заходили еще дальше. В 1877 году четвертое измерение стяжало себе печальную известность, когда американский спирит Генри Слейд предстал перед лондонским судом по обвинению в мошенничестве. Он проводил сеансы с членами высшего лондонского общества и утверждал, что призывает духов из четвертого измерения. В защиту Слейда выступили выдающиеся физики, в том числе два будущих нобелевских лауреата: Слейд умудрился одурачить даже их своим талантом к салонным фокусам, в которых якобы было задействовано это невидимое расширение пространства (например, он чудесным образом извлекал предметы из наглухо запечатанных трехмерных емкостей). Слейд был признан виновным, однако таинственное четвертое измерение завладело воображением публики. В этой атмосфере викторианский школьный учитель Эдвин Э. Эбботт написал первое научно-фантастическое произведение на эту тему – маленький шедевр под названием «Флатландия. Многомерный роман», которому сопутствовала самая долгая слава в этом жанре.

«Флатландия» впервые вышла в свет в 1884 году и с тех пор выдержала бессчетное множество изданий; предисловия к ней в числе прочих писали Рэй Брэдбери и Айзек Азимов. По моему, лучшее издание – это издание 2002 года с примечаниями Иэна Стюарта «Аннотированная Флатландия» (*The Annotated Flatland*). Зачем понадобились примечания? Дело в том, что, как следует из подзаголовка, у самой Флатландии несколько измерений: это научная фантастика, заставляющая читателя воображать невиданные пространства, сатира на викторианские нравы, особенно касающиеся женщин и общественного положения, и аллегория духовного пути.

Эдвин Эбботт был типичный неутомимый викторианец, удостоенный в «Словаре национальных биографий» (*Dictionary of National Biography*) двух страниц по два столбца. Он долгое время был директором Школы лондонского Сити, где в число его преданных учеников входил будущий премьер-министр Г. Г. Асквит. Был Эбботт и реформатором «Широкой церкви» и прославился проповедями в Оксфорде и Кембридже. Страстный поклонник Шекспира, он составил «Шекспировскую грамматику» (*A Shakespearian Grammar*, 1870), ставшую эталонным справочником, а также написал с полсотни других книг, многие на неподъемно сложные теологические темы. Что подвигло его на создание расширяющей сознание математической сатиры вроде «Флатландии», единственного его сочинения, которое переиздают до сих пор, до конца неясно. Вероятно, Эбботт как прогрессивный педагог хотел влить свежую кровь в английскую школьную программу по математике с ее унылым упором на зазубривание длинных доказательств из Евклида. А как церковнику передовых взглядов, ему, несомненно, импонировала задача примирения духовного и научного мировоззрений.

Дорогой в высшие измерения стал для Эбботта метод аналогии. Мы не можем сразу представить себе пространство, в котором на одно измерение больше, чем в нашем трехмерном мире. Зато мы можем представить себе пространство, в котором на одно измерение меньше: плоскость. Представим себе общество двумерных существ, заключенных в плоскостном мире. Какими мы их увидим? И еще более интересный вопрос: какими увидели бы они нас, трехмерных существ, если предположить, что мы можем как-то пройти сквозь их мир или перенести их в наше пространство высшего измерения?

Флатландия Эбботта – это бесконечная плоскость, в которой обитает строго иерархическое общество геометрических существ. Положение в обществе определяется числом сторон существа: женщины, стоящие на нижней ступени иерархии, – это просто отрезки, а мужчины бывают разные, от рабочих-треугольников и буржуа-квадратов до аристократов с пятью и больше сторонами, а у священнослужителей сторон так много, что они, в сущности, круглые. По социальной лестнице можно продвинуться – в карикатуре на викторианские представления о прогрессивной эволюции благонравные представители низших классов Флатландии иногда рожают детей, у которых сторон больше, чем у них. Неправильность формы приравнивается к аморальности и преступным наклонностям, и «в ряде государств» практикуется евгеническое истребление новорожденных: «младенец, у которого угол при вершине отклоняется от угла правильной фигуры на полградуса, подлежит немедленному уничтожению»¹⁴.

Повествование ведется от лица юриста-консерватора по имени А. Квадрат – кстати, это имя очень ему подходит. Он цветисто объясняет читателю (жителю Трехмерия вроде нас) архитектуру своего мира, его историю, политику, нравы и обычаи. Во Флатландии очень много абсурдного, которое Квадрат принимает как должное, иногда напрасно. Например, женщины Флатландии «полностью лишены способности рассуждать» и из-за своей линейной формы, подобной игле, крайне опасны: разгневавшись (или просто чихнув), «особа слабого пола» способна пронзить и мгновенно убить мужчину-многоугольник.

Кроме того, жизнь в двумерном мире сопряжена со множеством практических трудностей. Как флатландцы узнают друг друга в лицо? Представьте себе, что вы смотрите на лежащий на столе пенни. Сверху очевидно, что монета круглая. Но если посмотреть на нее с уровня столешницы, край монеты выглядит как отрезок прямой линии. Во Флатландии все выглядит как отрезки прямых, углов флатландцы не «видят». Чтобы преодолеть проблему узнавания, женщины и деловые люди при встрече ощупывают друг друга («Позвольте мне просить вас ощупать моего друга мистера Такого-то и быть ощупанным им»). Представители высших классов считают это вульгарным сверх всякой меры, и «ощупывание Окружности было бы расценено как наглосе оскорбление». Сливки общества полагаются на выработанное долгими трени-

¹⁴ Здесь и далее пер. Ю. Данилова.

ровками пространственное восприятие и геометрию, позволяющие измерить углы собеседника и, следовательно, уяснить для себя его общественное положение.

В какой-то момент в истории Флатландии реформаторы попытались преодолеть разнь между ошупывающими и неошупывающими классами и ввели для этого «Закон о всеобщей окраске». Отныне и впредь флатландцы получили право раскрашивать свои линейные профили в любые цвета, что обеспечило равенство в узнавании и одновременно сделало их мир не таким эстетически скучным. Общество встретило эту реформу с колоссальным энтузиазмом, однако это движение было жестоко подавлено, и силы реакции изгнали из Флатландии цвет.

Общественная сатира во «Флатландии» в целом схематична и несколько натужна. Не вполне удается Эбботту и выстроить последовательную схему двумерной жизни. Взять хотя бы вопрос о звуке и слухе во Флатландии. В пространстве с нечетным числом измерений, наподобие нашего трехмерного мира, звуковые волны распространяются в виде единого четкого волнового фронта. Если на каком-то расстоянии от вас выстрелят из пистолета, сначала слышна тишина, потом грохот, потом опять тишина. Но в пространствах с четным числом измерений, например на двумерной плоскости, шумоподобное возмущение вызывает систему волн, которая реверберирует вечно¹⁵.

Кроме того, Эбботт упустил из виду, как работает мозг флатландца. Представьте себе, какой это кошмар – нарисовать схему нейронных связей на двумерной бумаге, где негде разместить отдельные «проводки» так, чтобы они не пересекались. Иэн Стюарт в комментариях к «Флатландии» хитроумно решает эту задачу за автора, выдвигая теорию «клеточных автоматов» – двумерных скоплений клеток, которые общаются с соседями по простым законам и способны выполнять те же задания, что и компьютер. Если у флатландцев вместо мозгов клеточные автоматы, они способны вести себя разумно (хотя, по утверждению философов вроде Джона Сёрла, вероятно, лишены сознания). Что касается более интимных подробностей существования флатландцев, например их сексуальной жизни, автор, как и подобает викторианцу, сохраняет благонравное молчание.

Однако в первую очередь Эбботта интересуют не подробности функционирования двумерного мира. Его главная тема – высшие размерности, и им посвящена вторая (и более интересная) половина книги. Если первая часть «Флатландии» – критика викторианского общества, то ее вторая часть – критика тех, кто отказывается признавать возможность существования незримых миров.

Однажды вечером, когда Квадрат с женой находятся дома, их посещает призрачный «незнакомец», сферическое существо из Трехмерия. Как трехмерная сфера сумела попасть в двумерный мир Флатландии? Читателю предлагается представить себе Флатланию в виде поверхности пруда. Если сфера поднимается из глубины и проходит сквозь эту поверхность, двумерные существа, обитающие на поверхности, видят ее. Сначала они не видят ничего, а затем, когда сфера притрагивается к поверхности, видят одну точку. Если сфера продолжает подниматься, обитатели поверхности видят, как точка расширяется в окружность, и радиус ее растет, пока не достигает максимума в момент, когда сквозь поверхность проходит ровно половина сферы. Затем флатландцы видят, как окружность сокращается в размерах, сжимается обратно в точку, а затем исчезает окончательно, когда сфера полностью поднимается над поверхностью.

Это явление пугает Квадрата. Как Незнакомец, принадлежащий, должно быть, к касте священнослужителей, судя по его округлой форме, появляется из ниоткуда, увеличивается и уменьшается по собственному желанию, а затем исчезает, как по волшебству? Незнакомец

¹⁵ Автор имеет в виду «принцип Гюйгенса» и наличие заднего фронта волны, который существует только в нечетномерных пространствах. Отметим здесь, что зрение флатландцев, связанное с распространением световых волн, не беспокоит ни Эбботта, ни автора этой книги. – *Прим. науч. ред.*

объясняет, что «в действительности я не Окружность, а бесчисленное множество Окружностей различных размеров». Квадрат, чье воображение не способно вместить идею трехмерного тела, не верит его словам. Тогда Незнакомец пытается доказать свое утверждение несколькими трюками, в частности, поднимается над Флатландией, невидимым зависает над Квадратом и дотрагивается до его центра. Наконец Незнакомец поднимает возмущенного Квадрата над Флатландией и переносит его в мир трехмерного пространства. Затем, паря невесомо, будто листок бумаги на ветру, Квадрат смотрит сверху на свой двумерный мир и видит и форму, и внутренности всех существ и строений. (Вернемся к примеру с пенни на столе: представьте себе, что вы смотрите на его край с уровня столешницы, а затем приподнимаетесь и смотрите на него сверху: вам внезапно открывается и круглая форма монеты, и голова Линкольна «внутри» нее).

Но еще сильнее ошарашивает Квадрата зрелище Незнакомца, который теперь предстает перед ним во всей своей трехмерной полноте: «То, что, по-видимому, было центром тела Незнакомца, лежало открытым перед моим взором. Я не видел ни сердца, ни легких, ни артерий – лишь гармоничное Нечто. В моем родном языке для него нет слов, но вы, мои дорогие читатели из Трехмерия, называете это Нечто поверхностью Сферы».

А теперь, если угодно, рассмотрим аналогию всего этого в пространстве высшей размерности. Если четырехмерный Незнакомец-гиперсфера решил бы пройти сквозь наше Трехмерие, как бы это выглядело? Сначала мы ничего не увидели бы, затем появился бы крошечный шарик-точка, потом он раздулся бы в сферу, а затем сжался в точку и исчез. Сферы различных размеров, которые предстали бы перед нами, были бы трехмерными сечениями гиперсферы, точно так же как окружности, которые видел Квадрат, были двумерными сечениями сферы. Все просто. Труднее заставить свое воображение считать эти трехмерные явления постепенным развертыванием четырехмерного объекта. Что бы мы увидели, если бы нас, подобно Квадрату, и в самом деле выдернули из нашего мира в «более пространственное пространство» с дополнительным измерением? Несомненно, мы были бы при виде гиперсферы огорошены не меньше, чем Квадрат при виде сферы. Кроме того, мы, к своему изумлению, обнаружили бы, взирая на наш трехмерный мир, что все предметы стали для нас прозрачными и мы видим их со всех сторон одновременно. Мы могли бы проникнуть в тело человека и удалить ему аппендикс, не разрезая кожу (большое благо для хирургов). Мы могли бы взять левый ботинок, перевернуть его в четвертом измерении и вернуть в трехмерный мир в виде правого ботинка.

Обыкнувшись в Трехмерии, Квадрат быстро улавливает аналогию для размерностей более высокого порядка. Если знакомый ему двумерный мир – это бесконечно тонкий срез трехмерного пространства, заключает он, то трехмерный мир, вероятно, просто тонкий срез четырехмерного пространства, пространства, где содержатся гиперсферы, которые настолько же превосходят сферического Незнакомца, насколько он превосходит круглых священников Флатландии. И зачем же останавливаться? «Дойдя до Четырех Измерений, запнемся ли мы на пороге Пятого Измерения, переступим ли через него? – риторически спрашивает Квадрат у Незнакомца. – О нет! Пусть лучше наши честолюбивые замыслы становятся все шире, по мере того как наше тело воспаряет все выше и выше. Тогда, уступая неудержимому порыву нашего разума, перед нами распахнутся двери Шестого Измерения, затем Седьмого, Восьмого и...»

Однако экстатические упования Квадрата Незнакомец воспринимает холодно. Как ни парадоксально, хотя Незнакомец явился во Флатландию нести благую весть о трех измерениях, сам он неспособен проделать воображаемый переход в четвертое измерение. «Аналогия! – фыркает он. – Чепуха! Какая еще аналогия?» И в припадке возмущения низвергает Квадрата обратно во Флатландию, где власти мгновенно заключают повествователя под стражу за подрывные разглагольствования о высшей реальности.

Духовный аспект «Флатландии» очевиден. Автор дразнит читателя мыслью, что вокруг нас существует незримый мир, причем находится он в принципиально новом направлении – «не к северу, а вверх», отчаянно пытается объяснить Квадрат, – и в этом мире обитают чудес-

ные сущности, которые способны парить над нами, не занимая наше пространство. Вскоре английские церковники стали говорить о четвертом измерении как об обители Бога и Его ангелов. С момента публикации «Флатландии» не прошло и года, когда в Англии появилась брошюра под названием «Что такое четвертое измерение?» с подзаголовком «Раскрыта тайна привидений». (Hinton, Ch., *What Is the Fourth Dimension? Ghosts Explained*). Ее автор Чарльз Хинтон был неутомимым пропагандистом четвертого измерения и самозванным донжуаном: «Христос был Спасителем для всех людей, а я Спаситель женщин и ни капли Ему не зави-дую!» – поговаривал он. Сочетавшись браком с Мэри Буль, старшей дочерью Джорджа Буля, изобретателя булевой алгебры, Хинтон решил жениться и на одной из своих любовниц. После обвинения в двоеженстве он покинул Англию и оказался в США, где стал преподавать математику в Принстоне (Стюарт пишет в комментариях: «Здесь он изобрел машину для подачи бейсбольных мячей, которая выстреливала мячами. Работала она на пороже и некоторое время применялась на тренировках, но потом оказалось, что это все-таки опасно, и после нескольких несчастных случаев от нее решили отказаться».)

В 1907 году Хинтон написал что-то вроде продолжения книги Эбботта и назвал его «Случай во Флатландии» (Hinton, Ch., *An Episode of Flatland*). Такого успеха, как оригинальная «Флатландия», книга не имела, но кое в чем Хинтон все же сумел превзойти Эбботта: он лучше придумал, как помочь читателю наглядно представить себе четырехмерные тела. Эбботт, как мы видели, действовал методом поперечных сечений: чтобы представить себе четырехмерный объект, надо смотреть, как его трехмерное сечение проходит через трехмерное пространство. Хинтон присовокупил к этому «метод теней»: понять, что такое четырехмерный объект, проще, если представлять себе, какие трехмерные тени, или проекции, он отбрасывает под разными углами. Например, одна из проекций гиперкуба выглядит как маленький трехмерный куб внутри куба побольше – этот предмет Хинтон назвал «тессеракт». Наконец, есть еще и метод раскладок. Подобно тому как трехмерную картонную коробку можно разложить в плоский крест, состоящий из шести квадратов, четырехмерный гиперкуб тоже можно разложить в трехмерный «крест» из восьми кубов. Развертку четырехмерного куба изобразил Сальвадор Дали на своей картине «Распятие, или Гиперкубическое тело», которая находится в коллекции нью-йоркского музея «Метрополитен».

Благодаря стараниям Эбботта и Хинтона и научно-популярным сочинениям француза Анри Пуанкаре «четвертое измерение» превратилось к началу XX века в понятное всем устойчивое выражение. Оно часто встречается в трудах Альфреда Жарри, Марселя Пруста, Оскара Уайльда и Гертруды Стайн. (В 1901 году Джозеф Конрад и Форд Мэдокс Форд совместно написали роман «Наследники» (Conrad, J., and Ford, F. M., *The Inheritors*) о расе существ из четвертого измерения, которые захватили наш мир). Идея четвертого измерения соблазняла художников-авангардистов, которые прибегали к ней для обоснования искажений трехмерной ренессансной перспективы. Особенно увлекались ей кубисты: ведь из четвертого измерения трехмерный предмет или человек виден сразу со всех сторон (вспомним, как Квадрат, поднявшись над Флатландией, в первый раз увидел все края предметов в своем двумерном мире). Аполлинер в книге «Художники-кубисты» (Apollinaire, G., *Les peintres cubistes*, 1913) назвал четвертое измерение «пространством как таковым», которое «наделяет предметы пластичностью».

Идею невидимых высших измерений с энтузиазмом приняли и теософы, которые считали ее оружием против козней научного позитивизма и культивировали у себя «астральное зрение», чтобы лучше чувствовать иные миры. Мистик П. Д. Успенский познакомил общество царской России с этой мыслью как с разгадкой всех «мировых тайн». А В. И. Ленина спиритуалистские следствия из идеи четвертого измерения тревожили, и он раскритиковал ее в своем «Материализме и эмпириокритицизме» (1909). Ленин писал, что математики могут сколько

удовно исследовать возможность существования четвертого измерения, однако царя можно свергнуть лишь в трехмерном мире.

Любопытно, что едва ли не единственной сферой культуры, которую мода на высшие измерения почти не затронула, стала наука. Мало того, что сама эта мысль считалась не слишком респектабельной из-за связи с мистиками и шарлатанами: у нее еще и недоставало следствий, которые можно было бы проверить экспериментально. А затем во время Первой мировой войны Эйнштейн окончательно сформулировал общую теорию относительности. Теория Эйнштейна объединила три пространственных измерения и одно временное в четырехмерное многообразие «пространство-время», а затем определила гравитацию как кривизну в этом многообразии и тем самым создала впечатление, что загадочное четвертое измерение – это просто время (впечатление это ошибочное, поскольку, согласно теории относительности, нет никакого предпочтительного способа разделить четырехмерное пространство-время на чисто пространственные и временное измерения). Когда в 1919 году общая теория относительности получила триумфальное подтверждение и об этом писали газеты, мысль, что четвертое измерение – это время, проникла в культуру в целом, и интерес к пространствам высших размерностей начал угасать, как мы вскоре убедимся, преждевременно.

Разумеется, математикам все равно, сколько измерений у физического пространства, в котором мы живем. Неевклидова революция середины XIX века подарила им свободу исследовать пространственные структуры не только нашего мира, но и всех мыслимых. Этим они и продолжили заниматься, даже когда мода на четвертое измерение прошла, и изобрели пространства еще диковиннее – например, гильбертово пространство с бесконечным числом измерений, фрактальные пространства, у которых измерений может быть, к примеру, два с половиной, «резиновые» топологические пространства и так далее и тому подобное. Со времен Флатландии геометрия продвинулась очень далеко.

Пространство, где мы живем, по сравнению с вычурными пространствами высшей математики выглядит, пожалуй, довольно скучно. Лет сорок назад, однако, физикам пришлось рассмотреть возможность, что наш пространственный мир таит много нового и интересного с точки зрения размерностей. Чтобы понять, почему, вспомним, что в современной физике принято два набора законов – законы общей теории относительности, которые описывают, как ведут себя сверхмассивные тела на крайне больших масштабах (звезды и выше), и квантовые законы, которые описывают, как ведут себя тела на крайне маленьких масштабах (атомы и меньше). Казалось бы, отличное разделение труда. Но что будет, если нам захочется описать что-то одновременно очень массивное и очень маленькое, например, Вселенную через долю секунды после Большого взрыва? Общую теорию относительности и квантовую теорию нужно как-то привести в соответствие, создать из них «теорию всего». Однако сделать это для мира, в котором только три пространственных измерения, похоже, невозможно. Единственный известный способ примирить теорию относительности с квантовой теорией – предположить, что основные объекты, составляющие нашу Вселенную, не одномерные частицы, а двумерные струны и «браны» (от слова «мембрана») еще более высоких размерностей. Более того, если мы хотим, чтобы «теория великого объединения», которую называют еще теорией струн, а иногда М-теорией, была математически непротиворечивой, эти струны и браны должны вибрировать в пространстве, в котором не меньше девяти измерений.

Таким образом, теория струн требует, чтобы во Вселенной помимо трех знакомых нам измерений было еще шесть. Почему мы их не видим? На сей счет есть две гипотезы. Одна, давняя любимица сторонников теории струн, состоит в том, что шесть дополнительных измерений «компактифицированы», то есть свернуты в кольца исчезающе малого радиуса (представьте себе садовый шланг: издали он выглядит как одномерная линия, но если взглянуть поближе, у него есть еще и крошечное круглое измерение). Однако в последнее время физики задумались и о том, что дополнительные измерения могут быть и макроскопического масштаба

или даже бесконечного размера. А мы их не замечаем, поскольку все частицы, составляющие знакомый нам мир, застряли в трехмерной мембране, плывущей в мире высшей размерности. Если окажется, что это так, мы попадем примерно в то же положение, что и флатландцы. Но Квадрату, чтобы узнать о существовании высших измерений, потребовался визит Незнакомца, а мы пришли к этой гипотезе посредством теоретических рассуждений и, вероятно, даже сумеем подтвердить ее экспериментально. (Для этого, например, можно столкнуть субатомные частицы и посмотреть, не исчезнут ли в дополнительном измерении какие-то из новых частиц, возникших в результате столкновения.)

Из теории струн следует, что нас окружают невидимые измерения, и если окажется, что это правда – очень большое «если», кстати – это станет очередной коперниковской революцией, поскольку перевернет представления о нашем месте в порядке вещей. Как выразился физик Нима Аркани-Хамед, «Земля – не центр Солнечной системы, Солнце – не центр нашей Галактики, наша Галактика – всего лишь одна из миллиардов себе подобных во Вселенной, не имеющей центра, а теперь еще и вся наша трехмерная Вселенная может оказаться тонкой мембраной в полномасштабном многомерном пространстве. Если рассмотреть сечения через дополнительные измерения, то окажется, что наша Вселенная занимает одну бесконечно малую точку в каждом сечении, а вокруг пустота».

Остается один важный вопрос, который Эдвин Эбботт во «Флатландии» не затронул. Этот вопрос неявно задал Аристотель (впрочем, и он оставил его без удовлетворительного ответа): почему наш привычный мир имеет три измерения? С середины XIX века известно, что это не вопрос геометрической необходимости. Способна ли наука дать на него ответ? Или это просто космическая случайность?

Сторонники теории струн выдвинули несколько необычайно элегантных и изящных гипотез, объясняющих, как из девяти пространственных измерений, которые предполагает эта теория, после Большого взрыва раздулись до огромных размеров ровно три, а остальные шесть оказались задавлены и остались крошечными. Но есть и другое объяснение, вероятно, более понятное: в мире, где количество пространственных измерений отличается от трех, не могут существовать существа вроде нас. В пространстве с размерностью выше трех невозможны стабильные орбиты планет (это доказал 100 лет назад Пауль Эренфест). Не будет в нем и стабильных орбит для электронов внутри атомов. Поэтому в мире, где больше трех измерений, не будет никакой химии, а следовательно, никаких живых существ, чье существование основано на химических процессах.

А что можно сказать о мире, где пространственных измерений *меньше* трех? Как уже отмечалось, в двумерной Флатландии, как и в других пространствах с четным числом измерений, не могут без помех распространяться звуковые волны. Однако трудности не ограничиваются звуком – в пространстве с четным числом измерений невозможно передавать четкие сигналы любого вида. А значит, в этом мире нельзя и перерабатывать информацию, без чего немыслима разумная жизнь. Так что методом исключения (пусть читатель в качестве упражнения подумает, почему разумная жизнь не могла бы существовать в одномерной Лайнландии) мы приходим к выводу, что единственный мир, подходящий для существования созданий вроде нас – перерабатывающих информацию и основанных на химических процессах – это мир, в котором пространственных измерений ровно три.

Поэтому неудивительно, что мы очутились в трехмерном мире. (Физики называют это «антропный принцип»). И нечего роптать. В фундаментальном смысле трехмерное пространство – самое богатое из всех возможных. Чем оно лучше одномерного и двумерного, очевидно: в Лайнландии и Флатландии нет места для интересной сложности. (Вспомните, как визуально бедна жизнь во Флатландии, где все предметы выглядят как отрезки.) Что до пространств с четырьмя и больше измерениями, там все слишком «легко»: так много степеней свободы, так много вариантов поворотов и движений, что любые сложности сразу реконструируются и исче-

зают. Нужный градус творческого напряжения достигается лишь в трехмерном пространстве – вот, наверное, почему математики считают его самым интересным и трудным для изучения.

Возьмем хотя бы гипотезу Пуанкаре, одну из величайших и самых неподатливых задач современной математики. В целом она гласит, что любое n -мерное тело, обладающее определенным алгебраическим свойством, можно при помощи разных манипуляций превратить в n -мерную сферу. Пуанкаре сформулировал эту гипотезу в 1904 году. К 1961 году удалось доказать, что она справедлива в любых пространствах пяти измерений и выше. В 1982 году гипотеза была доказана для четырехмерного пространства. Но лишь в нашем веке Григорию Перельману удалось разобраться с самым, как выяснилось, сложным случаем гипотезы Пуанкаре – случаем трехмерного пространства.

Приучив себя к мысли о «более пространственном пространстве», чем наш трехмерный мир, мы, несомненно, расширили границы своего воображения, и это способствовало научному прогрессу. И теперь мы, несомненно, можем понять, почему Квадрату, не говоря уже о всевозможных теософах, платониках и кубистах, так хотелось вознестись в чертоги четвертого измерения и дальше. Но нам не обязательно следовать за ними. Что касается интеллектуальных богатств и эстетического разнообразия, нам вполне достаточно трехмерного мира.

Глава десятая. Комедия красок

Полтора года назад один студент, раскрашивая карту Англии, заметил, что ему хватает всего четырех цветов, чтобы соседние графства, например, Кент и Саффолк, не получились одного цвета. Это подтолкнуло его к мысли, что четырех цветов хватит для любой карты – и настоящей, и придуманной. Он поделился этой досужей идеей с братом. Брат, в свою очередь, рассказал о ней одному выдающемуся математику, который, немного поэкспериментировав и проверив, правдоподобна ли эта гипотеза, попытался ее доказать – и не сумел.

В последующие десятилетия при попытке решить проблему четырех красок оказались в тупике и многие другие математики, а с ними и множество дилетантов, в том числе великий французский поэт, основатель американского прагматизма и по меньшей мере один епископ Лондонский. Формулировка этой задачи так проста, что ее поймет каждый ребенок, но при этом она соперничала с Великой теоремой Ферма за звание самой знаменитой головоломки в истории математики. Наконец, в 1976 году мир узнал, что загадка разгадана. Однако когда стало известно, как именно это было сделано, праздничное настроение сменилось огорчением, скептицизмом и откровенным недоверием. Оказалось, что проблема, считавшаяся задачей чистой математики, обернулась философским вопросом, точнее, даже двумя: во-первых о том как в научном сообществе положено подтверждать свои претензии на математические знания, а во-вторых о том, может ли машинный интеллект помочь нам усвоить априорные истины.

При всей своей математической и философской занятости проблема четырех красок не имела очевидного практического применения, по крайней мере, для картографов, которые не проявляют склонности минимизировать количество используемых цветов. Однако, чтобы подойти к задаче, полезно взглянуть на атлас. Обратимся к карте Европы – к той ее части, где расположены Бельгия, Франция, Германия и Люксембург. Каждая из этих стран граничит с остальными тремя, поэтому очевидно, что для того, чтобы они не сливались, потребуется не меньше четырех красок. Вероятно, читатель сочтет, что четыре цвета нужны только тогда, когда на карте есть подобный квартет соседствующих друг с другом областей. Если вы так думаете, обратитесь к карте США и посмотрите на штат Невада, окаймленный пятью другими штатами (Калифорния, Орегон, Айдахо, Юта и Аризона). Ни одна комбинация штатов не соседствует друг с другом так, как Бельгия, Франция, Германия и Люксембург. Однако это скопление в целом невозможно раскрасить меньше чем четырьмя цветами так, чтобы никакая пара штатов не сливалась, в чем легко убедиться самостоятельно. С другой стороны, Вайоминг и шесть окружающих его штатов вполне можно раскрасить всего тремя цветами – какой удар для интуиции!

Некоторым картам нужно четыре краски, и этого достаточно. Проблема четырех красок гласит, что невозможно составить карту, которой было бы нужно больше четырех цветов. Что значит «доказать» такую гипотезу? Варианта два. Предположим, как считают некоторые математики, что она ложна. Тогда достаточно нарисовать всего одну карту, для раскрашивания которой нужно пять и более цветов, и вопрос закрыт. (В апреле 1975 года Мартин Гарднер опубликовал в журнале *Scientific American* сложнейшую карту из 110 регионов, которую, по его словам, невозможно было раскрасить меньше чем пятью цветами. Сотни читателей прислали в редакцию копии карты, старательно раскрашенные всего в четыре цвета: должно быть, они не сообразили, что Гарднер решил порадовать себя маленькой первоапрельской шуткой.) А чтобы доказать, что гипотеза четырех цветов верна, придется показать, что любая мыслимая карта – а их бесконечно много – может быть раскрашена всего четырьмя красками, какими бы многочисленными, сложнозакрученными и перепутанными ни были обозначенные на ней области.

Поэтому простота проблемы четырех красок обманчива. А чтобы осознать, насколько обманчива, стоит взглянуть на долгую историю попыток ее доказать или опровергнуть – настоящую комедию ошибок. Судя по всему, Фрэнсис Гатри, который в 1852 году заподозрил, что хватит и четырех красок, считал, что доказал свою гипотезу. Впоследствии Гатри стал профессором математики в Южной Африке, однако за всю свою жизнь не опубликовал ни одной работы, касающейся проблемы четырех красок: очевидно, его больше интересовала ботаника (в его честь назван вид вереска). Однако он обсуждал проблему со своим младшим братом Фредериком, который привлек к ней внимание своего профессора математики Огастеса де Моргана. Де Морган был очень способным математиком и важной фигурой в истории логики. Проблема четырех красок заинтересовала его, и он очень увлекся мыслью, что если карта содержит четыре взаимно граничащие области, одна из них должна быть полностью окружена остальными тремя (если вернуться к вышеприведенному примеру, то Люксембург полностью окружен Бельгией, Францией и Германией). Де Морган полагал – ошибочно, – что эта «скрытая аксиома» необходима для доказательства гипотезы, над которым он ломал голову до самой своей смерти – он скончался в 1871 году.

Именно де Морган впервые упомянул о гипотезе четырех красок в печати, причем не где-нибудь, а в анонимной философской заметке, которую он послал в 1860 году в популярный литературный журнал *Athenaeum*. Слухи о заметке пересекли Атлантику и дошли до США, где под колдовское обаяние гипотезы подпал философ Чарльз Пирс. Пирс заявил, что «со стороны логики и математики непростительное упущение, что такое простое утверждение до сих пор не доказано», и в конце 1860-х годов предложил собственное гипотетическое доказательство гарвардскому математическому обществу. Никаких сведений о нем не сохранилось. Однако впоследствии Пирс был вынужден признать верность доказательства, которое предоставил другой ученый, и поспособствовать его публикации в *Nation* в Рождество 1879 года. Тем самым Пирс невольно подтвердил истинность доказательства, которому предстояло стать самым знаменитым примером пагубного заблуждения в истории математики.

Здесь, пожалуй, уместно сказать несколько слов о том, как математики вообще относятся к доказательствам утверждений, особенно таких, которые, подобно проблеме четырех красок, охватывают бесконечное множество случаев. Один из методов доказательства называется математической индукцией. Иногда его сравнивают с тем, как падает бесконечный ряд косточек домино. Главное в методе математической индукции – показать, что если такое-то и такое-то утверждение верно для числа n , то тогда оно верно и для $n+1$. Аналогия с домино означает, что каждая падающая косточка сбивает следующую в очереди, и в конце концов упадут все. Чтобы применить математическую индукцию к проблеме четырех красок, нужно показать, что если каждая карта, на которой обозначено n областей, может быть раскрашена четырьмя красками, это возможно и для карты, на которой $n+1$ областей. Как выяснилось, это чудовищно трудно. Когда добавляешь на данную карту «эн-плюс-первую» область, иногда приходится перекрасить некоторые или все n остальных областей, чтобы новая область вписалась в четырехцветную схему. Общее правило такой перекраски никому сформулировать не удалось. Так что никакого падения доминошек.

К счастью, есть и другой подход к доказательству утверждения, охватывающего бесконечно много случаев: доказательство от противного. Берешь утверждение, противоположное тому, которое хочешь доказать, и доводишь его до абсурда. В случае проблемы четырех красок это означает, что мы предполагаем, что существуют контрпримеры, то есть карты, для которых нужно пять и более красок, а затем выводим из этого предположения противоречие. Поскольку подобные контрпримеры нарушают принцип четырех красок, их принято в обиходе называть «криминальными». Если криминальные карты существуют, в них может быть любое количество областей, но полезно сосредоточиться на тех, где областей абсолютный минимум. Такие карты называют «минимальными» криминальными картами. (Очевидно, чтобы потребовалось

пять цветов, на минимальной криминальной карте должно быть не меньше пяти областей.) Любая карта с меньшим числом областей, чем минимальная криминальная, по определению законопослушна, то есть ее можно раскрасить в четыре цвета.

Мы оказались в занятом положении. Возьмем карту, которая может оказаться минимальной криминальной. Выберем любую область и сожмем ее в точку. Это уменьшит количество областей на одну. Теперь у редуцированной карты не хватает областей, чтобы считаться криминальной, поскольку у нее на одну область меньше, чем у минимальной криминальной карты, с которой мы начали. Следовательно, редуцированная карта законопослушна, а значит, ее можно раскрасить четырьмя красками. Раскрасим ее.

Теперь обратим процесс. Вернем на карту область, которую мы сжали в точку – раздуем эту область обратно. Теперь у нас есть первоначальная карта, на которой как следует раскрашены все области, кроме той, которую мы сжали, а потом восстановили. Зададимся вопросом: есть ли способ раскрасить восстановленную область так, чтобы она вписалась в четырехцветовую схему, которую мы применили к редуцированной карты? Это, конечно, зависит от того, какую область мы выбрали для сжатия и восстановления. Если, например, была выбрана область, граничащая только с тремя другими, вам повезло: когда вы ее восстановите, из четырехцветной схемы останется один цвет, который отличит восстановленную область от трех соседей. Но тогда вы смогли раскрасить исходную карту четырьмя красками. Значит, предполагаемая минимальная криминальная карта вовсе не была криминальной!

Тогда очевидно, что карта, претендующая на звание минимальной криминальной, не должна содержать областей, граничащих только с тремя другими областями. Иначе (1) можно сжать такую область в точку, таким образом снизив число областей на одну и сделав так, чтобы карта оказалась ниже минимально-криминального порога и, следовательно, оказалась законопослушной, (2) раскрасить редуцированную законопослушную карту четырьмя красками, (3) затем восстановить сжатую область, раздув ее снова, и (4) раскрасить восстановленную область одним из четырех цветов, не совпадающим с цветами ее трех соседей, тем самым включив восстановленную область в четырехцветную схему. И тогда исходная карта в конце концов оказывается законопослушной.

Если карта поддается этому процессу сжатия-раскрашивания-восстановления, говорят, что у нее «редуцируемая конфигурация». Как мы только что видели, один из типов редуцируемой конфигурации – это область, граничащая только с тремя другими областями. Увы, такая область найдется не на каждой карте. Но, вероятно, есть и другие типы редуцируемых конфигураций. И, вероятно, можно показать, что любая карта, какой бы сложной она ни была, обязательно содержит хотя бы одну редуцируемую конфигурацию. Если да, это решило бы вопрос. Карта, содержащая редуцируемую конфигурацию, не может быть минимальной криминальной, такая карта всегда может быть раскрашена в четыре цвета в результате процесса сжатия-раскрашивания-восстановления. Так что если любая карта содержит хотя бы одну разновидность редуцируемой конфигурации, значит, минимальных криминальных карт не бывает. А если не бывает минимальных криминальных карт, значит, криминальных карт не существует, и точка. (Если криминальные карты существуют, среди них должны быть карты с минимальным числом регионов.) А если не существует криминальных карт, значит, любая карта законопослушна, то есть может быть раскрашена в четыре цвета.



Именной этой логикой руководствовался и Альфред Брэй Кемп, лондонский адвокат и математик-любитель, который в 1879 году заявил, что доказал гипотезу четырех красок. Рассуждения Кемпа были полны математических хитростей, но показались убедительными, и не только Чарльзу Пирсу. Лучшие математики Британии, Континента и Соединенных Штатов

признали, что перед ними долгожданное решение проблемы четырех красок. Кемпа приняли в Королевское общество, а затем и посвятили в рыцари. Его «доказательство» продержалось десять лет, пока в нем не обнаружили неочевидную, но фатальную ошибку. Нашел ее ученый-классик и математик Перси Хивуд, он же «Котик» Хивуд, как прозвали его друзья за роскошные усы.

Хивуд, который чуть ли не извинялся за то, что опроверг доказательство Кемпа, обладал некоторыми странностями характера, которые выделяют его даже среди героев этой саги, полной всевозможных чудачков и эксцентриков. Был он тощ и слегка сутул и, как правило, одевался в плащ с пелериной в необычных узорах и не расставался с древним саквояжем. Его повсюду сопровождала собака – даже на лекциях. Он любил заседать в ученых комитетах и считал, что день прошел зря, если он не поучаствовал хотя бы в одном заседании. Время на своих вечно отстававших часах он выставлял раз в год, в Рождество, а потом весь год подсчитывал в уме, какой нынче час. «Нет, они не на два часа спешат, а на десять часов отстают!» – уверял он коллегу. Однако были у него и практические таланты: когда Даремский замок XI века едва не сполз с утеса, на котором был построен, в реку Уир, Хивуд почти в одиночку собрал денег на его спасение.

А теперь еще одна математическая интерлюдия. Если доказать гипотезу четырех красок трудно, попробуем задачу попроще: так называемую гипотезу шести красок. Это аналог проблемы четырех красок, только, очевидно, слабее: гипотеза гласит, что для того, чтобы раскрасить любую возможную карту так, чтобы соседние области всегда были разного цвета, достаточно шести красок. Гипотеза шести красок достойна рассмотрения, поскольку выявляет математические корни проблемы четырех красок, восходящие к середине XVIII века и к великому швейцарскому математику Леонарду Эйлеру (чья фамилия на самом деле произносится «Ойлер»).

Эйлер, вероятно, был самым плодовитым математиком в истории. Среди открытий, которые он совершил, курсируя между дворами Фридриха II и Екатерины II, была формула $V - E + F = 2$; недавно ее признали второй по красоте теоремой в математике. (Победителем конкурса красоты, по данным опроса 1988 года в журнале *Mathematical Intelligencer*, стало тождество $e = -1$)¹⁶. Формула Эйлера описывает любой многогранник, то есть любое тело, ограниченное плоскими поверхностями, вроде куба или пирамиды. Она гласит, что если сосчитать все вершины многогранника (V), вычесть количество ребер (E) и прибавить количество граней (F), в результате всегда получается 2. Например, у куба 8 вершин, 12 ребер и 6 граней. И в самом деле, $8 - 12 + 6 = 2$.

Какое отношение многогранники имеют к картам? Если взять многогранник и после некоторых хирургических манипуляций развернуть его в плоскость, каждая грань будет похожа на область на карте. Напротив, из карты можно сшить многогранник. При этом формы и размеры областей изменятся, но это не повлияет на общую конфигурацию карты и на количество цветов, необходимых, чтобы ее раскрасить. Таким образом, проблема четырех цветов – это задача по топологии, отрасли математики, занимающейся свойствами, не меняющимися при растяжении и скручивании.

А теперь применим формулу Эйлера к карте. Тогда F – это число областей, E – число границ, а V – число точек пересечения этих границ. Теперь можно вывести результат, без которого невозможно подойти к проблеме раскрашивания: *на каждой карте должна быть по крайней мере одна область, у которой не больше пяти непосредственных соседей*. Доказать это достаточно просто. Если бы существовала карта, на которой у каждой области было бы по меньшей мере шесть соседей, то, сосчитав области, границы и точки пересечения и подставив их в фор-

¹⁶ Авторство которого, между прочим, тоже принадлежит Эйлеру. – Прим. науч. ред.

мулу Эйлера, мы получили бы экстраординарный результат $0=2$. Противоречие! Значит, на каждой карте обязательно найдется область, граничащая не более чем с пятью другими.

Теперь, когда у нас есть этот результат, доказать гипотезу шести красок – дело одной минуты. Предположим, существуют криминальные карты, требующие больше шести цветов. Возьмем минимальную криминальную карту. Прделаем старый добрый фокус со сжатием, раскрашиванием и восстановлением. Поскольку предполагаемая минимальная криминальная карта, как и все карты, должна содержать по крайней мере одну область, у которой не больше пяти соседей, выберем эту область и сожмем ее в точку. Раскрасим редуцированную карту, которая должна быть законопослушной, шестью красками. Теперь восстановим сжатую область. Поскольку у нее пять и меньше соседей, поэтому мы ее и выбрали, для нее должен остаться незадействованным один из шести доступных цветов. Это противоречит предположению, что эта карта – минимальная криминальная, поэтому гипотеза шести красок становится настоящей теоремой.

Логике, которая стоит за всем этим, недостает прямизны. Но если сделать надлежащее усилие, можно удержать ее в голове и «увидеть», почему теорема четырех красок верна. Доказательство это неожиданно и убедительно одновременно – можно сказать, оно даже остроумно. Увы, с эстетической точки зрения оно ничем не лучше самой проблемы. Метод, которым Кемп в 1879 году попытался свести шестицветный минимум к желаемым четырем цветам, был зубодробительно сложным. Но он не опирался на подлинно глубокие математические идеи. И к тому же содержал ошибку. Тем не менее Хивуд, обнаружив эту ошибку, сумел спасти достаточную часть логических рассуждений, чтобы показать, что любую карту можно раскрасить не более чем пятью красками.

В число заинтересовавшихся проблемой четырех красок входил и Фредерик Темпл, епископ Лондонский, а в дальнейшем архиепископ Кентерберийский, который тоже опубликовал ошибочное доказательство, и французский поэт Поль Валери, оставивший десяток страниц основательных рассуждений об этой проблеме в своем дневнике за 1902 год. Некоторым исследователям казалось, что от этого досадного вопроса удастся избавиться, как только к нему приложит руку какой-нибудь по-настоящему первоклассный математик. Предложить доказательство попытался на своей лекции в Гёттингенском университете великий Герман Минковский, однако, потратив на него несколько недель занятий, он объявил студентам: «Моя дерзость прогневила небеса, мое доказательство тоже ошибочно». Другие известные математики предположили этой проблемой не заниматься – возможно, это было мудрое решение. Ведь она лежит в стороне от математического мейнстрима. Насколько было известно ученым, от ее истинности или ложности не зависело ничего важного. Когда в 1900 году на международной конференции в Париже Давид Гильберт, вероятно, самый выдающийся математик своего времени, сформулировал 23 важнейшие математические задачи, гипотезы четырех красок среди них не было.

И все же известность и неподатливость этой гипотезы делали ее непреодолимо соблазнительной для математиков по обе стороны Атлантики (причем некоторые потом жалели, что потратили на нее время). Атаковали они ее в целом с той же стороны, что и Кемп: стратегия состояла в том, чтобы найти все лазейки, оставляющие простор для контрпримеров гипотезы четырех красок, а затем закрыть эти лазейки. Но для этого количество лазеек должно было быть конечным, а иначе их нельзя было бы учесть все до единой и показать, что их можно закрыть. На протяжении XX века одни математики находили изобретательные способы исчерпывающим образом описать все множество лазеек, а другие находили не менее изобретательные способы их закрыть. Проблема состояла в том, что множества лазеек («неизбежные множества») были до нелепого огромными, число входящих в них конфигураций на картах доходило до десяти тысяч. А закрыть каждую лазейку, то есть показать, что рассматриваемая конфигурация редуцируема, зачастую было делом неподъемно трудоемким – настолько, что живому математику оно оказывалось не по силам. Однако к шестидесятым годам несколько ученых,

работавших над этой задачей, заподозрили, что процесс проверки лазеек можно существенно упростить, если описать его механическим алгоритмом. Это заставило рассмотреть интересный вариант: возможно, доказать гипотезу четырех красок удастся с помощью компьютера.

Следует отметить, что математики приветствовали компьютерную эру без особого восторга. По традиции, еще со времен Пифагора, они уповали на то, что для познания новых истин нужно просто как следует подумать. Принято было говорить, что математический факультет стоит на втором месте по дешевизне в любом университете, поскольку для его работы нужны только бумага, карандаши и мусорные корзины (дешевле только философский: там обходятся без корзин). Уже в 1986 году один стэнфордский математик хвастался, что на его кафедре меньше всего компьютеров – даже меньше, чем на кафедре французской литературы.

Так или иначе, проблема четырех красок поначалу казалась непосильной даже для компьютера. Получалось, что самая быстрая из существующих машин будет перебирать все случаи больше ста лет. Однако в начале семидесятых Вольфганг Хакен, математик из Университета штата Иллинойс, усовершенствовал методологию и совместно с талантливым программистом Кеннетом Аппелем наладил с компьютером своеобразный диалог, целью которого было сократить количество лазеек и закрывать их производительнее. Впоследствии Хакен сказал о своем компьютере: «Он вырабатывал сложные тактики на основании всех трюков, которым его “научили”, и его методы зачастую были куда хитрее тех, которые пробовали мы». Аппель и Хакен не знали, что параллельно по всему земному шару – и в Онтарио, и в Родезии, и в Гарварде – другие исследователи приближаются к решению задачи при помощи похожих методов. А по крайней мере один математик не оставил попыток создать сложную карту, требующую пяти цветов. В июне 1976 года, после четырех лет упорных трудов, для которых потребовалось 12 тысяч часов компьютерного времени и неоценимая помощь одного профессора литературы из Монпелье, Аппель и Хакен получили свой результат: четырех цветов и правда хватит. Не прошло и месяца, как об этом рассказала лондонская *Times* (более осторожная *New York Times* выждала две недели, прежде чем признавать, что задача решена, и редакционную колонку для нее написал выдающийся математик из Колумбийского университета Липман Берс). Гипотеза четырех красок превратилась в теорему четырех красок.

Или все-таки нет? Как бы ни отнесся к этой новости большой мир, многие математики морщили нос, узнав некоторые подробности. «Признание, что компьютерные шуточки Аппеля и Хакена – это тоже математика, оставляет у нас ощущение интеллектуальной неудовлетворенности», – заметил один из них. Для недовольства выделялись три группы причин. Первая – эстетическая. Доказательство было некрасивым, прямолинейным, как бульдозер; перечисление случаев не таило никакого очарования и прелести для интеллекта. Как заметил когда-то Г. Г. Харди, «в мире нет места безобразной математике».

Вторая группа причин имела отношение к применимости. Хорошее доказательство должно содержать новые доводы и выявлять скрытые структуры, которые можно применить в других областях математики. А доказательство Хакена и Аппеля в этом отношении казалось совершенно бесплодным. К тому же оно ничего не говорило о том, почему, собственно, теорема четырех красок верна. Хакен и Аппель просто выдали ответ на вопрос, похожий на «чудовищное совпадение», как выразился один математик.

Третья и главная группа причин относилась к эпистемологии. Действительно ли достижение Хакена и Аппеля позволяет нам с полным правом утверждать, что теперь мы знаем, что гипотеза четырех красок верна? Доказательство ли это? В идеале доказательство – это рассуждение, которое можно перевести на формальный язык и проверить законами логики. На практике математики никогда не затрудняются подобными формальными доказательствами, которые могут быть крайне неуклюжими. Они предпочитают делать свои доводы разумно строгими, проговаривая достаточно шагов, чтобы убедить специалистов в своей области. Чтобы довод

был убедительным, он должен быть «исследуемым», то есть нужно, чтобы человеческий разум мог осознать и проверить его. А доказательство Хакена и Аппеля явно к таким не относилось.

Человеческая часть доказательства, состоящая примерно из семисот страниц, сама по себе обескураживала. А часть, так сказать, *in silico*, которая в виде компьютерной распечатки была четыре фута высотой, в принципе не могла быть проверена людьми, даже если бы за это взялись все математики планеты. Как будто бы кульминационную сцену доказательства пересказывал оракул в виде долгой череды «Да, да, да». Если бы хотя бы одно из этих «да» оказалось «нет», все доказательство пошло бы насмарку. Откуда нам знать, что в компьютерную программу не вкрался «баг»? Чтобы проверить результат Хакена – Аппеля, рецензенты были вынуждены сами запустить независимую компьютерную программу – как физик попытался бы повторить эксперимент, проведенный в другой лаборатории. Философ Томас Тимощко в своей авторитетной статье, опубликованной в 1979 году в *The Journal of Philosophy* и называвшейся «Проблема четырех красок и ее философское значение» (Thomas Tymoczko, *The Four-Color Problem and Its Philosophical Significance*) утверждал, что подобные компьютерные эксперименты приносят в математику элемент эмпирики. В наши дни почти все математики уверены, что теорема четырех красок верна, но их уверенность основана на данных, подлежащих исправлению. Теорема не удовлетворяет платоновскому идеалу ясного, абсолютного, априорного знания, и это подозрительно. Самое большее, что мы можем сказать, – что она, вероятно, верна, подобно физическим теориям, стоящими за действиями машины, которая помогла доказать ее.

Доказательство теоремы четырех красок стало прорывом, знаменовавшим сдвиг в математической практике. С тех пор с помощью компьютеров было доказано несколько других гипотез (особо стоит отметить доказательство несуществования конечной плоскости порядка 10, выведенное в 1988 году). Между тем математики подчистили доказательство Хакена – Аппеля, и теперь компьютерная часть стала гораздо короче, так что кое-кто надеется, что когда-нибудь будет найдено традиционное доказательство теоремы четырех красок, которое подарит нам и красоту, и просветление. Ведь именно жажда просветления подвигла столь многих на работу над этой проблемой на протяжении ее долгой истории и даже на то, чтобы посвятить ей жизнь. (Один математик заставил молодую супругу раскрашивать карты во время медового месяца.) Даже если сама по себе теорема четырех красок относится скорее к математическим развлечениям, в ходе неудачных попыток ее доказать было получено много полезной математики. К тому же она, несомненно, обеспечила философам последних нескольких десятилетий огромные запасы пищи для ума. Что же до более общих ее результатов, тут трудно быть в чем-то уверенным. Рассматривая карту Соединенных Штатов на форзаце толстого словаря, который я когда-то выиграл в состязании грамотеев среди нью-йоркских журналистов, я с легким удивлением заметил, что раскрашена она ровно четырьмя красками. Как печально, что штаты Арканзас и Луизиана, у которых есть общая граница, оказались раскрашены синим.

Часть пятая. Бесконечность большая и малая

Глава одиннадцатая. Видения о бесконечном. Георг Кантор против Дэвида Фостера Уоллеса

Едва ли какая-то идея по богатству истории способна потягаться с идеей бесконечности. Она зародилась среди древних парадоксов, две тысячи лет ставила философов в тупик, а затем, в конце XIX века, отважный интеллектуальный подвиг заставил ее выдать свои тайны – впрочем, взамен она оставила целую кучу новых парадоксов. Проследить за развитием сюжета можно безо всякого специального образования: основные открытия, несмотря на обеспечившую их изобретательность, можно описать несколькими закорючками на салфетке во время вечеринки с коктейлями. Все это делает бесконечность непреодолимо соблазнительным материалом для популяризатора науки, и за долгие годы о ней появилось довольно много книг.

Самой выдающейся фигурой, попробовавшей себя в этом деле, был Дэвид Фостер Уоллес. Как вправде заподозрить читатели «Бесконечной шутки», ее автор обладал глубоким и тонким пониманием математики и метафизики. А книга «Все и еще немножко. Компактная история ∞ » (Wallace, D. F., *Everything and More: A Compact History of ∞*), написанная за пять лет до самоубийства Уоллеса в 2008 году в возрасте 46 лет, стала попыткой посвятить несведущего в математике читателя в тайны бесконечного.

В сущности, странно, что конечные существа вроде нас умудрились что-то узнать о бесконечности, если учесть, что мы не способны непосредственно воспринимать ее. Декарт полагал, что представление о бесконечности у нас врожденное, однако поведение детей это опровергает: в ходе одного исследования младшие школьники «рассказывали, что “считают и считают” в попытке добраться до последнего числа и после долгих усилий приходят к выводу, что его не существует». Так ли иначе, человек, который приложил больше всех стараний, чтобы облечь бесконечность в теорию, утверждал, что озарения дарованы ему Богом, и окончил свои дни в сумасшедшем доме.

Вообще говоря, есть две версии бесконечности. Относительно путаная и мистическая, которую можно назвать метафизической бесконечностью, ассоциируется с идеями вроде совершенства, абсолюта, Бога. Относительно строгая математическая бесконечность – это как раз та бесконечность, о которой решил рассказать Уоллес. Она коренится в идее отсутствия предела: время, которое течет вечно, пространство, которое можно подразделять безо всяких ограничений, числа, которые можно генерировать сколько угодно. Метафизическая бесконечность имеет тенденцию пробуждать в тех, кто над ней размышляет, благоговейный восторг, а математическая на протяжении большей части западной интеллектуальной истории служит объектом крайних подозрений и даже презрения. Впервые она появилась в V веке до н. э. в парадоксах Зенона Элейского. Зенон утверждал, что если пространство можно делить бесконечно, то быстроногий Ахиллес никогда не обгонит черепаху: за то время, пока он окажется там, где была черепаха, та уползет немного дальше – и так до бесконечности, *ad infinitum*. Такие парадоксы были настолько травмоопасными, что Аристотель решил изгнать идею «полной» бесконечности из греческой мысли – и задал направление всей философии на ближайшие 2000 лет.

Последовавшая реабилитация бесконечности опирается на другой парадокс, сформулированный в 1638 году Галилеем. Рассмотрим все целые числа: 1, 2, 3, 4 и так далее, – предлагает Галилей. Теперь рассмотрим только квадраты: 1, 4, 9, 16 и так далее. Целых чисел, конечно, больше, чем квадратов, поскольку квадраты – лишь часть целых чисел, причем малая. Однако,

замечает Галилей, есть способ сопоставить квадраты с целыми числами: 1 с 1, 2 с 4, 3 с 9, 4 с 16 и так далее. Когда таким образом создают два соотносящихся конечных множества – каждому элементу первого множества соответствует один и только один элемент второго множества и наоборот, – чтобы понять, что они одинакового размера, не обязательно продельвать утомительные подсчеты. Однако, распространив этот принцип на бесконечные множества, Галилей обнаружил, что тяготеет к выводу, что квадратов столько же, сколько целых чисел, и точка. То есть часть равна целому – мысль, которая самому Галилею показалась нелепой.

Два с половиной века спустя Георг Кантор положил парадокс Галилея в основу математической теории бесконечности. Кантор (1845–1918) – немецкий математик, родившийся в России и отличавшийся художественными наклонностями и обостренным интересом к богословию. Он понял, что крах привычной логики части и целого дает новое определение бесконечности, которое не опирается на смутное представление о чем-то беспредельном. Бесконечное множество, как описывал его Кантор, это множество того же размера, что и некоторые его части. Иначе говоря, бесконечное множество – это множество, которое может потерять некоторые элементы, но от этого не уменьшается.

Теперь у Кантора появилась возможность задать новаторский вопрос: все ли бесконечности равны или некоторые равнее других?

Кантор стал искать бесконечность больше, чем целые числа, и начал с рассмотрения множества дробей. Казалось бы, это был верный кандидат, поскольку дроби организованы на числовой прямой очень плотно: между каждыми двумя целыми числами бесконечно много дробей (например, между 0 и 1 лежат $1/2$, $11/3$, $1/4$, $1/5$ и так далее). Однако Кантор, к своему удивлению, быстро нашел простой способ однозначно сопоставить целые числа и дроби. Несмотря на первоначальное впечатление, эти две бесконечности оказались одинаковыми. Возможно, подумал ученый, все бесконечные множества одинаковой величины просто потому, что они неисчерпаемы. Но затем он рассмотрел множество вещественных чисел, тех самых, которые отмечают точки на непрерывной прямой. Удастся ли и их однозначно сопоставить с целыми числами? Кантор разработал непревзойденно хитроумное доказательство, так называемый диагональный способ, и доказал, что ответ отрицательный. Иначе говоря, есть по крайней мере две разные бесконечности, бесконечность целых чисел и бесконечность континуума, и вторая больше первой.

Но это был еще не конец. Кантор стал искать все более крупные бесконечности и обратился к пространствам высших размерностей. Ведь на двумерной плоскости, рассудил он, точек наверняка больше, чем на одномерной линии. Года два он пытался доказать, что точки на плоскости нельзя однозначно сопоставить с точками на линии – и все это увенчалось тем, что в 1878 году он обнаружил, что на самом деле такое соответствие возможно. Простой трюк показал, что на отрезке длиной в дюйм точек ровно столько же, сколько во всем пространстве. «Я это вижу, но не верю своим глазам!» – писал Кантор коллеге.

После открытия, что ни размер, ни размерность не делают бесконечность больше, поиски забуксовали. Но через десять лет упорного труда (с перерывом на лечение в санатории после нервного срыва) Кантор вывел новый фундаментальный принцип, который позволил ему продолжить восхождение: *множеств* вещей всегда больше, чем самих вещей. В конечном мире это довольно очевидно. Если у вас, скажем, три предмета, из них можно составить восемь разных множеств (в том числе, естественно, пустое). Гениальность Кантора состояла в том, что он обобщил этот принцип на царство бесконечного.

Чтобы все стало чуть менее абстрактным, давайте представим себе, будто мы живем в мире, где бесконечно много людей. Теперь рассмотрим все возможные клубы (множества людей), которые могут существовать в таком мире. Самый *неэксклюзивный* из этих клубов – универсальный клуб, в который входят абсолютно все до единого. Самый *эксклюзивный* – нулевой клуб, в котором нет ни одного члена. Между этими крайностями лежит бесконечное

множество других клубов – в одних членов очень много, в других всего несколько. Насколько велика эта бесконечность? Есть ли способ однозначно сопоставить людей и клубы, показав тем самым, что два бесконечных набора на самом деле одного размера? Предположим, каждого человека можно сопоставить с одним и только одним клубом и наоборот. Одни люди окажутся членами клубов, с которыми сопоставлены (например, человек, сопоставленный с универсальным клубом). Другие по чистой случайности *не будут* членами клуба, с которыми ассоциированы (например, человек, сопоставленный с нулевым клубом). Эти люди войдут в клуб, который можно назвать «Граучо-клубом». Граучо-клуб – это своего рода общество изгоев: он состоит из людей, сопоставленных с клубами, в которые их не приняли. Поэтому человек, сопоставленный с нулевым клубом, в который он, естественно, не входит, может утешиться, что его приняли хотя бы в Граучо-клуб.

Тут все принимает интересный оборот. Поскольку считается, что каждому человеку соответствует какой-то клуб и наоборот, должен быть кто-то, кто сопоставлен с самим Граучо-клубом. Назовем его Вуди. Он член Граучо-клуба или нет? Ну, предположим, да. Это значит, что по определению его надо исключить из клуба, с которым он сопоставлен. Следовательно, Вуди – не член Граучо-клуба. Но если он не член Граучо-клуба, значит, поскольку клуб, с которым он сопоставлен, его не принял, Вуди – член Граучо-клуба. С какой стороны ни посмотри, везде противоречие. Как мы зашли в этот тупик? Все из-за предположения, что людей можно однозначно сопоставить с клубами. Следовательно, это предположение ложно. Тем самым установлено, что бесконечность из множеств вещей больше, чем бесконечность самих вещей.

Красота этого принципа, который известен как теорема Кантора, состоит в том, что его можно применять много раз подряд. Если дано любое бесконечное множество, всегда можно создать бесконечность еще больше, рассмотрев его показательное множество – множество всех подмножеств, которые можно из него создать.

Кантор возвел поверх простого *reductio ad absurdum* нескончаемую башню бесконечностей. Это было как сон, что-то вроде «Кубла-хана» Кольриджа. Но математики обнаружили в этой новой теории ресурсы, необходимые, чтобы подвести под свой предмет надежный фундамент. «Никто не изгонит нас из рая, который создал нам Кантор», – провозгласил великий (и влиятельный) математик Давид Гильберт. Однако некоторые математики отменили канторовскую бесконечность бесконечностей как «туман на тумане» и «математическое безумие». У Кантора сложилось впечатление, что эти критики преследуют его, что усугубило его нервное расстройство (судя по всему, у него был маниакально-депрессивный психоз). В промежутках между постоянными срывами и госпитализациями он размышлял над теологическими следствиями из бесконечного и с неменьшим пылом разрабатывал теорию, что шекспировские пьесы написал Бэкон.

Теория Кантора «прямо подтверждает, что человеческий интеллект способен понимать бесконечные множества и манипулировать ими, то есть по-настоящему ими овладеть», – писал Уоллес в *Everything and More*. И добавил, что героическим подвигом это достижение делает чудовищная абстрактность бесконечности: «Это своего рода предельный отход от реального опыта», отрицание «самой что ни на есть вездесущей и гнетущей черты конкретного мира: все кончается, все имеет границы, все проходит». Уоллес ясно понимал все «ужасы и опасности» абстрактного мышления. Две тысячи лет считалось, что идея бесконечности ставит под угрозу душевное здоровье. И именно Кантор при всем своем безумии сумел укротить бесконечность и показал, что ее можно осознать и не сойти при этом с ума.

Доступно и понятно писать об абстрактных математических идеях, оказывается, тоже опасно. Например, очень легко впасть в излишнюю цветистость. В одной очень популярной книге о математическом анализе сказано, что «декартова плоскость координат полна странной, торжественной тишины», в книге о нуле написано, что это число – «тень в косых лучах страха». Легко впасть и в мистицизм. Математик Амир Д. Ацель в книге «Загадка алефа» (Aczel, A.

D., *The Mystery of the Aleph*), написанной за несколько лет до книги Уоллеса о бесконечности, пытается сделать из Георга Кантора каббалиста, проникнувшего в «заповедный сад Господа». «Бесконечность и разум» Руди Ракера (Rucker, R., *Infinity and the Mind*), потрясающее исследование, обладающее подлинной математической глубиной, зачем-то обращается к дзен-буддизму. С другой стороны, маленькая классическая книга «Игры с бесконечностью» венгерского логика Ружи Петер, умершей в 1977 году (Péter, R., *Playing with Infinity*), обладает и прозрачностью, и обаянием безо всякого эзотерического флера. Но все популяризаторы при всех их недочетах на совесть выполнили неподъемную работу, без которой невозможно сделать понятными новичку абстрактные идеи, пусть даже самые прекрасные. Упрощение и умолчание позволило им дать первое приближение к подлинной ясности.

Напротив, работу Уоллеса едва ли можно назвать популяризацией. Сам Уоллес уверял читателя, что это «популярно-техническое сочинение», и утверждал, будто его собственное математическое образование едва выходит за рамки средней школы. Однако пойти на обычные компромиссы он отказался. Текст *Everything and More* зачастую плотен, как учебник по математике, хотя значительно более хаотичен. Мне еще не попадались научно-популярные книги по математике, в которых было бы столько технических подробностей, тем более что работа Уоллеса претендует на «компактность» (он называет свою книгу «брошюрой», но на самом деле в ней больше трех сотен страниц, впрочем, в строго математическом смысле она и вправду компактна, поскольку имеет начало и конец и может быть закрыта). Мотивы Уоллеса достойны восхищения: он решил написать книгу, которая была бы лучше «иных недавних популярных сочинений, которые рассказывают о доказательствах Кантора так плоско и убого... что математика искажается, а красота меркнет». Но когда автор не слишком уверенно владеет своим материалом, он рискует пожертвовать ясностью в угоду зрелищности, жонглируя формулами и терминами, что твой фокусник. Уоллес предлагал читателям, новичкам в мире математики бесконечностей, попросту «наслаждаться символогией». Он писал, что некоторые термины – «недостижимое порядковое», «трансфинитная рекурсия» – «приятно произносить, даже если не особенно представляешь себе, что они обозначают». Уоллеса очень привлекала эстетическая сторона учебников по математике, и это, вероятно, также объясняет его любовь к заглавным буквам и аббревиатурам («что касается» превратилось в «ч/к», Галилей – в ГГ, а «Божественное братство пифагорейцев» – в ББП); впрочем, эта любовь часто проявлялась и в его художественных произведениях.

И все же энтузиазм Уоллеса по поводу теории бесконечности очевиден на каждой странице (не в последнюю очередь в его убеждении, что Кантор – «важнейший математик XIX века», с которым согласятся лишь немногие математики и историки науки). И даже если местами он путается, то только потому, что отважно форсирует самые непреодолимые глубины. Вопрос в том, поспевают ли за ним читатель.

Если книга отличается сложностью, но не строгостью, вероятно, ее не стоит советовать тем, кто ищет математического просветления. Все-таки работа Уоллеса обеспечивает исключительно литературный опыт. Учитывая природу такого опыта, можно, пожалуй, поискать подсказку в том, как отозвался о великом открытии Кантора Людвиг Витгенштейн. А Витгенштейн решил, что трепет, который испытываешь, осознав, что одни бесконечности больше других, это чисто «школярское удовольствие». В его теории нет ничего божественного, она не описывает мир вечных, трансцендентных, едва вообразимых сущностей – на самом деле это не более чем собрание (конечных) умственных фокусов. Витгенштейн заметил, что можно представить себе, что теорию бесконечных множеств «создал какой-то сатирик в виде пародии на математику». А тогда, должно быть, Уоллес, обладавший трансцендентным талантом сатирика, все же совершил нечто значительное – создал лукавую пародию на популярно-техническую литературу. «Пародия на математику»... Если назвать так труды Кантора по бесконечности, это,

разумеется, обидно и несправедливо. А если описать этими словами книгу Уоллеса, может статься, это было бы воспринято как дань восхищения.

Глава двенадцатая. Обоожествление бесконечности. Почему русские ей поклоняются, а французы нет

Математику издавна принято связывать с мистикой. Высшую математику придумали пифагорейцы – секта, верившая, в частности, в переселение душ и считавшая грехом поедание бобов. Даже сегодня от математики нет-нет да и повеет чем-то мистическим. Многие математики, даже выдающиеся, открыто признаются в вере в царство совершенных математических сущностей, парящее в вышине над грубым эмпирическим миром, то есть, по сути, в платоновские небеса.

В число таких платоников входит и Ален Конн, заведующий кафедрой анализа и геометрии в Коллеж де Франс. Лет двадцать назад в диалоге с нейробиологом Жан-Пьером Шанже Конн заявил о своем убеждении, что «существует исходная неизменная математическая реальность, не зависящая от человеческого разума», причем она «обладает реальностью значительно более неизменной, чем окружающая нас физическая реальность». Непоколебимо платонических взглядов придерживается и сэр Роджер Пенроуз, почетный профессор математики в Оксфорде на кафедре Роуза Болла: он считает, что мир природы – всего лишь «тень» платоновского царства вечных математических форм.

Такие сверхъестественные представления о математике первым обосновал сам Платон в своем «Государстве». Он заметил, что геометры говорят об идеально круглых кругах и идеально прямых линиях, однако в осязаемом мире их не найдешь. То же самое можно сказать даже и о числах, полагал Платон, поскольку они должны состоять из идеально равных единиц. Поэтому, заключал Платон, объекты, изучаемые математиками, существуют, должно быть, в другом мире, неизменном и трансцендентном.

Какой бы ни была соблазнительной платоновская картина математики, она оставляет непроясненным один момент. Как математики выходят на связь с этим трансцендентным царством? Откуда они знают о математических объектах, если эти объекты лежат вне мира пространства и времени? Современные платоники, если задать им этот вопрос, обычно только вяло отмахиваются. Конн упоминает «особое чувство», «не сводимое к зрению, слуху или осязанию», которое позволяет ему воспринимать математическую реальность. Пенроуз заявляет, что человеческое сознание иногда «прорывается» в платоновский мир. Курт Гёдель, один из самых стойких платоников XX века, писал, что «несмотря на недоступность чувственному опыту, мы обладаем некоторой способностью воспринимать» математические объекты, и добавлял: «Не вижу причин, почему мы должны доверять такого рода восприятию, то есть математической интуиции, меньше, нежели чувственному восприятию».

Однако математики, как и все мы, думают мозгом. И трудно представить себе, как физический орган вроде мозга может взаимодействовать с нефизической реальностью. Как заметил философ Хилари Патнэм, «мы не можем представить себе никакого нервного процесса, способного как-то соотноситься с “восприятием математического объекта”».

Чтобы выйти из этого тупика, можно, например, переключиться с Платона на Аристотеля. Пусть в нашем мире и нет совершенных математических сущностей, зато вдоволь несовершенных приближений. Мы можем грубо рисовать мелом на доске круги и линии, можем складывать два яблока и три яблока, и хотя яблоки не идентичны, все равно получится пять яблок. Однако, абстрагировавшись от подобного восприятия заурядных ощущаемых вещей, мы приходим к интуитивному представлению об основных математических понятиях. А остальное – дело логики. Таково аристотелевское представление о математике, и оно вполне согласуется со здравым смыслом. Но есть один воображаемый математический объект, с которым оно справиться не может, и это – бесконечность. У нас нет опыта восприятия бесконечности. Как и восприятия чего-то даже отдаленно на нее похожего. Да, у нас есть ощущение,

что считать можно неопределенно долго, поскольку, какое бы большое число мы ни выдумали, всегда можно получить число еще больше, прибавив к нему 1. И, наверное, мы можем вообразить, как бесконечно тянется время или расширяется пространство. Но настоящая, «полная» бесконечность, в противоположность просто «потенциальной» – нет, с таким мы в мире природы никогда не сталкиваемся.

К идее бесконечности с древности относились с подозрением, если не с ужасом. Парадоксы Зенона вроде бы показывали, что если пространство можно бесконечно делить на бесконечно малые фрагменты, движение становится невозможным. Фома Аквинский утверждал, что бесконечно большие числа противоречат сами себе, поскольку числа получаются при счете, поэтому бесконечную коллекцию собрать никогда не получится. Галилей отмечал, что бесконечность нарушает принцип «часть меньше целого». Размышлять о бесконечном оставили богословам, а те отождествили ее с божественным. Паскаль, чья семьдесят вторая «Мысль» – это ода бесконечности в прозе, полагал, что понять бесконечность нельзя, ею можно лишь восхищаться. И даже относительно недавно, в 1831 году, Гаусс объявил, что «пользоваться бесконечным множеством как реальной сущностью... в математике недопустимо».

Однако стало очевидно, что без бесконечности математикам не обойтись. Даже «прикладная» математика – математическая физика, выросшая из дифференциального и интегрального исчисления, которое изобрели Ньютон и Лейбниц, – не лишена фундаментальных недочетов, которые может исправить только строгая теория множеств, в том числе бесконечных. Нужную теорию обеспечил лишь в конце XIX века Георг Кантор, немецкий математик, родившийся в России. Кантор не собирался описывать свойства бесконечности ради них самих, напротив, он утверждал, что эта идея была ему «логически навязана, почти что против моей воли».

На разработку теории бесконечных множеств Кантора вдохновила проблема «дрожащей струны», название которой звучит очень непритязательно. А в результате у него после двух десятков лет интеллектуальных мучений получилось нечто отнюдь не очевидное – последовательность бесконечностей все более высокого порядка, бесконечная их иерархия, восходящая к неведомому пределу, который Кантор назвал Абсолютом. Кантор решил, что видение ниспослано ему свыше, а если он передаст его миру, то станет «посланником Божиим» (по словам его биографа Джозефа Даубена).

Поначалу новую теорию Кантора встретили неоднозначно. Леопольд Кронекер, его бывший учитель, назвал ее «мошенничеством» и «математическим безумием», а Давид Гильберт, напротив, заявил: «Никто не изгонит нас из рая, который создал нам Кантор». Бертран Рассел в автобиографии вспоминал, что «ошибочно считал все доводы Кантора заблуждениями», но затем понял, что «заблуждался только я».

В некоторых случаях реакция на теорию Кантора зависела от государственных границ. Французские математики в целом настороженно относились к ее метафизическому флеру. Анри Пуанкаре, который соперничал с немецким математиком Гильбертом за звание величайшего математика своего времени, заметил, что высшие бесконечности «отдают формой без содержания, что претит французскому духу». А русские математики, напротив, приняли свежее открытие иерархии бесконечностей с восторгом.

Почему же французы и русские отнеслись к теории Кантора настолько по-разному? Некоторые наблюдатели списали все на французский рационализм в противоположность русскому мистицизму. К такому объяснению склонялся, например, Лорен Грэхем, американский историк науки, в прошлом преподаватель Массачусетского технологического института, и Жан-Мишель Кантор, математик из Математического института де Жюссе, в своей книге «Имя для бесконечности» (Graham, L., Kantor, J.-M., *Naming Infinity*). И именно русские мистики оказались двигателями математического прогресса, утверждают Грэхэм и Кантор. В интеллектуальной жизни французских математиков, замечают они, господствовали Декарт, для которого

ясность и отчетливость были гарантией истинности, и Огюст Конт, который требовал очистить науку от метафизических спекуляций. Представления Кантора о нескончаемой иерархии бесконечностей явно претили бы обоим.

А русских сверхъестественный дух теории Кантора только согревал. Более того, у истоков одной из самых влиятельных математических школ XX века – Московской математической школы середины столетия – стояли русские математики, принадлежавшие к еретической секте имяславцев. Сектанты верили, что если непрестанно повторять имя Божие, можно слиться с божественным. Имяславие возникло еще в IV веке среди палестинских отшельников-христиан, а в новое время его возродил русский монах Иларион. В 1907 году он опубликовал книгу «На горах Кавказа», где описывал, как доходил до религиозного экстаза, нараспев повторяя имена Бога и Иисуса Христа до тех пор, пока дыхание и сердцебиение не входили с ними в резонанс.

В глазах официальной православной церкви имяславцы были еретиками, поскольку приравнивали Бога к Его имени, и царский режим подавил движение (чтобы выдворить сектантов из Афонского монастыря, где было много мятежных монахов-имяславцев, даже отправили военных моряков). Но для математиков, входивших в секту, имяславие, по всей видимости, открывало особый путь к бесконечности и на платоновские небеса, где она обитала. Так что русские смело применяли высшие бесконечности в своих математических трудах. «Пока французам мешал их рационализм, русским придавала сил их вера в мистическое», – утверждают Грэхэм и Кантор.

Тут напрашиваются два разных вопроса. Во-первых, правда ли, что имяславский мистицизм помог русским в математических исследованиях? Грэхэм и Кантор убеждены, что да, и утверждают, что в этом случае «религиозная ересь поспособствовала рождению новой отрасли современной математики». Это заставляет задать второй вопрос: разве может мистицизм сыграть важную роль в обретении математических знаний, особенно знаний о бесконечности? На него авторы, убежденные антиклерикалы, отвечают уже не так уверенно. «Мы доверяем рациональной мысли больше, чем мистическому озарению», – пишут они. Но ведь то же самое можно сказать и о французских математиках, которых русские опередили. У читателя остается впечатление, что мистицизм в математике заключает в себе какое-то зерно прагматической истины – то есть это работающий метод.

Вспомним, с какими понятийными трудностями столкнулись математики к концу XIX века. Когда Кантор приступил к работе над бесконечностью, в основных понятиях математического анализа, который десятилетиями был главным математическим инструментом познания физического мира, еще царила путаница. В сущности, математический анализ имеет дело с кривыми. Две его главные операции – это поиск направления кривой в данной точке (производная) и поиск площади, ограниченной кривой (интеграл). Кривые математически описываются функциями. Одни функции красивые и гладкие, например, синусоида, они называются непрерывными. У других есть точки разрыва. Насколько разрывной может быть функция, чтобы к ней все же можно было применять методы математического анализа? Это был важнейший вопрос, ответ на который мучительно искали современники Кантора.

Оказалось, что для ответа нужна идея множества. Рассмотрим множество всех точек, где функция прерывиста и совершает скачки. Чем больше и сложнее это множество разрывов, тем «патологичнее» функция. Поэтому Кантор и обратил внимание на множества точек. Как измерить размер такого множества? Кантор попытался это выяснить, и у него получилась теория, определяющая целую иерархию бесконечностей в зависимости от их размера¹⁷.

Теория множеств Кантора и его открытие, что бесконечности бывают «большие» и «маленькие», обеспечили все необходимое, чтобы привести математический анализ в поря-

¹⁷ Под «размером множества» автор подразумевает то, что называется «мощностью множества» (*cardinality*). – Прим. науч. ред.

док и расширить его основные понятия¹⁸. Работой руководили три французских математика. Эмиль Борель, математик, руководивший Эколь Нормаль Сьюпериор – Высшей нормальной школой – был еще и журналистом (он выпускал авторитетное левое периодическое издание *Revue du Mois*), государственным служащим, видной фигурой парижского бомонда, а затем – участником Сопротивления и узником гестапо. Борель и его ученики Анри Лебег и Рене Бэр сумели избавить математический анализ от самых неприятных недочетов, касавшихся его оснований. Борель сформулировал теорию меры, без которой невозможно было изучать вероятности. Бэр разработал понятие непрерывности и изучил ее связи с производной. А Лебег представил красивую новую теорию интегрального исчисления, избавленную от самых досадных пробелов.

Все эти великолепные достижения основывались на открытии Кантора, однако французское трио относилось к нему с подозрением. Парадоксы, которые открыли Бертран Рассел и другие мыслители, пробудили у Бореля, Лебега и Бэра опасения, что теория множеств, вероятно, содержит логические ошибки. Особенно скептически они отнеслись к так называемой аксиоме выбора – нововведению немецкого математика Эрнста Цермело, который придумал ее, чтобы расширить теорию Кантора. Согласно аксиоме выбора, некоторые множества существуют несмотря на то, что для их создания нет рецепта. Предположим, например, что у вас есть множество, состоящее из бесконечного числа пар носков. Скажем, вы хотите определить новое множество, в которое входит только по одному носку из каждой пары. Поскольку носки в паре идентичны, нет правила, которое позволило бы это сделать. Тем не менее аксиома выбора гарантирует, что такое множество существует, хотя для его создания нужно произвольно выбрать по носку бесконечное число раз.

В конце концов французское трио отвергло аксиому выбора – Борель объявил, что «таким рассуждениям в математике не место», – а с ним и применение высших бесконечностей как таковых. Что это – интеллектуальная робость? Авторы *Naming Infinity* полагают, что да. Французское трио «дало слабину», очутившись «на краю интеллектуальной бездны, перед которой они остановились». Причем эти сомнения, как нас убеждают авторы, дорого им обошлись не только с математической, но и с психологической точки зрения. Борель отступил от абстракций теории множеств на более надежную почву теории вероятностей. «*Je vais pantoufler dans les probabilités*», как говорил он сам. Это очаровательное выражение означает «Я буду развлекаться с вероятностями» (по-французски *pantoufler* – «играть и резвиться в домашних тапочках»). Лебег «от досады» стал «несколько угрюмым». А Бэр, всегда отличавшийся хрупким здоровьем, и физическим, и психическим, провел последние годы жизни в одиночестве и покончил с собой.

Зато русское трио, работавшее в то же время параллельно с ними, с радостью приняло метафизические аспекты теории множеств. Главная фигура русского трио – Дмитрий Егоров – был человеком глубоко верующим. Как и его ученик Павел Флоренский, математик, получивший богословское образование и ставший священником (через несколько лет после Октябрьской революции Троцкий при виде отца Флоренского, выступающего на научной конференции в рясе, в изумлении воскликнул: «А это еще кто такой?!»). Флоренский стал духовным наставником другого ученика Егорова – Николая Лузина. И Егоров, и Флоренский входили в подпольный кружок имяславцев – влияние этой секты распространилось с провинциальных монастырей на московскую интеллигенцию, и Лузин, хотя и не входил в секту, симпатизировал ее философии. Все трое перенесли имяславление в математику. По всей видимости, они считали, что сам акт названия позволит им прикоснуться к бесконечным множествам, которые невозможно определить обычными математическими средствами. «Разве можно убедить себя в существовании математического объекта, не определив его?» – недоверчиво спрашивал

¹⁸ Подробнее о теории Кантора см. на стр. 166–170 этой книги.

Лебег. С точки зрения Флоренского это было все равно что спрашивать: «Разве можно убедить себя в существовании Бога, не определив Его?» Можно, конечно, считали русские – ведь само имя Господа, многократно произнесенное, несло с собой убежденность в Его существовании. (Неофициальным лозунгом имяславцев было «Имя Божие есть Бог».) Русские математики были убеждены, что достаточно просто назвать новые математические сущности – и они будут существовать.

Как имя может обладать такой волшебной силой, трудно себе представить. В современной философии есть две соперничающие теории того, как работают имена и названия. Согласно теории «дескриптивизма» (у истоков которой стоял немецкий логик Готлоб Фреге), у каждого имени или названия есть ассоциация с описанием, а предмет или явление, которые оно называет, – это то, что соответствует описанию. Например, если мы используем имя «Гомер», то имеем в виду человека, соответствующего описанию вроде «автор “Илиады” и “Одиссеи”». Более новая «каузальная» теория имен (ее отстаивает, в числе прочих, американский философ Сол Крипке) отрицает, что у названия есть ассоциированный дескриптивный смысл, и утверждает, что имя привязано к своему носителю исторической цепочкой коммуникаций, которая тянется в пространстве-времени до самого первоначального акта «крещения». Согласно одной теории, имена приклеиваются к носителям семантическим клеем, согласно другой – клеем каузальным.

Которая из этих теорий подходит для наименования математических объектов? Очевидно, не каузальная. Математик не способен вступить в каузальный контакт с бесконечностью. Нельзя показать пальцем на бесконечное множество и сказать «Нарекаю тебя А», поскольку такие множества, если они и существуют, не часть пространственно-временного мира. Единственный способ назвать бесконечное множество – это дать математическое описание, которому соответствует это множество и только оно, как предполагает дескриптивистская теория имен. Значит, назвать то или иное бесконечное множество можно, сказав: «Пусть А – множество всех рациональных чисел, чьи квадраты меньше 2». Здесь, естественно, имя дается исключительно для простоты и удобства. За собственно референцию отвечает определение. И без определения невозможно утверждать, что множество существует.

Это понимало французское трио. «Определить – это всегда назвать характерное свойство определяемого», – писал Лебег. Определить что-то – значит сказать, какое качество отличает его от всего остального. И именно такие определения допускала аксиома выбора, что, с точки зрения французов, было опасно. Так правда ли, что безудержное применение бесконечности позволило мистикам-русским сделать открытия, недоступные более осмотрительным французам? Авторы *Naming Infinity* утверждают, что да, но они несколько преувеличивают. Драматическую последнюю главу в логическом развитии математического анализа дописало все-таки французское трио. Каждый работающий математик близко знаком с «борелевской алгеброй», «категорией Бэра», а главное – с «интегралом Лебега». Русские математики добавили к этой главе разве что несколько сносок. (Самая знаменитая теорема Егорова, касающаяся бесконечной последовательности функций, в сущности, повторяет результат Бореля и Лебега.) Да, Лузин помог сформулировать «дескриптивную теорию множеств», отрасль теории множеств, которая применяет высшие бесконечности Кантора для описания сложных подмножеств чисел на вещественной прямой. Но называть это открытие «новым полем современной математики», как делают авторы *Naming Infinity*, – значит все-таки сильно преувеличивать его важность.

Подлинная заслуга Егорова и Лузина состоит в том, что они нанесли Москву на математическую карту. В начале двадцатых годов вокруг них в Московском университете сложился кружок молодых математиков, взявший себе в честь Лузина название «Лузитания». «Великий бог профессор Лузин / Укажет нам в науке путь!» – гласила ода, сочиненная одним из лузитанцев. Математическое творчество процветало, невзирая на голод и Гражданскую войну. Семинары проходили чуть ли не при минусовых температурах из-за недостатка дров, но студенты,

чтобы греться, устроили каток прямо в здании математического факультета «и пели, скользя по льду вокруг главной лестницы при звездном свете».

В первые годы советской эпохи власти не обращали особого внимания на математиков, поскольку их труды были очень уж абстрактны. Егоров и Лузин не упоминали на лекциях о религии и лишь намекали на «мистическую красоту» математического мира и на то, как важно давать названия его объектам. Однако относительная вседозволенность кончилась, когда к власти пришел Сталин. Егорова заклеили как «реакционера и сторонника религиозных верований, оказывающего опасное влияние на студентов, человека, путающего математику с мистицизмом». Его обвинителем был Эрнест Кольман, хитрый и коварный математик-марксист, которого прозвали «черным ангелом». В результате и Егоров, и Флоренский, как и другие имяславцы, были арестованы. Егоров объявил в тюрьме голодовку и умер в 1931 году. Говорят, что его последними словами были «Спаси меня, Господи, именем Твоим». Флоренского пытали и отправили в лагерь ГУЛАГа за полярным кругом, где он, по всей видимости, был казнен в 1937 году. Кольман метил и в Лузина, который в манере Монти Пайтона бомбардировал его эзотерическими математическими доводами. Но у Лузина были влиятельные заступники, и один из них обратился лично к Сталину, подчеркнув, что даже сам Ньютон был «религиозный фанатик». После унижительного судебного процесса, где помимо всего прочего Лузина обвиняли в том, что он публиковал свои работы в зарубежных журналах, его все же пощадили.

В кампании против Лузина участвовали несколько его бывших студентов, в том числе Павел Александров и Андрей Колмогоров. Оба они затмили своего наставника, а Колмогорова сейчас считают одним из полудюжины величайших математиков XX века. Колмогоров и Александров много лет были любовниками, их любимым развлечением были дальние заплывы, после которых они вместе занимались математикой неглиже. Вполне вероятно, что их враждебное отношение к Лузину было вызвано скорее профессиональным соперничеством и личной неприязнью, чем идеологией. Как-то раз Лузин оскорбил Колмогорова прямо в здании Академии наук, скалмбурив насчет мужеложства и высшей математики, после чего Колмогоров ударил его по лицу.

Московская математическая школа процветала еще долго после того, как ее основатели-мистики исчезли с научного горизонта. В послевоенную эпоху советская столица как средоточие математических талантов уступала лишь Парижу. Однако высшие бесконечности, которым поклонялись имяславцы, отошли на второй план, а на смену теории множеств, которую предпочитал Лузин, пришли методы Колмогорова и Александрова, больше соответствовавшие господствовавшим взглядам. А что касается аксиомы выбора, вызвавшей столько споров, Курт Гёдель в 1938 году доказал, что она логически согласуется с другими, общепризнанными аксиомами теории множеств, так что необходимость в мистическом обосновании отпала. Поскольку ее применение не может вызвать никаких губительных противоречий, математики получили свободу применять ее по своему усмотрению. Теперь им не нужно задумываться о том, описывает ли она платоновский мир бесконечных множеств.

И вот он перед нами – ключ к избавлению математики от мистицизма. Оттенок мистического науке (как субъекту) придает общепринятое мнение о природе его объектов. Объекты, изучаемые химией и ботаникой, – часть физического мира, а объекты математики, как считается, обретаются в трансцендентном мире, к которому нормальные способы познания неприменимы. Но вдруг таких трансцендентных объектов просто нет? Не превращается ли тогда математика в богословие без Бога? Вдруг (как настаивают философы-номиналисты) все это просто выдумки, восхитительно сложная волшебная сказка?

В каком-то смысле да. Если не существует подлинной математической реальности, подлежащей описанию, математики вольны сочинять любые истории, то есть исследовать всевозможные гипотетические реальности, дав волю воображению. Как говорил как-то сам Кантор, «суть математики – свобода». Согласно такой картине работа математиков состоит из утвер-

ждений «если – то»: *если* такая-то и такая-то структура удовлетворяет тем или иным аксиомам, *то* такая структура должна удовлетворять тем или иным дальнейшим условиям. (Такие высказывания о математике в духе «если – то» иногда мелькают, в частности, у Бертрана Рассела и Хилари Патнэма.) Некоторые из этих аксиом, возможно, описывают гипотетические структуры, имеющие аналоги в физическом мире, и составляют «прикладную» математику. Некоторые не имеют никакого отношения к пониманию физического мира, но все же полезны в пределах самой математики. Скажем, аксиома выбора не нашла применения в прикладной математике, но большинство математиков предпочитают на нее ссылаться, поскольку она многое проясняет в «выдуманных» областях математики вроде топологии.

Воображение математиков подчиняется только одному ограничению (кроме необходимости заполучить надежную должность), и это логическая последовательность. Пока совокупность аксиом логически последовательна, она описывает возможную структуру. Но если оказывается, что аксиомы непоследовательны, то есть в них таится противоречие, значит, структуры, которые они описывают, невозможны, а следовательно, математики напрасно потратили на них время.

То есть математика – это всего лишь стиль рассуждений, а не наука о трансцендентных объектах? Не слишком ли безрадостна такая картина, чтобы вдохновить работающего математика? Авторы *Naming Infinity* замечают: «В истории математики со времен Пифагора до наших дней рационализм и мистицизм периодически плавно сменяют друг друга». Сегодня романтика платоновской математической реальности жива-здоровая, о чем свидетельствуют приведенные здесь слова Алена Конна и Роджера Пенроуза.

К тому же есть и более яркий случай – Александр Гротендик. В шестидесятые годы Гротендик (сын русского анархиста, погибшего в Освенциме) работал в Париже и создал абстрактную основу для революционно-новой математики, что позволило ученым, работавшим в этой области, выражать идеи, которые до этого было невозможно сформулировать. В работах Гротендика налицо сильный мистический уклон. В своих пространственных автобиографических сочинениях он описывает творческий процесс с участием «видений» и «вещих снов». Авторы *Naming Infinity* отмечают, что Гротендик, подобно русским имяславцам, считал, что называть объекты – это «способ улавливать их до того, как удастся их понять».

Гротендика, пожалуй, можно считать рекламой прагматической мощи мистицизма в математике. Он скончался в 2014 году отшельником в Пиренеях, где, по свидетельству редких гостей, провел последние десятилетия жизни «одержимым идеей дьявола: он считает, что тот не покладая рук разрушает божественную гармонию во всех уголках планеты».

Глава тринадцатая. Опасная идея бесконечно малого

Говоря о бесконечном, обычно имеют в виду бесконечно большое: немислимые просторы, безграничный мир, безудержную силу, абсолют. Однако есть и другого рода бесконечность, совсем иная, пусть и по-своему восхитительная. Это бесконечно малое.

В обиходе «бесконечно малым» (*infinitesimal*) часто называют что-то очень маленькое по человеческим стандартам, такое крошечное, что его и измерять-то не стоит. Как правило, в этих словах звучит презрение. В своей биографии Фридриха Великого Карлейль говорит нам, что когда Лейбниц предложил объяснить, что такое бесконечно малое, королеве Пруссии Софии Шарлотте, та ответила, что по этому вопросу ей разъяснений не нужно: она знакома с ничтожествами на примере своих придворных. Чуть ли не единственный случай, когда в словах «бесконечно малое» не было уничижительного оттенка, я обнаружил в неоконченном романе Трумена Капоте «Услышанные молитвы» (Truman Capote, *Answered Prayers*), где повествователь рассказывает об изысканных овощах, подаваемых к столу людей очень богатых: «*petits pois* зеленее зеленого и микроскопические (*infinitesimal*) морковки». Зато примечено, когда *infinitesimal* путают с его антонимом *infinite*, полным-полно. Несколько лет назад в журнале *New Yorker* напечатали отрывок из интервью с одной голливудской старлеткой, где она рассказывала, что всегда находит чем занять вынужденные перерывы на съемках: записывает доходы и расходы, отвечает на письма и так далее. «Если как следует организовать свое время, – сказала актриса, – можно достичь поистине *infinitesimal*» (На что редакция печально заметила: «Знаем, знаем»).

Однако в строгом смысле слова бесконечно малое от нас в точности так же далеко, как и бесконечно большое. Паскаль в 72-й из своих «Мыслей» говорит о «двойной бесконечности» природы как о двух безднах, между которыми заключен конечный человек. Бесконечно великое лежит снаружи, на окружности всех вещей, а бесконечно малое – внутри, в центре всех вещей. Эти две крайности: «Одно зависит от другого, и одно ведет к другому. Крайности сходятся и, удаляясь друг от друга, соединяются. Они встречаются в Боге и только в Боге»¹⁹. Познать бесконечно малое нам еще труднее, чем бесконечно большое: «Философы только призывали на проникновение в нее [бесконечность малого], и на этом все спотыкались».

Стоит добавить, что и поэтический вымысел тут не особенно помог. В литературе было много попыток представить себе бесконечно большое: проповедь о вечности отца Арнолла в «Портрете художника в юности», квази-бесконечная «Вавилонская библиотека» Борхеса. А о бесконечно малом лишь обиняками говорится у Блейка – это бесконечность, которую можно увидеть «в единой горсти»²⁰ и – пожалуй, более наглядно – в «Рапсодии» Свифта:

Натуралистами открыты
У паразитов паразиты,
И произвел переполох
Тот факт, что блохи есть у блох.
И обнаружил микроскоп,
Что на клопе бывает клоп,
Питающийся паразитом,
На нем – другой, *ad infinitum*.

¹⁹ Здесь и далее пер. Ю. Гинзбург.

²⁰ Здесь и далее пер. С. Маршака.

Со времен своего возникновения идея бесконечно малого воспринималась с глубоким недоверием, даже больше, чем бесконечно большое. Как что-то может быть меньше любой данной конечной величины и при этом не обращаться в ничто? Аристотель попытался запретить саму идею бесконечно малого на основании ее абсурдности. Дэвид Юм провозгласил, что эта мысль ударяет по здравому смыслу сильнее любой религиозной доктрины. Берtrand Рассел отметил ее как «ненужную, ошибочную и внутренне противоречивую».

Но бесконечно малое вытерпело все попреки и оскорбления и на поверку оказалось небывало мощным инструментом постижения физической истины, двигателем научной революции, начавшейся в эпоху Просвещения. Это был один из самых причудливых зигзагов удачи в истории научной мысли: в конце XIX века бесконечно малое сослало в темный подвал, казалось, на веки вечные, а в шестидесятые годы XX века полностью реабилитировали. И теперь оно служит хрестоматийным примером раз и навсегда разрешенного философского парадокса. Остается открытым только один вопрос: реально ли оно?

Парадоксально, но факт: бесконечно малое придумали прежде всего именно для того, чтобы спасти мир природы от нереальности. Эта идея, по всей видимости, появилась в древнегреческой мысли приблизительно в V веке до н. э. в ходе жарких метафизических дебатов о природе бытия. По одну сторону баррикад стояли монисты, Парменид и его последователи, которые утверждали, что бытие неделимо и любые перемены – лишь иллюзия. По другую – плюралисты, в том числе Демокрит и его сторонники-атомисты, а также Пифагор, утверждавшие, что перемены происходят на самом деле и их суть – это перестановка частей реальности.

Но если начинаешь дробить реальность и делить Одно на Много, где остановиться? Демокрит считал, что вещество можно анализировать до уровня крошечных единиц – атомов, которые, хотя и конечны по размеру, больше делиться не могут. Однако тут вставал другой вопрос – о пространстве, театре перемен. Нет никаких причин, почему нельзя вечно продолжать процесс деления пространства на все более и более мелкие части. Следовательно, рано или поздно эти части окажутся меньше любой конечной величины.

Этот вывод завел плюралистов в страшный тупик, а все благодаря самому способному ученику Парменида – Зенону Элейскому. Зенон, обидевшись на тех, кто насмеялся над его учителем, как рассказывает Платон, придумал ни много ни мало сорок диалектических доказательств единства и неизменности реальности. Самые известные из них – четыре парадокса движения, два из которых, «Дихотомия» и «Ахиллес и черепаха», направлены против бесконечной делимости пространства. Рассмотрим парадокс дихотомии. Чтобы проделать тот или иной путь, необходимо сперва пройти половину расстояния. Но для этого нужно сначала пройти четверть расстояния, а перед этим – одну восьмую часть и так далее. Иначе говоря, нужно проделать бесконечное число «под-путей» в обратном порядке. А значит, невозможно даже начать путь.

Говорят, когда Зенон рассказал этот парадокс Диогену Синопскому, Диоген «опроверг» его – встал и ушел. Но парадоксы Зенона отнюдь не тривиальны. Берtrand Рассел называл их «невероятно тонкими и глубокими», и по сей день многие философы не считают, что они окончательно разрешены. Аристотель отметил их как глупости, но опровергнуть не мог, напротив, он добивался, чтобы их невозможно было ни доказать, ни опровергнуть, поскольку отрицал вообще существование бесконечности в природе. Можно делить пространство сколько угодно, говорил Аристотель, но бесконечного числа частей никогда не получишь.

Отвращение Аристотеля к настоящей бесконечности возобладало в древнегреческой философии, а сто лет спустя «Начала» Евклида вычеркнули рассуждения о бесконечно малом и из геометрии. Это стало катастрофой для античной науки. Идея бесконечно малого предлагала заполнить понятийный пробел между числом и формой, статикой и динамикой. Возьмем хотя бы задачу о площади круга. Вычислить площадь фигуры, ограниченной прямыми, скажем, треугольника или квадрата – задача несложная. Но что делать, если границы фигуры кри-

волинейны, как, например, у круга? Есть хитрый способ выйти из положения: притвориться, будто круг – это такой многоугольник, состоящий из бесконечного множества прямолинейных сегментов, каждый бесконечно малой длины. Именно такой подход позволил Архимеду в конце III века до н. э. вывести современную формулу площади круга с числом π . Однако Архимеду пришлось отказаться от применения бесконечности из-за евклидовых структур. Он был вынужден оформить свое доказательство как *reductio ad absurdum*, причем дважды *reductio*: круг он уподобил конечному многоугольнику, у которого число сторон все больше и больше. Это неуклюжее доказательство получило название «метод исчерпывания», поскольку предполагал постепенное «исчерпывание» площади криволинейной фигуры замещением ее сетью из все более и более мелких прямолинейных фигур.

Для статической геометрии метод исчерпывания оказался вполне действенным как альтернатива запретному бесконечно малому. Однако он оказался бесплодным для решения задач динамики, когда до бесконечности нужно дробить и пространство, и время. Например, падающее на землю тело постоянно ускоряется под воздействием гравитации. У него нет фиксированной скорости ни для какого конечного промежутка времени, пусть даже и в тысячную долю секунды: его скорость меняется каждый «миг». Аристотель считал понятие мгновенной скорости бессмысленным, евклидова аксиоматика не извлекала из нее никакой пользы. Осмыслить движение с постоянным ускорением можно было только рассуждениями с полной опорой на понятие бесконечно малого. Но именно таких рассуждений греки боялись как огня из-за *horror infiniti* – наследия Зенона. Вот почему греческая наука оградила сама себя от попыток математически атаковать задачи о веществе в движении. Физика под влиянием Аристотеля стала наукой качественной, а не количественной, а о пифагорейской цели познать мир через число все забыли. Да, греки накопили много конкретных знаний о природе, однако любовь к строгим ограничениям не позволила им открыть ни единого физического закона.

Несмотря на то, что Аристотель и Евклид подвергли бесконечно малое остракизму, эта идея не полностью исчезла из западной мысли. Благодаря сильному влиянию Платона, который в отличие от Аристотеля не ограничивал все сущее одним лишь миром чувственного восприятия, бесконечно малое продолжило свою мутноватую карьеру объекта трансцендентных спекуляций. Неоплатоники, в том числе Плотин, и раннехристианские богословы вроде святого Августина отождествили бесконечность с Богом и тем самым восстановили ее репутацию. Средневековые философы потратили на диспуты о бесконечно малом даже больше времени, чем о бесконечно большом.

В эпоху Возрождения платонизм снова вошел в моду, и бесконечно малое просочилось обратно в математику, хотя в несколько мистическом обличье. Иоганн Кеплер полагал, что бесконечно малое существует как ниспосланный свыше «мост непрерывности» между криволинейным и прямолинейным. Логические тонкости его не особенно интересовали – «Природа учит геометрии интуитивно, безо всякой рационализации», – писал он. Поэтому в 1612 году он применил бесконечно малое для расчета идеальных пропорций важнейшего предмета – винного бочонка. И его расчеты оказались верными.

Теплые чувства Кеплера к бесконечно малому разделяли Галилей и Ферма. Все трое понемногу сдвигались от бесплодных структур евклидовой геометрии в сторону плодородной, пусть и несколько нестрогой и буйной, науки о движении, описывавшей перемещение тел в бесконечно делимом пространстве и времени. Но эти натурфилософы оказывались в некоторой богословской западне, из которой было никак не выбраться: как настоящая бесконечность, которую следует считать атрибутом исключительно Господа, может существовать в конечном мире, который Он создал?

Сильнее всего этот вопрос взволновал Блэза Паскаля. Природа являет нам две бесконечности как непостижимые тайны, которыми нужно восхищаться, а не пытаться их понять, писал Паскаль. И применять в рассуждениях, мог бы он добавить. Ведь Паскаль был еще и математи-

ком и свободно вводил бесконечно малые величины в свои расчеты площадей криволинейных фигур. Трюк состоял в том, чтобы опустить их как пренебрежимо малые, как только удавалось получить желаемый конечный ответ. Это оскорбляло логические чувства его современников вроде Декарта, но критикам Паскаль отвечал, в сущности, что чего разумом не понимаешь, то сердцем чувствуешь.

Труды Паскаля предвосхитили современную науку о природе, однако он (как и Ферма и Галилей) так и не порвал с евклидовой традицией. Но геометрия в одиночку никак не могла совладать с бесконечно малым, а без этого невозможно было исчислить движение. Укротить бесконечно малое удалось Ньютону и Лейбницу лишь в шестидесятые-семидесятые годы XVII века, когда они более или менее одновременно разработали «математический анализ бесконечно малых», который мы теперь знаем просто как математический анализ. Древние философские сложности с бесконечно малыми величинами сменились чистейшим восхищением их научным плодородием.

А в руках Ньютона бесконечно малые оказались плодородными до предела. Хотя соперник Ньютона Лейбниц придумал более элегантную систему формул для математического анализа бесконечно малых, которой мы пользуемся сегодня, именно Ньютон применил этот новый инструмент для осмысления вселенской гармонии. Он сформулировал законы движения и тяготения, а затем поставил перед собой задачу вывести из них точные параметры орбиты планеты вокруг Солнца. Задача была поистине неподъемная, если учесть, что скорость планеты и расстояние от Солнца постоянно меняются. Ньютон не сразу стал подступаться к форме орбиты, а придумал изобретательный прием: разбить ее на бесконечное число сегментов, а затем сложить воздействие гравитационной силы солнца на скорость планеты в каждом бесконечно малом сегменте.

Мгновенную скорость, понятие, которое ставило в тупик предшественников Ньютона, он определил как отношение двух исчезающе малых величин: бесконечно малого расстояния, пройденного за бесконечно малое время. Ньютон назвал такое соотношение бесконечно малых величин «производной». Вот простой пример того, как он применял бесконечно малые величины. Представим себе камень, падающий с крыши здания. По пути к земле камень постоянно ускоряется под воздействием земной гравитации. За t секунд он пролетает $16t$ футов, то есть к концу 1 секунды он пролетит 16 футов ($=16 \times 1^2$), к концу 2 секунды – уже 64 фута ($=16 \times 2^2$), а к концу 3 секунды 144 фута ($=16 \times 3^2$) и так далее. Очевидно, скорость камня непрерывно растет. Теперь предположим, что вы ходите узнать мгновенную скорость камня в какой-то конкретный момент его падения – в момент t . Согласно рассуждениям Ньютона, такая мгновенная скорость – это отношение двух бесконечно малых величин: бесконечно малое расстояние, пройденное сразу после момента t , деленное на бесконечно малое время. Теперь вычислим это отношение, обозначив бесконечно малый отрезок времени ϵ . В момент t секунд камень уже пролетел $16t^2$ футов. Бесконечно малое время спустя, в момент $t+\epsilon$, он пролетел уже $16(t+\epsilon)^2$ футов. Таким образом, расстояние, которое он пролетает за это бесконечно малое время, это разность между двумя расстояниями: $16(t+\epsilon)^2 - 16t^2$ футов. Раскроем скобки и получим $16t^2 + 32t\epsilon + 16\epsilon^2 - 16t^2$ футов, что упрощается в $32t\epsilon + 16\epsilon^2$. Теперь, чтобы получить мгновенную скорость камня, надо поделить это бесконечно малое расстояние на бесконечно малое время, то есть на ϵ . Таким образом, отношение бесконечно малых выглядит как $(32t\epsilon + 16\epsilon^2)/\epsilon$. Сократим ϵ и получим $32t + 16\epsilon$. Но поскольку слагаемое 16ϵ бесконечно мало (бесконечно малая величина, умноженная на конечное число, остается бесконечно малой), его можно, в сущности, считать равным нулю, по крайней мере, так полагал Ньютон. Следовательно, мгновенная скорость падающего камня в момент t составляет $32t$ фута в секунду. Через три секунды после падения камень падает со скоростью $32 \times 3 = 96$ футов в секунду.

Прodelав по тому же принципу гораздо более сложные вычисления, Ньютон обнаружил, что планеты должны двигаться по эллиптическим орбитам с солнцем в одном из фокусов, то есть пришел в точности к эмпирическому закону, который Кеплер сформулировал на основе обширных астрономических наблюдений, сделанных в XVII веке астрономом Тихо Браге. Так Ньютон сумел объединить движение небесное и земное – а все благодаря математическому анализу бесконечно малых.

Доказательство закона об эллипсах, которое проделал Ньютон, – самое выдающееся достижение научной революции. Явное следствие из него – что природа подчиняется логике – сделало первооткрывателя святым покровителем Просвещения. В 1727 году Вольтер, побывав на похоронах Ньютона, проведенных с королевскими почестями, писал: «Недавно одна ученая компания обсуждала пустой и легкомысленный вопрос: “Кто был величайшим человеком в истории – Цезарь, Александр, Тамерлан или Кромвель?” Кто-то ответил, что это был Исаак Ньютон. И по праву: ведь нам стоит со всем почтением относиться именно к нему, к тому, кто обуздал наш разум силой истины, а не к тем, кто поработил его насилием». Одним движением Ньютон преобразил телеологически-насыщенный космос Аристотеля в упорядоченную, рациональную машину, которая может служить философам образцом для переустройства человеческого общества. Возвысив закон природы до положения объективного факта, ньютоновское мировоззрение вдохновило Томаса Джефферсона заявить, что нарушенный договор дает американцам «полученное по законам природы» право восстать против Георга III.

Однако мысль, лежавшая в основе этого триумфа человеческого разума, по-прежнему казалась многим оккультной и сомнительной. Да и сам Ньютон относился к ней, мягко говоря, с недоверием. Когда он в своих «Началах» представлял доказательство закона об эллипсах, то всеми силами постарался, чтобы анализ бесконечно малых привлекался в нем как можно меньше, и в результате проследить логику получившегося изложения, втиснутого в евклидовские рамки, оказалось невозможно. (Даже нобелевский лауреат Ричард Фейнман запутался в хитросплетениях ньютоновских рассуждений, когда рассказывал о них студентам на лекции в Калифорнийском технологическом институте.) В более поздних сочинениях Ньютон следил за тем, чтобы не рассматривать бесконечно малые сами по себе – только в отношениях, которые всегда были конечными. В последние годы жизни он и вовсе отрекся от идеи бесконечно малого.

Сильное недоверие к бесконечно малым величинам питал и Лейбниц. С одной стороны, они требовались для его метафизического принципа *natura non facit saltum* («природа не делает прыжков»); без этих амфибий, плавающих между существованием и несуществованием, переход от возможности к реальности был, похоже, невыносим. С другой стороны, они сопротивлялись любым попыткам строгого определения. Как Лейбниц ни старался, он только и мог, что множить аналогии, сравнивая, например, песчинку с земным шаром, а земной шар со звездами. Но когда его ученик Иоганн Бернулли привел в пример крошечных созданий, которых удалось разглядеть в микроскоп (только что изобретенный Левенгуком), Лейбниц возмущенно возразил, что эти малюсенькие существа все же имеют конечный, а не бесконечно малый размер. В итоге он решил, что бесконечно малые величины – просто *fictiones bene fundatae* («хорошо обоснованные выдумки»): они помогают делать изящные открытия, не приводят к ошибкам, однако на самом деле не существуют. Однако Джорджу Беркли этого было мало. В 1734 году он опубликовал гневную филиппику в адрес математического анализа бесконечно малых под названием «Аналитик, или Обращение к нечестивому математику» (*The Analyst; or, A Discourse Addressed to an Infidel Mathematician*). Его подтолкнул к этому растущий престиж науки механики, таящий в себе угрозу ортодоксальному христианству («нечестивый математик», к которому он обращается, – это, как принято считать, друг Ньютона Эдмунд Галлей). Беркли утверждал, что догматы христианского богословия, как бы ни противоречили они логике (как иногда представляется на первый взгляд), не могут состязаться в туманности и нелогичности с оппо-

рой новой науки – бесконечно малым. Сторонники математического анализа были поставлены перед дилеммой: или бесконечно малые величины равны нулю, а в этом случае вычисления, предполагающие деление, теряют смысл, или они не равны нулю, а тогда ответы неверны. Быть может, насмешливо заключал Беркли, нам лучше всего считать бесконечно малые величины «призраками ушедших чисел».

А между тем по ту сторону Ла-Манша Вольтер, в числе прочих, ничуть не волновался из-за тонкостей, связанных с понятием бесконечно малых; он беззаботно называл математический анализ «искусством перечисления и измерения того самого, чье существование невозможно себе представить». Ведь математический анализ бесконечно малых как инструмент научных исследований оказался так хорош, что не оставлял места для сомнений. В конце XVIII века математики, в том числе Лагранж и Лаплас, применяли его для разъяснения самых темных мест небесной механики, которые ставили в тупик Ньютона. Мощь математического анализа была сопоставима разве что с его универсальностью. Он давал возможность проделывать вычисления, связанные с любыми непрерывными изменениями. Дифференциальное исчисление позволило выразить скорость изменений как отношение бесконечно малых. Интегральное исчисление показало, как через сумму бесконечного количества подобных изменений описать общую эволюцию рассматриваемого явления. А основная теорема анализа связывает две эти операции, причем довольно красиво, показывая, что одна из них логически представляет собой зеркальное отражение другой.

В этот золотой век научных открытий ученые относились к бесконечно малым величинам, как к любым другим числам, пока в вычислениях не становилось удобным приравнять их к нулю (как не без лукавства делал Ньютон в случаях вроде вышеописанной задачи о падающем камне). Такое беззаботное отношение к бесконечно малым отражено в совете французского математика Жана Лерона д'Аламбера: *«Allez en avant, et la foi vous viendra»* («Вперед, и вера придет к тебе сама»).

Однако оставались и такие, кто считал недопустимым, что здание современной науки зиждется на таком шатком метафизическом фундаменте. На протяжении всего XVIII века предпринималось множество попыток опровергнуть все обвинения в адрес бесконечно малых, выдвигаемые критиками вроде Беркли, и найти логичный набор правил их применения. Все эти попытки оказались безуспешными, а некоторые попросту глупыми (Карл Маркс уже в середине следующего века тоже приложил руку к этой задаче и оставил больше тысячи неопубликованных страниц на эту тему). С философской точки зрения одним из наиболее симпатичных был подход Бернара де Фонтенеля, который попытался подвести рациональную основу под идею бесконечно малого, описав его как нечто обратное бесконечно большому. Хотя в конечном итоге Фонтенель так и не справился с формальными сложностями, он провидчески утверждал, что реальность объектов вроде бесконечно малого в конечном итоге зависит от их логической непротиворечивости, а не от их существования в реальном мире.

В XIX веке, когда Гегель и его последователи воспользовались путаницей вокруг бесконечно малого как подтверждением своих представлений, что математика внутренне противоречива, наконец удалось найти способ избавиться от этой досадной идеи, не жертвуя восхитительной конструкцией математического анализа, которая на ней строилась. В 1821 году великий французский математик Огюстен Коши сделал первый шаг, задействовав математическое понятие «предела». Это понятие, смутно просматривавшееся еще в идеях Ньютона, было призвано определить мгновенную скорость не как отношение бесконечно малых, а как предел ряда обычных конечных дробей; члены этого ряда никогда не достигали предела, но приближались к нему «на сколько нам угодно». В 1858 году немецкий математик Карл Вейерштрасс придал выражению «на сколько нам угодно» точный логический смысл. Затем, уже в 1872 году, Рихард Дедекин, тоже немец, показал, как гладкая непрерывная числовая линия, которая, как раньше считалось, скреплялась воедино клеем из бесконечно малых, может быть

представлена в виде бесконечного множества рациональных и иррациональных чисел, никогда не соприкасающихся друг с другом попарно.

Все эти новшества были предназначены сугубо для специалистов и усваивались, мягко говоря, не без труда. (Собственно, так обстоят дела и сегодня, как скажет вам любой студент-первокурсник, которому на занятиях по матанализу пришлось продираться сквозь загадочные доказательства теорем о пределах, полные всяких «дельта-эпсилон».) Совокупно они позволяют сделать три фундаментальных вывода. Во-первых, они говорили об окончательном, как тогда казалось, изгнании бесконечно малого из ортодоксальной научной мысли. «Отпала необходимость предполагать, что такое существует», – заметил с явным облегчением Бертран Рассел. Во-вторых, они означали возвращение математики к евклидовой строгости и ее формальному отделению от физики после бурной эпохи открытий, когда они были практически неразличимы. В-третьих, они помогли преобразить господствующую в философии картину мира. Если бесконечно малого не существует, то, как заметил Рассел, теряют смысл идеи «следующего мига» и «состояния изменения». Природа становится статичной и прерывистой, поскольку нет никакого гладкого переходного элемента, позволявшего одному событию перетекать в другое. В несколько абстрактном смысле все перестало «держаться». Возникшее от этого общее ощущение онтологической прерывистости прослеживается и в культурных тенденциях к модернизму, о чем свидетельствует и пуантилизм Сера, и «хронофотографии» Мейбриджа, из которых он составлял первые прото-фильмы, и поэзия Рембо и Лафорга, и «серийная техника» Шёнберга, и романы Джойса.

Некоторая ностальгия по бесконечно малому сохранилась только у философов-одиночек. На рубеже веков французский философ Анри Бергсон утверждал, что новое «кинематографическое» восприятие перемен фальсифицировало наш дорефлексивный опыт, когда бесконечно малые моменты времени плавно перетекали один в другой. Американец Чарльз Пирс, один из основоположников прагматизма, тоже призывал придавать особое значение нашему интуитивному восприятию непрерывности. Пирс был категорически против «старомодного предубеждения против бесконечно малых величин» и утверждал, что субъективное «сейчас» имеет смысл, только если трактовать его как бесконечно малое. Между тем в мире математики бесконечно малое хоть и было изгнано из «высоколобой» науки, но сохранило популярность среди «низколобых» практиков: физики и инженеры по-прежнему находили в нем бесценный эвристический инструмент для рутинных расчетов, который при всей его якобы неаккуратности всегда приводил их к верному ответу, как и Ньютона.

Ведь несмотря на все строгости Аристотеля, Беркли и Рассела никто так и не смог формально доказать, что идея бесконечно малого логически противоречива. А с прогрессом в логике в начале XX века стало проступать новое понимание логической непротиворечивости и его отношения к истинности и существованию. Первопроходцем в этом был логик Курт Гёдель, уроженец Австрии. Сегодня Гёдель знаменит в первую очередь своей «теоремой о неполноте», доказанной в 1930 году, согласно которой, грубо говоря, никакая система аксиом не способна породить все математические истины. Однако за год до этого Гёдель защитил диссертацию и получил в ней результат, пожалуй, не менее важный, который известен как «теорема о полноте», что вызывает некоторую путаницу. У этой теоремы есть очень интересное следствие. Возьмите любой набор утверждений, сформулированный на языке логики. И тогда теорема о полноте гарантирует, что пока эти утверждения взаимно непротиворечивы, то есть из них не следует никакого противоречия, существует такое толкование, при которой все эти утверждения истинны. Такая интерпретация называется моделью для этих утверждений. Рассмотрим, к примеру, утверждения «все $a - b$ » и «некоторые $a - c$ ». Если мы истолкуем a как «люди», b как «смертные», а c как «рыжие», то множество людей – это модель для этой пары утверждений. Гёдель показал, как конструировать модели из абстрактных математических ingredi-

ентов. Тем самым он поспособствовал развитию раздела логики под названием «теория моделей», которая изучает отношения между формальными языками и их интерпретациями.

Самое яркое открытие теории моделей – это фундаментальная неопределенность семантики, отношений между языком и реальностью. Оказывается, теория на формальном языке, призванная описать какую-то уникальную реальность, как правило, неспособна ограничиться только ею. В ней появляются «непреднамеренные интерпретации», искажающие смысл. Для примера, пусть и не слишком жизненного, возьмем теорию, состоящую из одного-единственного утверждения «Все люди смертны». Преднамеренная интерпретация предполагает, что модель этой теории – множество людей. Но если слово «люди» взято для обозначения кошек, а «смертны» – для обозначения любознательности, то множество кошек тоже служит моделью для этой теории, но непреднамеренной. Более интересный пример дает нам теория множеств. Преднамеренная интерпретация гласит, что аксиомы теории множеств описывают абстрактную вселенную множеств и из них следует существование высших бесконечностей в этой вселенной. Однако оказывается, что эти аксиомы с тем же успехом можно интерпретировать как относящиеся к старым добрым натуральным числам, среди которых нет никаких высших бесконечностей. Поэтому аксиомы теории множеств не описывают исключительно ту уникальную реальность, которую должны. По одной интерпретации они говорят о вселенной множеств, по другой, нелепой, но такой же достоверной, рассказывают о ряде 1, 2, 3... Когда мы полагаем, что высказываем истинные утверждения о высших бесконечностях, звуки, которые мы издаем, вполне могут быть поняты как истинные утверждения об обычных числах.

Для разработки этой интереснейшей непоследовательности больше всех сделал Абрахам Робинсон (1918–1974). Биография у Робинсона была необычайно бурная для логика, а образ жизни – светский и даже аристократический. Он родился в силезском шахтерском поселке Вальденбург (теперь это польский город Валбжих) и подростком вместе с семьей бежал от фашистов в Палестину. Там он изучал математику и философию в Еврейском университете и при этом вступил в подпольную сионистскую военную организацию «Хагана». Робинсон получил стипендию в Сорбонне и очутился там незадолго до прихода немцев. Ему удалось в последний момент перебраться в Лондон во время бомбежек, и там он стал сначала сержантом движения «Сражающаяся Франция», а затем техническим специалистом в британских ВВС. Несмотря на ужасы и сумятицу военного времени, Робинсон продолжал заниматься чистой математикой и логикой и при этом прекрасно работал на армию – проводил исследования по аэродинамике и «теории крыла». После войны Робинсон с женой, талантливой актрисой и модным фотографом из Вены, частенько появлялись на парижских показах коллекций высокой моды. Робинсон читал лекции как приглашенный профессор в Университете Торонто и Еврейском университете, а затем в начале шестидесятых получил должность профессора философии и математики в Калифорнийском университете в Лос-Анджелесе, которую до него занимал Рудольф Карнап. Поддавшись очарованию Голливуда, Робинсон с женой жили на вилле в каньоне Мандевилль, построенной в стиле Ле Корбюзье, и дружили с актером Оскаром Вернером. Работы Робинсона делали его одним из величайших специалистов по математической логике в мире, а при этом он был светским львом и бонвиваном – и к тому же одним из первых открыто высказывался против Вьетнамской войны. В конце шестидесятых он перешел в Йель и помог превратить его в мировой центр логики, а в 1974 году, в возрасте 55 лет, умер от рака поджелудочной железы.

Величайшим и гениальнейшим достижением Робинсона было то, что он в одиночку реабилитировал идею бесконечно малого. Исходил он из того, что размышлял о языке математики как о формальном объекте, подлежащем логическому изучению и манипулированию. Вот вкратце суть его рассуждений.

Начнем с математической теории, которая описывает, как работает старая добрая арифметика: обыкновенные дроби, их сложение и умножение и так далее. Для краткости назовем

теорию арифметики T . Мы исходим из предположения, что T – теория логически непротиворечивая, из нее невозможно вывести противоречие вроде « $0=1$ ». (Если бы в обычной арифметике таилось противоречие, нам пришлось бы плохо: повсюду рушились бы мосты).

А теперь добавим кое-что в теорию арифметики T . Для начала добавим новый символ – я назову его INF (от *infinitesimal*, бесконечно малое). Теперь добавим несколько аксиом, описывающих предполагаемое поведение INF . Мы хотим, чтобы это INF вело себя как бесконечно малое – было меньше любого конечного числа и все же больше нуля. Так вот, чтобы это передать, нам понадобится много новых аксиом, точнее, бесконечный их список. Вот они:

(Новая аксиома № 1). INF меньше 1, но больше 0.

(Новая аксиома № 2). INF меньше $\frac{1}{2}$, но больше 0.

(Новая аксиома № 3). INF меньше $\frac{1}{3}$, но больше 0.

...

(Новая аксиома № 1 000 000). INF меньше $1/1\,000\,000$, но больше 0.

(Новая аксиома № 1 000 001). INF меньше $1/1\,000\,001$, но больше 0.

И так далее до бесконечности.

Теперь обозначим обогащенную теорию, которую мы получим, если начнем с T и добавим к ней все эти нововведения, как T^* . Похоже, T^* охватывает все, что мы имеем в виду под понятием бесконечно малого. В ней есть символ INF , обозначающий число, которое, согласно новым аксиомам, меньше любого конечного числа, но больше нуля. Но откуда мы знаем, что T^* непротиворечива? Вспомним, что так пугало в бесконечно малом и греков, и Джорджа Беркли, и даже Ньютона: вдруг оно ведет к парадоксу, непоследовательности, противоречию? Но Робинсон сумел показать, что эти опасения безосновательны. Если T , теория обычной арифметики, непротиворечива, то обогащенная теория арифметики, охватывающая бесконечно малое, тоже непротиворечива. Это Робинсон и доказал.

Как ему это удалось? Предположим, T^* противоречива. То есть, в сущности, предположим, что из ее аксиом можно вывести противоречие. Это доказательство будет состоять из конечного количества строк: одни – аксиомы, другие – выводы из прежних строк, содержащие нелепицы вроде « $0=1$ ». В этом конечном числе строк может быть приведено только конечное число новых аксиом об INF (самое большое – одна аксиома на строку). Скажем для наглядности, что последняя аксиома T^* , то есть аксиома с самым большим порядковым номером, задействованная в доказательстве, – это

(Новая аксиома № 147). INF меньше $\frac{1}{147}$, но больше 0.

Таким образом, мы предполагаем, что ни одна из новых аксиом T^* после Новой аксиомы № 147 не нужна для доказательства противоречия, скрытого в T^* .

И вот тут-то Робинсон и проделал главный фокус. Пусть INF — это обыкновенная набившая оскомину дробь, которая просто меньше $\frac{1}{147}$, а точнее, предположим, что INF – это просто название дроби $\frac{1}{148}$. При таком истолковании ни одна из строчек доказательства не говорит ничего о бесконечно малом. Все это утверждения, описывающие обыкновенные дроби, причем утверждения безупречно истинные. Так что теперь у нас появилось доказательство, убедительное в обычной теории арифметики. Но последняя строчка этого доказательства все равно гласит « $0=1$ ». Значит, мы только что доказали, что обычная арифметика противоречива!

Если обогащенная теория T^* противоречива, значит, обычная теория T тоже должна быть противоречива. И наоборот, если обычная теория T непротиворечива, значит, обогащенная теория T^* тоже должна быть непротиворечива. Так что если надстроить обычную арифме-

тику бесконечно малым и связанными с ним аксиомами, это не повышает риск противоречивости. Обычных парадоксов, которые ассоциируются с бесконечно малым, удастся избежать, поскольку ни одна из новых аксиом по отдельности не говорит, что INF меньше всех положительных чисел. Для такого утверждения нужен весь бесконечный список новых аксиом целиком. Но втиснуть весь список в конечное доказательство невозможно.

Поэтому, как показал Робинсон, можно безо всяких опасений предполагать, что T^* непротиворечива. Но это еще не все. Заручившись доказательством непротиворечивости, мы можем привлечь теорему Гёделя о полноте, которая гласит, в сущности, что *непротиворечивости достаточно для реальности*. Непротиворечивая теория гарантированно обладает моделью – существует абстрактная вселенная, которую эта теория описывает, и это описание истинно. В случае обогащенной теории T^* эта модель «нестандартна»: она содержит всевозможные экзотические сущности в дополнение к обычным конечным числам, используемым в арифметике. Среди сущностей, обитающих в этой нестандартной вселенной, есть и бесконечно малые числа. Они окружают каждое конечное число плотным крошечным облачком, которое Робинсон из уважения к Лейбницу назвал «монадой».



Озарение по поводу бесконечно малого посетило Робинсона в 1961 году, когда он приехал в Принстон в творческий отпуск; говорят, это случилось у входа в Файн-Холл. Через пять лет Робинсон опубликовал работу «Нестандартный анализ» (*Non-standard Analysis*), где подробно разобрал математический потенциал своего открытия. Эпиграф для своей книги Робинсон взял из повести Вольтера «Микромегас» о гигантском инопланетянине, который в изумлении обнаруживает, какие микроскопические по его меркам люди населяют Землю: «*Je vois plus que jamais qu'il ne faut juger de rien sur sa grandeur apparente. O Dieu! qui avez donné une intelligence à des substances qui paraissent si méprisables, l'infiniment petit vous coûte autant que l'infiniment grand*» («Теперь я более чем когда-либо убежден, что ни о чем нельзя судить по его размерам. Господи, ты даровал разум столь неприметным, крохотным существам! Для тебя сотворить бесконечно малое так же просто, как бесконечно большое»²¹).

Любопытно, что добавление бесконечно малых к вселенной математики, которое удалось осуществить Робинсону, никоим образом не меняет свойств обычных конечных чисел. Все, что можно сказать о них и доказать при помощи рассуждений с участием бесконечно малых, – вопрос чистой логики и может быть доказано и обычными способами. Однако едва ли это означает, что подход Робинсона бесплоден. «Нестандартный анализ» Робинсона возродил к жизни интуитивные методы, которые первыми развели Ньютон и Лейбниц, и доказательства, полученные его способами, лаконичнее, глубже и менее *ad hoc*, чем аналогичные стандартные. Робинсон и сам сразу же применил нестандартный анализ для решения одной крупной проблемы в теории линейных пространств, не поддававшейся другим математикам. А в дальнейшем нестандартный анализ обрел много сторонников в международном математическом сообществе, особенно во Франции, и с большим успехом применялся в теории вероятностей, физике и экономике, где прекрасно моделирует, предположим, бесконечно малое воздействие отдельного торговца на ценообразование.

Помимо этого открытия в математической логике Робинсону принадлежит и другая заслуга: он осуществил одну из величайших реабилитаций в истории идей. Он сумел избавить идею бесконечно малого от малейших подозрений в противоречивости спустя две с лишним тысячи лет после того, как эта идея зародилась, сразу вызвав массу вопросов, и почти век с тех пор, как от нее избавились, казалось, навсегда. Но при этом вопрос об онтологическом статусе

²¹ Пер. Е. Евниной.

бесконечно малого остался открытым. Разумеется, среди мыслителей есть и такие, кто считает, что любой математический объект, не содержащий противоречий, обладает реальностью, выходящей за пределы чувственного мира. Подобной платонической философии придерживался и сам Робинсон на заре своей карьеры, но в дальнейшем он отказался от нее в пользу взглядов Лейбница, согласно которым бесконечно малые числа – это всего лишь «хорошо обоснованная выдумка».

Какова бы ни была реальность бесконечно малых, они реальны не в меньшей степени, чем обычные числа – положительные, отрицательные, рациональные, иррациональные, вещественные, мнимые и так далее. Когда мы говорим о числах, как учит современная логика, наш язык просто не может провести разграничение между нестандартной вселенной, доверху полной бесконечно малыми, и стандартной, где их нет. Однако остается осмысленным вопрос о том, обладают ли бесконечно малые физической реальностью, играют ли они роль в архитектуре природы.

Можно ли бесконечно делить вещество, пространство и время? Это заставляет вспомнить извечный метафизический вопрос, который (как говорят) облек в новую метафорическую форму Бертран Рассел: что есть реальность – груда песка или ведро патоки? В нашем веке вещество проанализировали до уровня атомов, а потом оказалось, что они, в свою очередь, состоят из протонов и нейтронов, а те – из частиц еще меньше, так называемых кварков. Можно ли считать, что на этом все? Вправе ли мы называть кварки «песчинками» вещества? Есть некоторые данные, что и у кварков имеется внутренняя структура, однако для изучения этой структуры нужно столько энергии, что физики никогда не сумеют ее накопить. Что касается пространства и времени, согласно современным спекулятивным теориям, они тоже могут иметь прерывистую, как у песка, структуру на самом маленьком масштабе, где минимальная длина – это планковская длина 10^{-33} сантиметров, а минимальное время – планковское время 10^{-43} секунд (говорят, ровно столько времени требуется нью-йоркскому таксисту, чтобы просигнализировать, когда зажегся зеленый свет). И снова сторонники бесконечной делимости всегда могут сказать, что будь у нас больше энергии, мы открыли бы масштабы пространства-времени еще меньше – новые миры внутри миров. А еще они могут указать на сингулярность, из которой родилась наша Вселенная при Большом взрыве – бесконечно маленькое средоточие энергии. Что лучше бесконечно малого послужит началом всего сущего, онтологическим посредником между бытием и ничем?

Однако самое яркое представление о бесконечно малом даст, пожалуй, ощущение конечности нашего бытия перед лицом вечности – мысль, которая одновременно и способствует смирению, и пробуждает гордость. Эта мысль и ее ассоциации с бесконечно малым очень трогательно прозвучала в монологе Скотта Кэри, героя фильма «Невероятно уменьшающийся человек», снятого в 1950-е годы. В финале он под воздействием фантастического излучения уменьшается до того, что вот-вот исчезнет. «И вот я уменьшался и уменьшался – и во что же превратился? В бесконечно малое», – говорит он, а затем задумчиво произносит под звездным небом текст, достойный Паскаля: «Бесконечно большое и бесконечно малое так близки. Но я вдруг понял, что на самом деле это две стороны одного понятия. Неимоверно маленькое и неимоверно огромное рано или поздно сойдутся воедино, словно замкнется гигантский круг. Я посмотрел вверх, будто каким-то образом мог осознать, что происходит на небесах. И в этот миг я узнал ответ на загадку бесконечности. Я думал о ней с точки зрения человека и его ограниченных измерений. Я пренебрегал величием природы. Считал, что существование начинается и кончается в человеческом восприятии, а не с точки зрения природы. И ощущал, как мое тело уменьшается, тает, обращается в ничто. Но теперь мои страхи растаяли. И сменились смирением. Ведь весь этот огромный, величественный мир что-то да значит. А тогда и я что-то значу. Да-да, пусть я меньше мелкого, но тоже что-то значу. Для Господа не бывает нуля. Я еще существую».

Как, по-видимому, и бесконечно малое.

Часть шестая. О героике, трагизме и компьютерной эпохе

Глава четырнадцатая. Парадокс Ады. Была ли дочь Байрона первым кодировщиком?

Язык программирования, при помощи которого Министерство обороны США контролирует свои военные системы, называется «Ада» в честь Ады Байрон, дочери лорда Байрона. И это не просто прихоть. Августа Ада Байрон, в замужестве графиня Лавлейс, как принято считать, составила первый образец того, что впоследствии назовут компьютерными программами. Еще при жизни ее считали математическим гением и называли заклинательницей чисел. Умерла она в 1852 году в 36 лет, в точности как отец, и после этого множество популярных биографов пели дифирамбы ее интеллекту и наследственной байронической одаренности. Когда настала компьютерная эпоха, посмертная слава Ады приобрела новый размах. Теперь о ней стали говорить как о провозвестнице научно-технического прогресса, приписывали ей изобретение двоичной арифметики, превратили в богиню киберфеминизма. О ее славе научного виртуоза свидетельствует и то, что Том Стоппард в своей пьесе «Аркадия» сделал Аду прототипом героини, которая работает над законом энтропии и теорией хаоса, не говоря уже о доказательстве Великой теоремы Ферма.

Нам нравится считать Аду Лавлейс изобретателем компьютерного программирования, потому что в этой идее содержатся два невероятных факта и один парадокс. Первый невероятный факт: оказывается, программирование, занятия которым – сугубо мужская прерогатива, придумала женщина. Второй невероятный факт: оказывается, первую компьютерную программу составили более чем за 100 лет до того, как был создан первый настоящий компьютер. Парадокс: первым пра-программистом стала плоть и кровь лорда Байрона, которому наверняка претило бы все связанное с компьютерами.

Если подумать, в этом парадоксе заключена более общая мысль. Да, Ада предпочла стихам алгоритмы, но сам этот выбор стал байроническим актом вселенского самоутверждения, основанным на непомерно романтизированных представлениях о собственной гениальности. Ада была похожа на отца, могла быть такой же «дурной и безумной», была склонна к истерии, баловалась опиумом, патологически увлекалась азартными играми и любила отнюдь не невинный флирт. «Я – СТРАННОЕ животное, ч...т меня возьми», – писала она о себе в момент просветления. И все это очень интересно. Но не менее интересен и другой, не зависящий от этого вопрос: действительно ли Ада сыграла главнейшую роль в истории компьютера?

Обстоятельства рождения Ады 10 декабря 1815 года были так же мелодраматичны. Говорят, когда у матери Ады были схватки, Байрон провел ночь в комнате внизу, швыряясь в потолок бутылками с содовой водой. «О, какие пытки я для тебя заготовил!» – по слухам, воскликнул он, глядя на новорожденную дочь. Супруги поженились всего за одиннадцать месяцев до этого, а еще через месяц леди Байрон навсегда ушла от мужа и забрала с собой Аду. Она не просто сомневалась в его душевном здоровье, но и выяснила, что все это время Байрон поддерживал кровосмесительную связь со своей сестрой по отцу Августой Ли, а вдобавок еще и заводил гомосексуальные романы, что в эпоху, когда за содомию полагалась смертная казнь, было еще страшнее. Газеты смаковали эту великую драму, ставшую архетипом современного скандального развода знаменитостей. В апреле Байрон покинул Англию и отправился на континент, в качестве последнего мятежного жеста распорядившись, чтобы в Дувр его везла точная копия кареты Наполеона. Больше он Аду не видел.

После расставания леди Байрон посвятила остаток жизни двум целям – отомстить Байрону за себя и проследить, чтобы печально знаменитый байронический темперамент не проявился у дочери. В юности леди Байрон училась математике, за что муж дразнил ее Принцессой Параллелограммской. Теперь она решила, что математика – великолепное средство подавить любые порочные склонности, которые могли передаваться Аде с отцовской стороны. Девочку посадили на строгую диету из сумм и произведений и отгородили от всего, что могло иметь отношение к ее отцу. Когда Байрон умер, ей было восемь, поэтому всенародное горе, сопровождавшее возвращение его тела в Англию, едва ли ее коснулось.

Назначенный матерью режим не способствовал душевному благополучию Ады. В тринадцать лет у нее случился эпизод истерической слепоты и паралича. В шестнадцать, несмотря на постоянный надзор незамужних приятельниц матери (Фурий, как звала их Ада), она умудрилась улизнуть на романтическое свидание со своим учителем. Чтобы охладить ее страсть, объем изучаемой математики решено было увеличить, на сей раз за счет объемистого учебника по евклидовой геометрии. Тем временем красивую кокетливую девушку осаждали поклонники, которых привлекала не только ее известность как дочери Байрона, но и огромное состояние, которое Аде предстояло унаследовать от богатых родственников со стороны матери.

В 1833 году на балу во время первого сезона Ады в Лондоне ее представили вдовцу по имени Чарльз Бэббидж, которому был сорок один год. Бэббидж был не только профессиональным математиком, но и плодовитым изобретателем всяческих усовершенствований и мастером на все руки. В то время он проводил в своем лондонском доме званые вечера, на которых показывал так называемую «разностную машину» – механическое вычислительное устройство размером примерно с дорожный сундук, состоящее из двух тысяч сверкающих медных и стальных деталей – дисков, стержней, шестеренок – и приводимое в движение коленчатой рукояткой. Ада в сопровождении матери пришла взглянуть на эту «мыслящую машину» (как прозвали ее в народе) и была совершенно очарована. Она попросила у Бэббиджа копии чертежей и схем, и тот с радостью их предоставил.

К созданию «разностной машины» Бэббиджа подтолкнули сугубо практические соображения. С приходом Промышленной революции инженерам и навигаторам потребовались точные числовые таблицы, а те, с которыми им приходилось работать, содержали тысячи опечаток, что было чревато кораблекрушениями и техногенными катастрофами. В 1799 году во Франции, когда страна перешла на десятичную систему исчисления, барон Гаспар Риш де Прони, директор Национальной школы мостов и дорог, придумал остроумный способ пересчитать эти таблицы. Де Прони черпал вдохновение в «Богатстве народов» Адама Смита, точнее, в рассказе Смита о распределении труда на булавочной фабрике. Наняв около сотни парижских цирюльников, оставшихся без работы, когда во время Террора их клиенты лишились своих пышно завитых голов на гильотине, де Прони создал своего рода арифметический конвейер, на котором, по его словам, «логарифмы изготавливались, как булавки». По отдельности парикмахеры не обладали особыми математическими способностями, они могли разве что складывать, вычитать да подстригать волосы. Интеллектуальным достижением была сама организация процесса. Во время визитов в Париж Бэббидж узнал о схеме де Прони, и ему подумалось, что этих неквалифицированных куаферов вполне можно заменить шестеренками. Иначе говоря, те же вычисления могла проделывать машина: она бы проделывала автоматические умственные действия точно так же, как паровая машина проделывает автоматические физические действия.

Машина Бэббиджа была не первым механическим калькулятором. Еще в 1642 году Паскаль изобрел машину для сложения, получившую торговое название «Паскалина», а в 1673 году Лейбниц придумал машину, способную проделывать все четыре арифметических действия, но наладить ее работу так и не удалось. Однако «разностная машина» далеко превосходила своих предшественниц по сложности, по крайней мере, в чертежах. Рабочая модель, которую видела Ада Байрон, созданная на семнадцать тысяч фунтов, выделенных британским

правительством (на такие деньги можно было построить два военных корабля), воплощала лишь небольшую часть общего замысла Бэббиджа. Но после десяти лет упорного труда над созданием разностной машины Бэббидж решил отказаться от дальнейшей работы над ней и переключился на куда более смелый изобретательский проект под названием «аналитическая машина».

Аналитическая машина Бэббиджа во многом была прототипом современного компьютера. В отличие от разностной машины, материальная структура которой ограничивала ее деятельность определенными видами вычислений, аналитическая машина должна была быть по-настоящему программируемой: в зависимости от получаемых команд один и тот же физический механизм мог проводить любые математические операции. В современных терминах ее программное обеспечение было независимым от «железа». Более того, машина в ходе вычислений могла изменять план действий в зависимости от результатов промежуточных вычислений – в сущности, выносила суждения на основе логики «если – то» (сегодня это называют условным переходом). Наконец, архитектура аналитической машины была очень похожа на архитектуру современного компьютера: у нее были «закрома» (память), «мельница» (процессор), устройство ввода, позволявшее загружать программы, и устройство вывода, печатавшее результаты. Устройство ввода прочитывало программу-инструкцию с перфорированных карт, в точности как современные компьютеры до конца семидесятых годов XX века. Бэббидж позаимствовал идею перфокарты у французских ткачей: в 1804 году Жозеф-Мари Жаккар изобрел полностью автоматический станок, который самостоятельно ткал различные узоры в зависимости от того, какую последовательность перфокарт в него вставляли.

Бэббидж работал над проектом аналитической машины в 1836–1840 годах и все это время тщетно пытался добиться государственной поддержки своего изобретения. В тот же период Ада пережила нервный срыв, вышла замуж за родовитого, но довольно бесхарактерного землевладельца, который впоследствии стал графом Лавлейсом, родила троих детей, пережила еще один нервный срыв, увлеклась модным месмеризмом и френологией, усердно обучалась игре на арфе и продолжала изучать математику. Поскольку ей наконец было позволено увидеть портрет своего печально знаменитого отца и прочитать его стихи, а мать рассказала ей о его вероятной кровосмесительной связи и других преступных экспериментах, Ада задумала искупить наследие Байрона посредством науки. «Я поставила себе цель возместить человечеству его гениальность, направленную во зло, – объявила она. – Если он передал мне какую-то долю этой гениальности, я использую ее на выявление великих истин и принципов. Я думаю, он завещал мне эту задачу!» Мысль о гениальности, которую она неизбежно унаследовала, увлекала Аду все сильнее и сильнее.

Но как же ее выразить? Как явствует из переписки графини Лавлейс, Ада, несмотря на давние занятия математикой, так и не овладела самой элементарной тригонометрией (в отличие от своей близкой подруги Мэри Соммервиль, которая уже успела сделать оригинальный вклад в математику). Она понимала, что если хочет воплотить свою идею и возместить миру ущерб, нанесенный отцом, нужно углубить свои знания. И тогда она принялась за розыски «желанного математика, великого неизвестного» и в конце концов обратилась к Огастесу де Моргану, первому профессору математики из Университетского колледжа в Лондоне. Два года де Морган пытался учить Аду по переписке (он хотел познакомить ее с основами математического анализа), однако больших успехов она, похоже, не достигла. В письме де Моргану от 27 ноября 1842 года она признает, что одиннадцать дней подряд безуспешно решала задачу, сводившуюся всего-навсего к тому, чтобы подставить в уравнение простое математическое выражение. С точки зрения Ады, алгебраические выражения даже в таких ученических примерах были неуловимы, словно «феи и призраки».

Только тогда, уже в 27 лет, Ада наконец обрела свою великую цель, на которой и сосредоточила все свои разрозненные устремления и, как впоследствии оказалось, обеспечила себе

посмертную славу. За два года до этого Бэббидж устроил первую и единственную публичную демонстрацию своих чертежей аналитической машины. Дело было на научной конференции в Турине, куда Бэббиджа пригласили как почетного заграничного гостя. Среди участников конференции был капитан Луиджи Менабреа, молодой военный инженер, которому предстояло стать первым премьер-министром объединенной Италии. Во время доклада Бэббиджа Менабреа делал заметки и в 1842 году опубликовал статью на французском языке под названием «Набросок аналитической машины». Статья попала на глаза одному ученому другу Ады, и тот предложил ей перевести ее для публикации в каком-нибудь британском научном журнале. Ада отнеслась к проекту с огромным энтузиазмом. Она сообщила о своих занятиях Бэббиджу и по его совету присовокупила к переводу некоторые собственные соображения.

Предложение Бэббиджа было очень смелым по двум причинам. Во-первых, в те времена женщины практически никогда не публиковали научных статей. Во-вторых, Ада не была профессиональным ученым – зато была графиней, светской львицей, дочерью самого популярного литератора того времени. Бэббидж неустанно, но безуспешно пытался себя рекламировать, и при мысли, что Ада станет его «голосом» во всем, что касается еще не созданной и не нашедшей финансирования аналитической машины, его переполнял энтузиазм, ведь графиня Лавлейс вращалась в самом высшем обществе. Он даже предложил послать экземпляр ее комментариев лично принцу Альберту.

Бэббидж обеспечил Аде всяческое содействие – не просто объяснил ей, как работает его детище, но и снабдил собственными формулами и схемами. От Ады требовались лишь поэтические метафоры. Она сделала упор на то, что программировать аналитическую машину можно будет с помощью перфокарт, как и автоматические французские ткацкие станки, и писала, что машина «сплетает алгебраические узоры подобно тому, как станок Жаккара тклет листья и цветы». Ада привела несколько примеров программ, которые машина сможет исполнять. Все они, кроме одной, были придуманы Бэббиджем много лет назад, однако, как он подчеркивал впоследствии, «выбирала их она самостоятельно».

Единственный оригинальный пример из заметок Ады относился к вычислению так называемых чисел Бернулли. Эти числа, о которых впервые написал швейцарский математик Якоб Бернулли в XVIII веке, участвовали в старых методах расчета навигационных таблиц. Бэббидж сообщил Аде формулу для их вычисления, и она принялась за работу, чтобы показать, как разбить задачу на простые формулы, которые затем можно было бы закодировать в качестве команд для машины Бэббиджа. Но поскольку элементарной алгеброй Ада владела неуверенно, ее труды не принесли плодов. «Я в большом огорчении из-за этих *чисел*: это настоящее болото и сплошная путаница», – писала она Бэббиджу, который в результате проделал алгебраическую часть самостоятельно, «чтобы избавить леди Лавлейс от хлопот», как выразился он в автобиографии, написанной уже после смерти Ады. Затем Ада составила для Бэббиджа «Таблицу и схему», по форме похожую на таблицы самого Бэббиджа, где было указано, как каждую формулу можно ввести в машину. Результат ее трудов, который ее муж лорд Лавлейс старательно вычертил тушью, был опубликован в августе 1843 года. Эту прото-программу (которая в довершение образа содержала два-три прото-бага) и стали впоследствии выдвигать в качестве доказательства, что Ада была основоположницей программирования.

К моменту завершения работы над ней аннотация Ады разрослась страниц до сорока – более чем вдвое длиннее самого перевода, который она должна была дополнить и украсить. Хотя Ада описала общую архитектуру аналитической машины, всякого рода механика ее явно не заботила. Зато Ада выдвинула целый ряд философских соображений. Она предположила, что машина Бэббиджа выходила за пределы царства чисел, поскольку в теории могла оперировать любыми символами, не только цифрами. Вероятно, писала она, аналитическая машина сможет создавать «на научной основе изысканные музыкальные пьесы любой сложности и продолжительности». Ада отмечала, что работа машины обеспечит связь между материей и мен-

тальными процессами. Однако она подчеркивала, что машина, в отличие от человеческого разума, не может считаться по-настоящему умной: «Аналитическая машина никогда не сможет претендовать на *создание чего-то нового*. Она сделает лишь то, что мы сумеем ей предписать». Пройдет больше ста лет, и Алан Тьюринг в своей провидческой лекции об искусственном интеллекте назовет это банальное на первый взгляд высказывание «Аргументом леди Лавлейс». Этот аргумент упускает из виду лишь возможность, что машина наподобие машины Бэббиджа сумеет сама менять полученные инструкции – в сущности, учиться на собственном опыте до тех пор, пока не получит возможность совершить нечто одновременно интеллектуальное и неожиданное – ну, например, поставить мат чемпиону мира по шахматам.

Сомнительно, чтобы идеи, высказанные в примечаниях, Ада «создала» сама, кроме, пожалуй, совсем уж спекулятивных. Судя по переписке, по всем научно-техническим вопросам, даже пустячным, она советовалась с Бэббиджем. Бэббидж, со своей стороны, имел все резоны поддержать легенду, что все сделала Ада: тогда ее заметки не просто становились более действенным средством пропаганды аналитической машины, но и позволяли Бэббиджу избежать ответственности за особенно смелые заявления Ады, создав впечатление, что с ним не советовались. Что же касается другой части проекта Ады, собственно перевода статьи Менабреа, то тут все впечатление испортила весьма досадная ошибка, заставляющая сильно усомниться в математическом профессионализме Ады. Из-за опечатки во французском оригинале вместо «*le cas $n = \infty$* » получилось «*le cos. $n = \infty$* ». Ада не сообразила, что это ошибка, и поняла фразу буквально – «когда косинус $n = \infty$ », это очевидный нонсенс, поскольку косинус может принимать значения от -1 до $+1$.

Ада несказанно гордилась этой работой, которую стала называть «мое первое дитя». Публикация перевода и комментариев сильно укрепила веру Ады в собственный незаурядный интеллект. «Настроение у меня прекрасное, – писала она Бэббиджу, – поскольку я надеюсь, что еще год занятий сделает меня *настоящим аналитиком*. Чем больше я учусь, тем меньше могу сопротивляться убежденности в своей гениальности. Думается, мой отец достиг (и мог бы достичь) в *поэзии* далеко не таких вершин, каких я достигну в *математическом анализе* (и метафизике), поскольку эти два начала во мне неразделимы». Следуя своей страсти к феям и призракам, этим столпам, на которых зиждутся все фантазии расцвета викторианской эпохи, Ада уговаривала Бэббиджа сделаться ее «эльфом-наставником». Это предложение Бэббидж отклонил. Публикация комментариев Ады не стала такой сенсацией, как он рассчитывал. Научное сообщество не пало перед ними ниц. Государственного финансирования аналитическая машина так и не дождалась. Хотя Бэббидж посвятил оставшиеся 28 лет своей жизни рекламе и совершенствованию своего прото-компьютера, машина так и осталась в чертежах.

Больше всего пользы публикация комментариев принесла репутации самой Ады. Леди Лавлейс разослала экземпляры статьи своим светским приятелям, в числе которых были актер, драматург и историк искусства, и получила восторженные (и несколько недоуменные) отзывы. Сочетание научных достижений, действительных или мнимых, но в любом случае столь редких для женщины, и звездной славы наследницы Байрона сделали леди Лавлейс объектом пристального внимания публики. В 1844 году лондонское общество взбудоражили слухи, что именно она стала анонимным автором сенсационной книги «Рудименты естественной истории Вселенной» (*Vestiges of the Natural History of Creation*), которая предвосхитила Дарвина, поскольку изобразила людей как продукт эволюции Вселенной, управляемой законами природы. Нет, эту книгу написала не Ада. Более того, она до своей кончины не успела выпустить больше ничего существенного, кроме неудачной статьи с обзором работ по животному магнетизму. Недостаток производительности резко контрастирует с размахом ее честолюбия. Среди свершений, на пороге которых она, по своему мнению, стояла, самым фантастическим было создание «дифференциального исчисления нервной системы» – ни более ни менее как математической модели того, как мозг порождает мысли.

Друзьям и родным подобные претензии представлялись порождением мании величия. «Надеюсь, такая самооценка не приведет ее обладательницу в сумасшедший дом», – говорила леди Байрон о бредовом самолюбии своей дочери. Ада, как и ее отец, была подвержена резким перепадам настроения, не оставлявшим ни малейшей возможности надолго сосредоточиться на чем-то одном. Помимо периодических нервных срывов Аду мучили самые разные тяжелые симптомы – в том числе расстройства пищеварения, приступы тахикардии и астмы, а также какая-то болезнь почек. От всего этого в те годы была одна панацея – опиум в виде либо лауданума (спиртовой настойки опиума), либо только что открытого морфина. Ада не могла достичь даже подобия душевного покоя без «опиумной системы». Как-то раз у нее было видение – она была солнцем, вокруг которого вращались планеты.

Никакого «дифференциального исчисления нервной системы» у Ады не получилось. Однако увлечение электричеством как источником нервной энергии привело ее к знакомству с Эндрю Кроссом, чудаковатым ученым-любителем, который, как считается, послужил прототипом доктора Франкенштейна из романа Мэри Шелли. Результатом стала внебрачная связь с его сыном Джоном. Кроме того, Ада во всем потакала своему байроническому аппетиту к запретным удовольствиям и играла на скачках. Много говорилось о том, что Ада была главой кружка таких же азартных любителей скачек и в этом качестве разработала математическую систему беспроигрышных ставок. Если это так, то перед нами очередное доказательство ее математического невежества, поскольку проигрывала она на ипподромах астрономические суммы. Чтобы выплатить долги, она заложила фамильные бриллианты; леди Байрон тайно выкупила их, и Ада заложила их снова. Неудержимая страсть к скачкам не оставила ее и после того, как у нее нашли рак матки. Когда тяжелое кровотечение приковало Аду к постели, ее навещал Чарльз Диккенс, который читал ей отрывки из ее любимой книги «Домби и Сын». Умерла Ада Лавлейс после долгих мучений в 36 лет.

На днях я просматривал некоторые из множества веб-сайтов, прославляющих Аду, и наткнулся на утверждение, что «на могилу Ады ходит больше паломников, чем на могилу Байрона». Доказать это трудно, поскольку Ада перед смертью попросила похоронить ее в семейном склепе Байронов в Ноттингеме, рядом с отцом. На том же сайте Аду называли «первым хакером», видимо, в отчаянной попытке придать хоть немного благородства занятию, которое в наши дни считается откровенно грязным. Книги об Аде изобилуют неверными выводами. Ее первый биограф Дорис Лэнгли Мур была специалистом по Байрону и практически ничего не знала о математике. Она пишет, что «пытливые письма» Ады к Огастесу де Моргану были полны «вопросов, рассуждений, возражений», что Ада заполняла «целые страницы уравнениями, задачами, решениями, алгебраическими формулами, словно колдовскими каббалистическими символами», тогда как на самом деле Ада просто проходила вводный курс математического анализа как ученица. (Приятным исключением стала Дороти Стейн, второй биограф Ады: она резко противопоставила грандиозность претензий Ады скромности ее талантов и скудости ее наследия.) Сэди Планта, университетский преподаватель из Англии, в своем киберфеминистическом манифесте «Нули + Единицы» (Plant, S., *Zeros + Ones*, 1997) как ни в чем не бывало пишет об «аналитической машине Ады», нарушая права настоящего изобретателя первого компьютера – Бэббиджа. Само собой, «проницательность Бэббиджа не шла ни в какое сравнение с пророческим даром Ады», пишет Планта.

Следующая биография Ады – «Невеста науки» Бенджамина Вулли (Woolley, B., *Bride of Science*) – оценивает ее достижения более трезво. Автор признает, что «Ада не была великим математиком» и «вероятно, не обладала достаточными математическими познаниями, чтобы написать комментарии к статье Менабреа без помощи Бэббиджа». Однако Вулли делает упор не на технической одаренности Ады или ее отсутствии – возможно, потому, что сам он не ученый, а писатель и тележурналист, – и подыгрывает ее байронической самовлюбленности, прославляя ее как представителя «поэтической науки». Ее лирические сравнения, самое извест-

ное из которых – уже упоминавшееся уподобление алгебраических закономерностей тканым узорам на станке Жаккара – дали ей возможность «возвыситься над техническими подробностями выдающегося изобретения Бэббиджа и явить миру его подлинное величие».

Но если Ада Лавлейс не изобретала компьютерное программирование, можно ли сказать, что сам компьютер изобрел Чарльз Бэббидж? Биография Ады, которую написал Вулли, делает далеко идущие выводы из того, что Бэббидж так и не построил свою аналитическую машину. Вулли утверждает, что все дело не в чудачестве и перфекционизме Бэббиджа и не в несовершенстве инженерной науки того времени, а в том, что викторианский мир попросту не был готов к появлению компьютера. «Все области жизни, государства и промышленности, которые в дальнейшем преобразил компьютер – телекоммуникации, административная деятельность, автоматика – в те времена, когда Ада переводила и комментировала статью Менабреа, еще, в сущности, отсутствовали, – пишет Вулли. – Когда сто лет спустя возник электронный компьютер, его изобретатели почти ничего не знали ни об Аде, ни о Бэббидже».

Вулли прав лишь отчасти. Да, в жизни XIX века для компьютеров еще не было заметной практической роли. Потребность в них в полной мере начала ощущаться лишь во время Второй мировой войны, когда без них оказалось невозможно взломать вражеские шифры. Тогда основным поставщиком идей стал Алан Тьюринг. Однако Тьюринг знал о трудах Бэббиджа, и его представления об универсальной вычислительной машине были очень близки к представлениям Бэббиджа. Первые цифровые компьютеры, возникшие в начале сороковых, – английский компьютер «Колосс» из Блетчли-парк, где благодаря гению Тьюринга был взломан фашистский код «Энигма», ЭНИАК (*ENIAC, Electronic Numerical Integrator and Computer*) из Пенсильванского университета, гарвардский «Марк I» компании *IBM* – в сущности, были машинами Бэббиджа.

Остается открытым вопрос, кто был первым программистом. Если Ада Лавлейс выбывает из соревнований, логично предположить, что эта заслуга также принадлежит Бэббиджу, ведь он и в самом деле написал для своего гипотетического компьютера несколько программ. Но мир всего того, что можно запрограммировать, не исчерпывается компьютерами. Если программировать – это создавать набор закодированных команд, заставляющих автоматическое устройство исполнять ваши приказания, то первым великим программистом был Жозеф-Мари Жаккар, тот самый француз, который в начале XIX века начал применять перфорированные карты, чтобы заставить автоматические станки ткать парчу со сложными узорами. Сам Бэббидж признавал, что Жаккар был его предшественником, и когда рассказывал о концепции аналитической машины на конференции в Турине, показал слушателям вытканый шелком портрет Жаккара, созданный на ткацком станке: на его программирование потребовалось целых 24 тысячи карт. Это длинный код даже по современным меркам.

Стоит ли удивляться, что первые программы предназначались не для переработки больших чисел и объемов информации, а для создания красивой парчи? Или что первый действующий компьютер состоял не из механических комплектующих и не из вакуумных трубок, а из безработных цирюльников? Таковы были разноразрядные, суетные предшественники компьютерной эпохи – эпохи, первым идеологом которой стала нервная молодая женщина, дочь поэта, считавшая себя феей.

Глава пятнадцатая. Алан Тьюринг. Жизнь, логика и смерть

8 июня 1954 года Алан Тьюринг, ученый из Манчестерского университета, был найден мертвым. Обнаружила его квартирная хозяйка. Ему был 41 год. Накануне, перед тем как лечь в постель, он несколько раз откусил от яблока, по всей видимости, начиненного цианидом. На дознании, проведенном через несколько дней, смерть была признана самоубийством. Тьюринг был человек скрытный – скорее по необходимости, чем по складу характера. Одну из его тайн раскрыли за два года до смерти, когда обвинили его в «грубой непристойности» за гомосексуальную связь. Однако о второй его тайне стало известно лишь в дальнейшем. Это Тьюринг практически самостоятельно взломал немецкий код «Энигма» во время Второй мировой войны – достижение, благодаря которому Британия избежала поражения в мрачном сорок первом. Если бы эта тайна стала достоянием публики, Тьюринга славили бы как национального героя. Однако существование британской программы дешифровки «Энигмы» скрывалось даже после войны, и соответствующие документы были рассекречены лишь в семидесятые. И лишь в восьмидесятые было признано второе, не менее фундаментальное, достижение Тьюринга: создание основы для современного компьютера.

Возникает понятное искушение считать Тьюринга мучеником-геем, которого обрекли на смерть за сексуальную ориентацию, невзирая на огромные заслуги перед человечеством. Но не менее соблазнительно задуматься, действительно ли это было самоубийство. Когда в 1951 году Гай Берджесс и Дональд Маклин, британские дипломаты и, по слухам, любовники, тайно работавшие на советскую разведку, сбежали в Москву, это побудило одну лондонскую газету написать в редакционной статье, что Британии следует перенять американскую политику «искоренения и сексуальных, и политических извращенцев». Участие Тьюринга во взломе кода во время войны привело к близкому знакомству с британской разведкой. А после обвинения в гомосексуальности сложилось впечатление, что он стал неуправляем: начал путешествовать за границу в поисках сексуальных партнеров, посещать страны, граничащие с Восточным блоком. Коронер, проводивший дознание, обо всем этом не подозревал. Никто не проверил найденное у постели яблоко на наличие цианида.

Мог ли Тьюринг стать мишенью убийства, которое выдали за суицид? О такой возможности после его смерти заговаривали не раз и не два, на что намекает и заимствованное у хичкоковского триллера название краткой биографии Тьюринга, которую опубликовал в 2006 году Дэвид Ливитт: «Человек, который слишком много знал» (Leavitt, D., *The Man Who Knew Too Much*). Ливитт, автор нескольких романов и сборников рассказов, главные герои которых – гомосексуалы, делает ставку на тему мученика-гея и упоминает в связи с этим другой классический фильм – «Человек в белом костюме». В этой комедии 1951 года, которую Ливитт прочитывает как аллерегию однополый любви, ученого преследует толпа, напуганная его чудесным изобретением. Ливитт упоминает и третий фильм, который, очевидно, произвел сильное впечатление на самого Тьюринга – «Белоснежка и семь гномов», диснеевский полнометражный мультфильм, вышедший в 1937 году. Близкие Тьюринга говорили, что он любил напевать под нос заклинание злой колдуньи: «В зелье яблоко макнем – смертный сон поселим в нем».

Алан Мэтисон Тьюринг был зачат в Индии, где его отец работал на государственной службе, и родился в 1912 году, когда его родители приехали в Лондон. Они не взяли ребенка с собой на Восток, а отдали на воспитание отставному военному с женой, которые жили в прибрежном английском городке. Алан был красивый мальчик, мечтательный, немного неуклюжий, безнадежно неаккуратный и не слишком популярный среди одноклассников. В детстве он был одиноким, однако подростком наконец встретил другого мальчика, разделявшего его страсть к науке. Они стали неразлучными друзьями и вместе исследовали эзотерические научные вопросы вроде теории относительности Эйнштейна. Год спустя друг Алана умер от тубер-

кулеза, а для Тьюринга их отношения, судя по всему, стали идеалом романтической любви, и всю свою жизнь он мечтал еще раз испытать это чувство.

В 1931 году Тьюринг поступил в Кембридж. Его колледж – Кингс-колледж – имел, по словам Ливитта, «весьма гомосексуальную репутацию» и славился связями с Блумсберийским кружком. Тьюринг был не от мира сего и поэтому чуждался эстетических удовольствий, предпочитая спартанские радости вроде гребли и бега на длинные дистанции. Однако Кембридж обладал и богатой научной культурой, и таланты Тьюринга расцвели там в полной мере. В 1935 году при поддержке Джона Мэйнарда Кейнса его избрали членом научного общества Кингс-колледжа – Тьюрингу было тогда 22 года. Когда об этом узнали в его старой школе, мальчишки сочинили про него стишок:

Тьюринг для наших времен
Весьма недурен,
Раз избран в совет
С таких ранних лет²².

После этого Тьюринг мог предаваться интеллектуальным занятиям, ни о чем не тревожась: у него была стипендия и все привилегии преподавателя – и никаких обязанностей.

Той весной Тьюринг на лекциях по основам математики познакомился с проблемой разрешимости – одной из важнейших нерешенных математических проблем того времени. Через несколько месяцев во время ежедневной пробежки Тьюринг прилегал отдохнуть на лужайку и придумал абстрактную машину, которая решала эту задачу неожиданным образом.

В сущности, проблема разрешимости сводится к вопросу, можно ли свести логические рассуждения к вычислениям. О таком мечтал философ XVII века Готфрид фон Лейбниц – он представлял себе логическое исчисление, которое позволило бы решать любые разногласия, взяв в руки перо и сказав: «*Calculemus*» («Давайте посчитаем»). То есть, предположим, у вас есть набор посылок и предполагаемый вывод. Существует ли автоматическая процедура, позволяющая решить, следует ли из первых второй, то есть действительно ли из *этих* посылок логически следует *этот* вывод? Можно ли в принципе определить, доказуема ли гипотеза? Проблема разрешимости требует создания механистического набора правил, позволяющих за конечное время определить, верно ли подобное утверждение. Такой метод был бы особенно полезен математикам, поскольку дал бы им возможность решить множество головоломок в своей области, скажем, доказать Великую теорему Ферма или проблему Гольдбаха, в сущности, грубой силой. Именно поэтому Давид Гильберт в 1928 году назвал проблему разрешимости «главной проблемой математической логики» и призвал математическое сообщество работать над ней.

Тьюринг начал с размышлений о том, что происходит, когда человек проделывает вычисления при помощи карандаша, блокнота и набора бездумных команд. Безжалостно отбросив все несущественные детали, Тьюринг пришел к концепции идеальной машины, которая, по его убеждению, улавливала суть процесса. Концепция была непритязательной: бесконечная лента, состоящая из квадратиков (примерно как бесконечная полоса туалетной бумаги). Эту ленту считывает маленький сканер, который перемещается на один квадратик за шаг и пишет и стирает нули и единицы – по одному символу на квадратик. Действия сканера в каждый момент зависят от того, какой символ стоит в квадратике и в каком состоянии находится сканер, то есть, так сказать, от его «настроения». Число состояний конечно, а то, как они связывают символ, который видит сканер, и его действия, и составляет программу машины. (Типичная

²² Пер. О. Иванова.

строчка такой программы должна была бы выглядеть примерно так: «Если машина в состоянии *A* сканирует 0, то меняет 0 на 1, сдвигается на один квадрат влево и переходит в состояние *B*».)

При помощи своих абстрактных устройств, которые вскоре стали называть машинами Тьюринга, ученый проделывал поразительные фокусы. Он показал, что, несмотря на простоту дизайна, такие машины можно заставить выполнять всевозможные сложные математические вычисления. Более того, функционирование каждой машины можно заключить в одно-единственное число (как правило, очень длинное), чтобы заставить одну машину воздействовать на другую, записав номер второй машины на ленту первой в виде последовательности нулей и единиц. Таким образом Тьюринг сумел задействовать нечто вроде парадоксов самоссылаемости («Я лгу») и показать, что определенные разновидности машин Тьюринга не могут существовать. В частности, не существует машины Тьюринга, которая, получив программный номер другой машины, решила бы, завершит эта машина когда-нибудь свои вычисления или же будет работать над ними вечно. (Если бы такая машина существовала, ее можно было бы заставить мыслить по-гамлетовски: «Я остановлюсь, если и только если я никогда не остановлюсь».) Однако проблема остановки, как оказалось, была лишь замаскированной проблемой разрешимости. Тьюринг сумел доказать, что никакая вычислительная машина того вида, какой он себе представлял, не может решить проблему разрешимости. То есть логику невозможно свести к вычислениям.

Однако крушение мечты Лейбница знаменовало собой рождение компьютерной эпохи. Самая смелая идея, выросшая из рассуждений Тьюринга, – это идея универсальной машины Тьюринга, то есть машины, которая, получив номер, описывающий механизм любой конкретной машины Тьюринга, идеально подражала бы ее поведению. В сущности, «железо» компьютера, созданного для конкретной цели, можно преобразовать в «программное обеспечение» и ввести, как данные, в универсальную машину, где программа запустится. Побочным продуктом достижений Тьюринга в логике стало изобретение компьютера с хранимой программой.

Когда Тьюринг решил проблему разрешимости, ему было 23 года. Едва он закончил работу, в Кембридж из-за Атлантического океана дошла огорчительная новость: принстонский логик Алонзо Черч успел решить задачу первым. Однако в отличие от Тьюринга Черч не пришел к идее универсальной вычислительной машины, а задействовал гораздо более сложную конструкцию, так называемое лямбда-исчисление. Тем не менее Тьюринг решил, что ему стоит поучиться у более авторитетного логика. Он отправился в Америку – переплыл Атлантику третьим классом и прибыл в Нью-Йорк, где, как он писал матери, «пришлось пройти обряд посвящения в американцы, состоявший в том, что меня облапошил таксист».

В Принстоне Тьюринг проделал первые шаги к созданию рабочей модели своего воображаемого компьютера и придумал, как воплотить свой логический замысел в виде сети переключателей на основе реле; он даже пробился в механическую мастерскую при физическом факультете и собрал несколько реле самостоятельно. И не только учился у Черча, но и консультировался с самим великим Джоном фон Нейманом, который впоследствии присвоил некоторые идеи компьютерной архитектуры, основоположником которых стал Тьюринг. Что касается социальной жизни, американское прямотушие импонировало Тьюрингу, но не всегда: «Когда их благодаришь за что-то, они отвечают “всегда обращайтесь”». Поначалу мне это нравилось – я считал, что и правда могу к ним обратиться. Но теперь я вижу: это означает, что на самом деле ты им обязан, так что это выражение меня несколько пугает. Еще у них есть привычка издавать звук, который писатели передают как “Ага”. Так они говорят, когда не могут придумать подходящего ответа на ту или иную реплику».

В 1938 году Тьюринг защитил в Принстоне диссертацию по математике и, несмотря на предостережения отца, которого тревожила угроза войны с Германией, решил вернуться в Британию. В Кембридже он стал завсегдатаем семинара Людвиг Витгенштейна по основам математики. Тьюринг и Витгенштейн были на удивление похожи – одиночки, аскеты, гомосексуалы,

любители фундаментальных вопросов. Однако у них возникли острые разногласия по некоторым философским принципам, например, по вопросу об отношениях логики и повседневной жизни. «От логических противоречий еще никто не умер», – настаивал Витгенштейн. На что Тьюринг возражал: «Беды и правда не будет до тех пор, пока противоречие не найдет практического воплощения, а тогда может рухнуть мост». Вскоре Тьюринг доказал, что от логических противоречий и в самом деле зависят жизнь и смерть.

1 сентября 1939 года нацистские войска вторглись в Польшу. Через три дня Тьюринг получил предписание явиться в Блетчли-парк, викторианскую усадьбу в тюдоровско-готическом стиле, расположенную к северо-западу от Лондона, куда секретно перевели шифровальную службу. Тьюринга и других дешифровщиков привезли в Блетчли как участников «охоты капитана Ридли», что вызвало недовольство окрестных жителей: им не нравилось, что взрослые здоровые мужчины приехали развлекаться, вместо того чтобы идти на войну. Задачу перед ними поставили сложнейшую. С тех пор, как во время Первой мировой войны в военном деле впервые начали применять радиосвязь, в армии остро стоял вопрос об эффективном шифровании – способе посылать частные сообщения через публичное пространство. Нацисты полагали, что их система шифрования, основанная на машине под названием «Энигма», напоминавшей усовершенствованную пишущую машинку, сыграет важнейшую роль в ожидаемой победе.

«Энигма» была изобретена в 1918 году и предназначалась для коммерческого применения, но вскоре ее стали использовать в германской армии. У этой машины была алфавитная клавиатура, а кроме нее – набор из 26 лампочек, по одной на каждую букву. Если нажать какую-то букву на обычной клавиатуре, на ламповой клавиатуре зажигалась другая буква. Например, если набрать на клавиатуре «Энигмы» *d-o-g*, лампочки высветят *r-l-u*. Если затем радист передаст сочетание букв *r-l-u* морзянкой, получатель наберет эти буквы на клавиатуре своей «Энигмы», а лампочки высветят *d-o-g* при условии, что две машины одинаково настроены.

Тут-то все и принимало интересный оборот. Внутри «Энигмы» был набор вращающихся роторов, определявших соответствие вводимых и зашифрованных букв; каждый раз, когда на клавиатуре нажимали какую-то букву, один из роторов поворачивался и менял настройки (то есть, набирая *g-g-g*, можно было получить зашифрованное сообщение *q-d-a*). У армейской версии «Энигмы» была еще и коммутационная панель, чтобы еще сильнее запутать соотношения между буквами. Настройки колес и коммутационной панели меняли ежедневно в полночь. После чего добавлялись новые уровни сложности, отчего количество возможных ключей шифрования возрастало чуть ли не до 150 квинтиллионов.

Надежнее всего была защищена связь на немецком военном флоте, где машины «Энигма» применялись особенно хитроумно, а работа с ними была построена необычайно строго. К началу 1941 года растущий немецкий подводный флот сеял смерть и разрушение среди британских кораблей – он топил около 60 кораблей в месяц. Британия, в отличие от Германии, была экономически крайне зависима от морских путей. Нужно было срочно придумать какую-то стратегию противодействия, иначе Британским островам грозил голод, а в итоге и капитуляция. Когда Тьюринг прибыл в Блетчли-парк, никаких работ по взлому военно-морской «Энигмы» не велось, поскольку многие считали, что расшифровать этот код в принципе невозможно. Более того, говорят, что в возможность взлома «Энигмы» верили всего два человека – Фрэнк Бёрч, глава отделения военно-морской разведки в Блетчли, который считал, что ее все равно придется взломать, и Алан Тьюринг, поскольку это была интересная задача.

Тьюринг взялся за изучение военно-морской «Энигмы» и вскоре выявил слабое место. Зашифрованные военно-морские сообщения часто содержали стандартные фрагменты-формулы вроде *WETTER FUER DIE NACHT* («погода на ночь»), которые можно было обнаружить простой догадкой. Тьюринг понял, что такие «несущие конструкции» можно задействовать, чтобы выявить логические цепочки, каждая из которых соответствовала миллиардам возможных настроек «Энигмы». Если одна такая цепочка приводила к противоречию – внутрен-

ней несогласованности гипотезы шифра – миллиарды настроек, которым она соответствовала, можно было сразу вычеркнуть. Так что задача свелась к проверке миллионов логических цепочек – что, конечно, чудовищно трудоемко, но не невозможно. Тьюринг решил разработать машину, которая автоматизировала бы поиски логической непротиворечивости, а противоречивые цепочки исключала бы достаточно быстро, чтобы дешифровщики выявляли сегодняшние настройки «Энигмы» раньше, чем устаревали бы разведданные. Результат получился размером с несколько холодильников с десятками вращающихся барабанов (повторявших роторы «Энигмы») и огромными катушками с цветными проводами, напоминавшими узор на пестром свитере. Когда машина работала, ее шум напоминал звон тысяч вязальных спиц – так щелкали реле, проверяя цепочки одну за другой. Сотрудники Блетчли называли эту машину «Бомбой» в память о первой дешифровальной машине, созданной в Польше: та издавала зловещее тиканье.

В удачные дни «Бомба» получала ключ к сегодняшнему шифру «Энигмы» меньше чем за час, и к 1941 году заработали уже восемнадцать «Бомб». Когда переговоры военно-морского флота фашистской Германии перестали быть тайной, британцы получили возможность точно выявлять местоположение подводных лодок, уводить от них караваны судов, а затем переходить в наступление и отправлять эсминцы, чтобы топить вражеские субмарины. Но даже когда расстановка сил в Битве за Атлантику изменилась, верховное командование войск Германии отказывалось верить, что «Энигму» удалось взломать, и подозревало шпионаж и измену.

По мере развития «Энигмы» Тьюринг изобретал новые методы борьбы с ней. В Блетчли его прозвали Профом, и он славился безобидными чудачествами – например, пристегивал свою кружку цепочкой к батарее отопления и надевал противогаз, когда ездил на работу на велосипеде (так он боролся с сенной лихорадкой). Коллеги знали его как приветливого, общительного гения, который всегда был готов объяснить свои соображения, и он особенно подружился с одной своей сотрудницей, с которой они играли, по его словам, в «сонные шахматы» после того, как вместе работали над дешифровкой кодов в ночную смену. Тьюринг убедил себя, что влюблен, сделал предложение, которое было с радостью принято, несмотря на то, что он признался невесте в «гомосексуальных склонностях». Но затем Тьюринг решил, что из этого ничего не выйдет, и разорвал помолвку. По всей видимости, это был единственный раз за всю жизнь, когда он задумался о гетеросексуальных отношениях.

К 1942 году Тьюринг решил большинство теоретических задач, которые ставила «Энигма». Поскольку теперь и США были готовы бросить на дешифровку кодов огромные ресурсы, Тьюринга командировали в Вашингтон, где он помог американцам создать собственную «Бомбу» и начать отслеживать сообщения «Энигмы». Затем Тьюринг отправился в Нью-Йорк, где его привлекли к работе над другим сверхсекретным проектом по дешифровке речи в Лабораториях Белла, которые тогда располагались в Гринвич-Виллидж, неподалеку от пирсов на реке Гудзон. Во время работы в Лабораториях Тьюринга начал занимать вопрос, которому была посвящена вся его послевоенная деятельность: можно ли создать искусственный мозг? Как-то раз Тьюринг поверг в ступор всю администрацию Лабораторий, заявив своим громким, пронзительным голосом: «Создание мощного мозга меня не интересует. Мне достаточно создать всего лишь посредственный мозг, примерно как у президента Американской телефонно-телеграфной компании».

Ранние работы Тьюринга открывали манящие перспективы: не исключено, что мозг похож на универсальную машину Тьюринга. Разумеется, на вид мозг больше напоминает холодную овсянку, а не машину. Но Тьюринг предполагал, что способность мыслить мозгу придает его логическая структура, а не физическое воплощение. А тогда создание универсальной машины Тьюринга позволило бы стереть грань между механическим и разумным.

В 1945 году Тьюринг составил план создания компьютера, где было предусмотрено все – от абстрактной структуры до принципиальных схем и сметы примерно в 11 200 фунтов стерлингов. После войны Тьюринг работал в Британской национальной физической лаборатории,

где нечего было и мечтать о таких деньгах, как у американцев, однако он был готов действовать даже в таких стесненных обстоятельствах. Например, когда Тьюринг обдумывал устройство компьютерной памяти, то самым очевидным вариантом накопителя для хранения данных было устройство, где данные принимали форму колебаний в жидкой ртути. Однако Тьюринг рассудил, что джин в этой роли ничем не хуже и гораздо дешевле. Однажды он увидел в поле брошенную водопроводную трубу и попросил коллегу помочь притащить ее к себе в лабораторию: в «железе» компьютера нашлось место и для нее. Руководство Национальной физической лаборатории относилось к его занятиям без энтузиазма, так что в конце концов Тьюринг принял предложение перенести строительство компьютерного прототипа в Манчестерский университет. Тьюринг приехал в этот мрачный северный промышленный город в возрасте 36 лет, нашел его «грязным» и отметил, что мужчины в Манчестере в основном невзрачны.

Несмотря на увлечение инженерными подробностями, в компьютере Тьюринга интересовали в первую очередь философские вопросы. «Меня больше занимает не практическое применение вычислительных машин, а возможность создания моделей мозговой деятельности», – писал он другу. Тьюринг выдвинул гипотезу, что компьютеры, по крайней мере, поначалу, смогут решать лишь чисто символические задачи, не предполагающие никакого «контакта с внешним миром»: математические, крипто-аналитические и шахматные – Тьюринг сам написал (на бумаге) первые программы для игры в шахматы. Однако он мечтал о том дне, когда машина сможет симулировать ментальные способности человека настолько хорошо, чтобы возник вопрос, способна ли она мыслить. В статье, опубликованной в философском журнале *Mind*, он описал ставший сегодня классическим «Тест Тьюринга»: компьютер можно будет назвать разумным, если он сможет обмануть собеседника и тот примет его за человека, скажем, во время диалога по телетайпу. Тьюринг утверждал, что единственный способ узнать, что другие люди разумны, – это сравнить их поведение со своим, поэтому нет никаких резонов относиться к машинам как-то иначе.

По мнению Дэвида Ливитта, сама мысль, что компьютер притворится человеком, аналогична мысли, что гомосексуал «сойдет за» гетеросексуала. Пожалуй, способность искать во всем психологически-сексуальный подтекст у Ливитта все же гипертрофирована. (Когда в статье в журнале *Mind* Тьюринг пишет об определенных человеческих способностях, что трудно представить себе, чтобы они развились у машины – например, способность «любить клубнику со сливками» – Ливитт видит здесь «зашифрованное сообщение о вкусах, которые Тьюринг предпочитает не называть».) Однако Ливитту в целом удалось дать живой и образный портрет Тьюринга как человека. Не далась ему техническая сторона вопроса. Его объяснения, полные лишних деталей, которые математики называют «шерстью», путаны и пестрят ошибками. Когда Ливитт пытается описать, как Тьюринг решил проблему разрешимости, то неправильно понимает главную идею «вычислимого числа». Рассказывая о ранних логических трудах Курта Гёделя, Ливитт утверждает, что в них было установлено, что система аксиом *Principia Mathematica* Бертранда Рассела и Альфреда Норта Уайтхеда была «противоречива», в то время как Гёдель ничего подобного не доказывал, а определение так называемого числа Скъюза у Ливитта полностью перевернуто. Хотя видно, что Ливитт предпринял доблестную попытку овладеть материалом при подготовке книги, его попытки объяснить суть дела лишь раздражают посвященных и озадачивают новичков.

При всем при том надо воздать ему должное: планку для Ливитта подняли очень высоко. В 1983 году математик Эндрю Ходжес выпустил книгу «Вселенная Алана Тьюринга», одну из лучших научных биографий, которая до сих пор остается главным источником для всех последующих работ о жизни Тьюринга. В 1987 году на Бродвее состоялась премьера спектакля по великолепной пьесе Хью Уайтмора о Тьюринге «Взломать код» с Дерекком Якоби в главной роли (Whitmore, H., *Breaking the Code*). Оба этих произведения не только уловили драму жизни Тьюринга, но и просто и понятно рассказали о его технических достижениях. Уайтмору

удалось чудесным образом сжать описание проблемы разрешимости и взлома «Энигмы» в два-три лаконичных монолога без особых искажений (напротив, фильм «Игра в имитацию» с Бенедиктом Камбербэтчем в роли Тьюринга, снятый в 2014 году, недопустимо вольно трактует как подробности биографии Тьюринга, так и его криптографические достижения: человек, которого все современники единодушно называли искренним и остроумным и подчеркивали, как щедро он делился своими идеями с коллегами, в фильме показан безыumorным и даже трусоватым занудой).

Тьюринг прожил в Манчестере остаток жизни. Он купил домик в пригороде и каждый день проезжал на велосипеде десять миль до университета, а в дождь надевал нелепый желтый клеенчатый плащ и шляпу. Номинально он был заместителем директора вычислительной лаборатории (где был разработан первый в мире коммерческий электронный компьютер), однако увлекся еще и фундаментальной загадкой биологии: как так получается, что живые существа, зарождающиеся в виде скопления одинаковых клеток, впоследствии приобретают столь разные формы? Тьюринг составил системы уравнений для моделирования процесса морфогенеза и применял для их решения прототип компьютера; и когда он сидел за приборной панелью и переключал рычаги и кнопки управления машиной, то, по выражению одного коллеги, был похож на органиста.

Незадолго до Рождества 1951 года Тьюринг шел по Оксфорд-стрит в Манчестере и случайно обратил внимание на 19-летнего рабочего Арнольда Марри. Эта встреча привела к роману, и Марри несколько раз приходил к Тьюрингу домой, ужинал с ним и оставался на ночь. Через месяц Тьюринга пригласили на ВВС для участия в радиодebатах по вопросу «Можно ли сказать, что автоматические вычислительные машины мыслят?» (благодаря британским газетам Тьюринг успел завоевать некоторую сиюминутную популярность за свои соображения об искусственном интеллекте). После эфира одной из передач цикла Тьюринг вернулся домой и обнаружил, что его дом ограбили. Он заподозрил, что грабителем был приятель Марри, который был уверен, что гомосексуал не станет обращаться в полицию.

Однако Тьюринг обратился. Поначалу он пытался придумать правдоподобное объяснение, откуда ему известно, кто его ограбил, но затем по доброй воле рассказал ошеломленным детективам о своих отношениях с Марри. Против Тьюринга выдвинули обвинение в «грубой непристойности» по тому же закону от 1885 года, по которому был осужден Оскар Уайльд. Подобные преступления карались двумя годами тюрьмы, однако судья учел выдающиеся интеллектуальные достижения Тьюринга (хотя и не знал ничего о его занятиях во время войны) и вынес решение об испытательном сроке под надзором полиции при условии, что Тьюринг «пройдет лечение у врача соответствующей квалификации».

Лечение полагалось гормональное. Незадолго до этого американские исследователи пытались «обратить» гомосексуальных мужчин в гетеросексуальность инъекциями мужских гормонов, согласно теории, что они страдали дефицитом мужественности, однако это неожиданно привело лишь к усилению влечения к своему полу. Тогда применили противоположный подход. Гомосексуалам вводили большие дозы женских гормонов, и оказалось, что это убивает либидо всего за месяц. Химическая кастрация, как обнаружил Тьюринг к вящему своему унижению, привела к временному увеличению груди, а мускулистое тело спортсмена покрылось слоем жира.

Новость об осуждении Тьюринга не привлекла всенародного внимания. Мать, с которой он с годами стал очень близок, отнеслась к произошедшему с сочувствием, но, похоже, давно ожидала чего-то подобного. Коллеги отмахнулись – мол, это «типичный Тьюринг». Въезд в США ему запретили как преступнику, обвиненному в «аморальности». Но в апреле 1953 года, когда испытательный срок закончился, а последствия гормонального лечения сошли на нет, Тьюринг отправился путешествовать по Европе в поисках романтических связей. Его положению в Манчестере ничего не грозило: университет создал для него особую должность лектора

по теории компьютерных технологий, что привело к повышению жалования. Тьюринг мог без помех продолжать занятия математической биологией и изучать искусственный интеллект, к тому же его очень радовало, что в среде логиков все чаще и чаще упоминаются «машины Тьюринга».

Почему же он покончил с собой – ведь прошло больше двух лет после суда и больше года после окончания гормональной терапии? Ливитт называет жизнь Тьюринга после ареста «медленным унылым погружением в пучину горя и безумия». Это излишний драматизм. Тьюринг и правда обратился к психотерапевту-юнгианцу и полюбил Толстого, но ни то, ни другое отнюдь не симптомы безумия. Кроме того, за несколько месяцев до смерти Тьюринг послал другу восемь открыток с «посланиями из незримого мира». Одни послания афористичны: «Наука – дифференциальное уравнение. Религия – пограничное состояние». Другие заставляют вспомнить Блейка: «Гиперболоиды чудного света / в пространстве и времени катятся вечно / их стоит сберечь – им найдутся, не так ли, / волшебные роли в Господнем спектакле». Что ж, подобие рифмы здесь есть.

Смерть Тьюринга произошла в пору, когда на Западе боялись как огня шпионов, гомосексуалов и советских провокаций. На той же неделе газеты объявили, что бывший руководитель Лос-Аламоса Роберт Оппенгеймер был заподозрен в разглашении государственной тайны. Как пишет Эндрю Ходжес, если бы в газетах появился заголовок «Ученый-атомщик найден мертвым», это немедленно вызвало бы вопросы широкой общественности. Тем не менее нет никаких прямых улик, что смерть «Человека, который слишком много знал» не была суицидом. Пожалуй, сомнения возникли только у одного человека – у матери Тьюринга, которая настаивала, что ее сын случайно проглотил какой-то химикат, когда проводил дома опыты. Тьюринг и правда был рассеянным и неуклюжим, к тому же многие знали, что он каждый вечер перед сном съедает яблоко. С другой стороны, как-то он в письме другу упоминал способ самоубийства «при помощи яблока и электропроводки».

Так чем же была смерть Тьюринга – своего рода мученичеством? Или, может быть, идеальным самоубийством, задуманным так, чтобы пощадить чувства самого дорогого для Тьюринга человека – его матери? А может быть, это все-таки было идеальное убийство, как это ни маловероятно? Такие вопросы много раз задавали за все эти годы самые разные исследователи, не только Ливитт, но они так и остались без ответа. Возможно, Ливитт намекает, что мы так и не поняли, что хотел сказать Тьюринг на самом деле: «В волшебной сказке яблоко, которое укусила Белоснежка, не убило ее, а усыпило до поры до времени, пока Прекрасный принц не пробудил ее поцелуем». Однако подобная мрачная театральность едва ли была свойственна человеку, который безо всякого шума и показухи решил величайшую логическую задачу своего времени, спас неисчислимое множество жизней, взломав фашистский код, придумал компьютер и перевернул наши представления о том, как материя порождает сознание.

Глава шестнадцатая. Доктор Стрейнджлав изобретает мыслящую машину

С физической точки зрения цифровая вселенная зародилась в конце 1950 года в Принстоне, штат Нью-Джерси, в конце улицы Олден-лейн. Именно там и тогда впервые в истории ожило и заработало высокоскоростное универсальное цифровое устройство с хранимой программой – первый настоящий компьютер. Его собрали и спаяли в основном из ненужных армейских запчастей в одноэтажном блочном здании, которое выстроил для этой цели Институт передовых исследований. Назвали новую машину МАНИАК (*MANIAC, Mathematical and Numerical Integrator and Computer*)²³.

Для чего же применяли МАНИАК, когда его наконец построили и запустили?

Первой его задачей стали расчеты, необходимые для создания прототипа водородной бомбы. Задачу он решил. Утром 1 ноября 1952 года над островом Элугелаб в южной части Тихого океана была секретно взорвана бомба «Айви-Майк», существование которой стало возможно благодаря расчетам первого компьютера. Взрыв полностью уничтожил остров вместе с восьмьюдесятью миллионами тонн коралла. Военный самолет, отправленный, чтобы взять пробы грибовидного облака, «похожего на внутренность раскаленной доменной печи», потерял управление и рухнул в море; тело пилота обнаружить не удалось. Морской биолог, побывавший на месте испытания, говорил, что через неделю после взрыва водородной бомбы находил крачек с обугленным почерневшим оперением и рыб, у которых «на одном боку не было кожи, будто их бросили на раскаленную сковороду».

Так что резонно предположить, что компьютер был зачат в грехе. Его рождение способствовало повышению на несколько порядков разрушительной силы, которой располагали сверхдержавы во время холодной войны. А Джон фон Нейман, человек, стоявший у истоков создания первого компьютера, сам был в числе самых пламенных бойцов холодной войны, сторонником превентивного нападения на Советский союз и одним из прототипов киногоеря доктора Стрейнджлава. «Цифровая вселенная и водородная бомба возникли одновременно», – заметил историк науки Джордж Дайсон. Фон Нейман словно бы заключил сделку с дьяволом: «Ученые получили компьютеры, а военные – бомбы». И многим ученым из Института передовых исследований такая сделка пришлось совсем не по душе, в том числе и тому, кто написал «ДОЛОЙ БОМБУ» на слое грязи на машине фон Неймана.

Противодействие в институте вызвало не только то, что за проектом стояли военные. Многим казалось, что подобному чудовищу, пожирателю чисел, не место в платоновском святилище чистой науки, каким им виделся Институт передовых исследований. Институт основали в 1930 году братья Эйбрахам и Саймон Флемеры, филантропы и реформаторы образования. Деньги на него дали Луис Бамбергер и его сестра Каролина Бамбергер Фульд, которые в 1929 году продали свою долю акций в сети универсамов «Бамбергерс» компании «Мэйсиз» – за считанные недели до краха фондовой биржи. Сделка принесла Бамбергерам одиннадцать миллионов долларов наличными, из которых пять миллионов (шестьдесят миллионов на нынешние деньги) они пожертвовали на создание «рая для ученых, которые, подобно поэтам и музыкантам, заслужили право заниматься чем им захочется», как выразился Эйбрахам Флемер. Институт было решено построить в Олден-фарм в Принстоне, где во время Американской революции шли бои.

²³ Ошибка автора. Компьютер *MANIAC* создан в Лос-Аламосе под руководством Н. Метрополиса и запущен в работу в марте 1952 г. Возможно, автор путает его с *IAS*-машиной фон Неймана, которая была взята за основу разработки. – Прим. науч. ред.

Хотя основатели задумывались о том, чтобы новый институт стал центром экономических исследований, было решено начать с математики, поскольку она, с одной стороны, универсальна, а с другой – не требует особых материальных затрат: «несколько кабинетов и залов, книги, доски и мел, бумага и карандаши», – как сказал один из основателей. Первым сотрудником Института был Освальд Веблен, племянник Торстейна Веблена, затем туда пригласили Альберта Эйнштейна, который приехал в Принстон в 1933 году и решил, что это «чудесный уголок и к тому же крайне занятный тихий омут, где крошечные полубоги на тонких ножках вершат свои церемонии» (по крайней мере, так он говорил бельгийской королеве). В том же году Институт нанял уроженца Венгрии математика Джона фон Неймана, которому едва исполнилось 29 лет.

В пантеоне гениев XX века фон Нейман соперничает с Эйнштейном. Однако у них был совершенно разный стиль. Величие Эйнштейна состояло в том, чтобы придумать принципиально новую идею и превратить ее в красивую (и правдивую) теорию, а фон Нейман предпочитал синтез. Он брал чужие неоформившиеся идеи и благодаря фантастическим интеллектуальным способностям опережал всех на пять корпусов. «Скажешь ему, бывало, какую-нибудь чушь, а он говорит: “А, вы имеете в виду то-то и то-то” – и выдает идеальную формулировку», – рассказывал гарвардский математик Рауль Ботт, одно время пользовавшийся покровительством фон Неймана.

Возможно, в провинциальном Принстоне фон Нейману не доставало культуры будапештских кафе, но на своей новой родине он чувствовал себя как дома. Он был венгерский еврей и вырос в поздней Габсбургской империи, пережил краткий период коммунистического режима под властью Белы Куна после Первой мировой войны, что сделало его, по его же словам, «ярким антикоммунистом». В конце тридцатых он ненадолго вернулся в Европу, поскольку там жила его невеста и впоследствии вторая жена Клари, но покинул Континент навсегда с пламенной ненавистью к фашистам, крепнущими подозрениями в адрес СССР и (по словам Джорджа Дайсона) «твердым решением добиться, чтобы военная слабость никогда больше не вынуждала свободный мир идти на такие же компромиссы, как с Гитлером». Страсть к диким американским просторам выражалась у него в любви к огромным быстрым автомобилям – он каждый год покупал новый «Кадиллак» (даже если еще не успевал разбить старый) и обожал кататься по всей стране по Шоссе 66. Одевался фон Нейман как банкир, устраивал роскошные вечеринки с коктейлями и спал не больше трех-четырех часов в сутки. По словам Клари, обратной стороной его незаурядного интеллекта была «едва ли не дикарская неспособность сдерживать эмоции».

Мысль создать компьютер появилась у фон Неймана к концу Второй мировой войны. Последние годы войны он работал над проектом атомной бомбы в Лос-Аламосе, куда его направили за глубокие познания в физике ударных волн (а это чудовищно сложно). На основании его расчетов создали «имплозивную схему», направляющую и концентрирующую энергию ударной волны при цепной реакции в атомной бомбе. В работе над ними фон Нейман пользовался механическими счетно-аналитическими машинами, полученными по официальному запросу от фирмы *IBM*. Пока этот чистый математик знакомился с тонкостями применения перфокарт и обращения с коммутационной панелью, его мало-помалу охватило восхищение потенциальной мощностью этих устройств. «Уже существовали быстрые автоматические машины, созданные под конкретные задачи, но они умели играть только один мотив, словно музыкальные шкатулки, – рассказывала Клари, которая тоже приехала в Лос-Аламос, чтобы помочь с расчетами. – А “универсальная машина” – это полноценный музыкальный инструмент».

По стечению обстоятельств секретный проект создания подобной «универсальной машины» был запущен еще во время войны. Военные всячески поощряли подобные разработки, поскольку отчаянно нуждались в методах быстрого вычисления артиллерийских таблиц (эти таблицы подсказывают артиллеристам, как целиться, чтобы снаряды попали куда

нужно). В результате появился ЭНИАК, созданный в Пенсильванском университете. Соавторы ЭНИАК, Джон Преспер Эккерт и Джон Мокли, соорудили чудовищное устройство, которое, несмотря на ненадежность десятков тысяч вакуумных трубок, умудрялось проделывать порученные ему вычисления с приемлемой точностью. ЭНИАК был инженерным чудом. Однако как вскоре убедился фон Нейман, когда получил разрешение его изучить, управляющая им логика была безнадежно громоздкой. Чтобы «запрограммировать» эту машину, техникам приходилось днями напролет прилежно подсоединять кабели и вручную переключать тумблеры. В этом отношении ЭНИАК уступал современному компьютеру, который хранит полученные инструкции в форме закодированных чисел – «программного обеспечения».

Фон Нейман надеялся создать машину подлинно универсальную, которая «сгладила бы грань между числами, которые что-то означают, и числами, которые что-то делают», по остроумному выражению Дайсона. К концу войны был составлен и распространен отчет с описанием архитектуры подобной машины, которую до сих пор называют архитектурой фон Неймана. Хотя в отчете приводились идеи дизайна, придуманные создателями ЭНИАК, единственным автором значился фон Нейман, что вызвало некоторое недовольство у обойденных изобретателей. Недоставало в отчете и другой любопытной детали. Там не был упомянут человек, который, как прекрасно знал фон Нейман, первым придумал концепцию универсального компьютера: Алан Тьюринг.

Англичанин Алан Тьюринг был моложе фон Неймана почти на десять лет и приехал в Принстон в 1936 году писать диссертацию по математике. В том же году, за несколько месяцев до поездки в Америку, он в возрасте 23 лет решил величайшую проблему логики – проблему разрешимости. Эта задача восходит к философу XVII века Лейбницу, который мечтал об «универсальном символизме, в рамках которого все логические истины можно будет свести к особому рода расчетам». Но можно ли исполнить мечту Лейбница и свести рассуждения к вычислениям? А точнее, существует ли автоматическая процедура, которая позволила бы решать, следует ли тот или иной вывод из заданного набора посылок? В этом и состояла проблема разрешимости. И Тьюринг ответил на нее отрицательно: он математически доказал, что такой автоматической процедуры не существует. При этом он придумал идеальную машину, которая задавала пределы вычислимости – мы называем ее машиной Тьюринга.

Гениальность воображаемой машины Тьюринга коренилась в ее поразительной простоте. («Слава незахламленному разуму», – ликовал один коллега Тьюринга.) Она состояла из сканера, который ходил взад-вперед по бесконечной ленте и считывал и вписывал в ее ячейки нули и единицы в соответствии с определенным набором команд, причем нули и единицы могли выражать все буквы и цифры. Машина Тьюринга, созданная с конкретной целью, например, чтобы сложить два числа, сама по себе могла быть описана конкретным числом, в котором было закодировано ее действие. Кодовое число одной машины Тьюринга специального назначения можно было бы ввести в другую машину Тьюринга, закодировав его на ленте. Это подтолкнуло Тьюринга к мысли об *универсальной* машине, которая, получив кодовое число любой машины Тьюринга специального назначения, функционировала бы так, словно она сама и есть эта машина специального назначения. Например, если ввести в универсальную машину Тьюринга кодовое число машины Тьюринга, которая выполняет сложение, универсальная машина временно превратится в машину для сложения. Именно это происходит с вашим ноутбуком – физическим воплощением универсальной машины Тьюринга – когда он запускает текстовый редактор, и с вашим смартфоном, когда он запускает приложение. Таким образом, Тьюринг создал шаблон для современного компьютера с хранимой программой.

Когда Тьюринг впоследствии приехал в Принстон в качестве аспиранта, фон Нейман познакомился с ним. «Он знал все о работах Тьюринга, – рассказывал один из руководителей компьютерного проекта. – Вся система, состоявшая из серийного компьютера, ленты и всего прочего – это все был Тьюринг, что, по-моему, все понимали». Фон Нейман и Тьюринг

были полной противоположностью по характеру и внешности: старший – полный, щеголеватый, компанейский сибарит, обожавший власть и влияние, младший – застенчивый, медлительный, мечтательный аскет (и к тому же гомосексуал), любитель решать интеллектуальные головоломки, возиться с механизмами и бегать на дальние дистанции. Но было у них общее – стремление дойти до логической сути во всем. В 1938 году Тьюринг дописал свою диссертацию, и фон Нейман предложил ему штатную должность своего ассистента в Институте, но Тьюринг, понимая, что война неизбежна, предпочел вернуться в Англию. «Историю цифрового компьютера, – пишет Дайсон в своей книге «Собор Тьюринга» (George Dyson, *Turing's Cathedral*, 2012), – можно разделить на Ветхий Завет, пророком которого был Лейбниц, давший нам логику, и Новый Завет, чьи пророки во главе с фон Нейманом построили машины. А связующим звеном между ними оказался Алан Тьюринг». Именно у Тьюринга фон Нейман позаимствовал мысль, что компьютер – это, в сущности, логическая машина, и эта мысль впоследствии позволила ему понять, как исправить недостатки ЭНИАК и воплотить идеал универсального компьютера. Когда война закончилась, у фон Неймана появилась возможность построить такую машину. А руководство Института передовых исследований, опасаясь, как бы фон Нейман не ушел в Гарвард или *IBM*, снабдило его предварительным финансированием и дало официальную санкцию на работу, чтобы он чувствовал себя обязанным Институту.

Мысль, что подобная машина будет создана прямо в Институте, приводила большинство его сотрудников в ужас. Чистым математикам всегда претили инструменты сложнее доски и мела, а гуманитарии считали проект проявлением империализма математиков, причем за их счет. «Математики в нашем крыле? Только через мой труп! И ваш?» – телеграфировал директору Института один палеограф. (Положение усугублялось тем, что сотрудникам института и без того приходилось делить помещения с ветеранами старой Лиги Наций, которым Институт предоставил убежище во время войны.) Приток инженеров для проекта оказался не по нраву и математикам, и гуманитариям. «Мы работали руками, собирали старое доброе грязное оборудование. Это противоречило духу Института», – вспоминал один инженер, участник проекта.

Самого фон Неймана частности физического воплощения компьютера заботили мало: «инженер из него получился бы так себе», как говорил один его сотрудник. Зато он собрал прекрасную талантливую команду под руководством главного инженера Джулиана Бигелоу и показал себя дальновидным менеджером. «У фон Неймана был для нас один совет, – вспоминал Бигелоу. – Ничего не придумывать с нуля». Фон Нейман ограничил инженеров только тем, без чего невозможно было реализовать его логическую архитектуру, и проследил, чтобы МАНИАК был готов к тому моменту, когда настанет пора производить расчеты, необходимые для создания водородной бомбы.

Возможность появления такой «сверхбомбы», которая, в сущности, могла породить маленькое солнце без гравитации, не дающей солнцу развалиться, рассматривалась еще в 1942 году. Будущая водородная бомба должна была быть в тысячи раз мощнее бомб, уничтоживших Хиросиму и Нагасаки. Роберт Оппенгеймер, руководивший проектом по созданию этих бомб в Лос-Аламосе, поначалу был противником разработки водородной бомбы, поскольку, по его мнению, ее «психологическое воздействие... шло бы вразрез с нашими интересами». Другие физики, в том числе Энрико Ферми и Изидор Раби, выступали против создания водородной бомбы еще активнее: с их точки зрения бомба – «зло и больше ничего, под каким бы углом ее ни рассматривали». Но фон Нейман, боявшийся, что не удастся избежать следующей мировой войны, был совершенно очарован идеей водородной бомбы. «Я думаю, здесь не может быть никаких сомнений и промедлений», – писал он в 1950 году, когда президент Трумэн принял решение продолжить работу над ней.

Однако самым, пожалуй, ярым сторонником водородной бомбы был уроженец Венгрии физик Эдвард Теллер, который при поддержке фон Неймана и военных разработал принципиальный дизайн. Однако в расчеты Теллера вкралась ошибка, и его прототип был обречен

на неудачу. Это заметил Станислав Улам, гениальный математик, уроженец Польши (и старший брат советолога Адама Улама). Показав, что из схемы Теллера ничего не выйдет, Улам предложил рабочую альтернативу – причем повел себя с типичной для него чудаковатостью и рассеянностью. Жена Улама вспоминала: «Я застала его в полдень дома – он сидел и напряженно смотрел в окно с очень странным выражением. Никогда не забуду этот отстраненный невидящий взгляд, устремленный в сад, а потом Станислав произнес тонким голосом – я прямо слышу его: “Я придумал, как сделать так, чтобы все работало”».

Оппенгеймер, который к этому времени покинул Лос-Аламос и был назначен директором Института передовых исследований, был побежден. По его словам, проект водородной бомбы, впоследствии получивший название «схема Теллера – Улама» был «такой сладкий с технической точки зрения», что «его обязательно нужно было по крайней мере воплотить». Так что, невзирая на мощную оппозицию со стороны многих сотрудников института, выдвигавших против создания бомбы гуманистические доводы (они подозревали, что происходит, поскольку у сейфа возле кабинета Оппенгеймера выставили вооруженную охрану), только что заработавший компьютер сразу получил первое задание. Дело было летом 1951 года, и расчеты по термоядерной реакции заняли шестьдесят суток. МАНИАК выполнил задачу идеально. В конце следующего года в южной части Тихого океана была взорвана бомба «Айви-Майк», и остров Элугелаб исчез с карты.

Вскоре после этого у фон Неймана состоялся приватный разговор с Уламом на скамейке в Центральном парке, в ходе которого он, вероятно, сообщил Уламу о секретных испытаниях. Но затем, судя по последовавшей переписке, их разговор перешел с уничтожения всего живого на его создание в форме самовоспроизводящихся цифровых организмов. Через пять лет Фрэнсис Крик и Джеймс Уотсон объявили об открытии структуры ДНК, и стало очевидно, что наследственность имеет цифровую основу. Вскоре МАНИАК переключился на решение задач по математической биологии и эволюции звезд. Да, он обеспечил расчеты по термоядерным реакциям, но после этого превратился в инструмент чистого научного познания в полном соответствии с целями института, где его создали.

Однако в 1954 году президент Эйзенхауэр назначил фон Неймана в Комиссию по атомной энергии, и с его уходом компьютерная культура в институте пришла в упадок. Через два года пятидесятидвухлетний фон Нейман умирал от рака костей в Военном госпитале имени Уолтера Рида. Перед самой смертью он принял католицизм, чем совершенно обескуражил родных и близких. (Его дочь считала, что фон Нейман, изобретатель теории игр, должно быть, имел в виду «Пари Паскаля».) «После трагической кончины фон Неймана снобы отомстили ему и не оставили от компьютерного проекта камня на камне», – заметил впоследствии физик Фирман Дайсон и добавил, что «конец нашей компьютерной группы был катастрофой не только для Принстона, но и для науки в целом». Ровно в полночь 15 июля 1958 года МАНИАК выключили в последний раз. Теперь его труп покоится в Смитсоновском институте в Вашингтоне.

Был ли компьютер зачат в грехе? Сделка с дьяволом, которую заключил фон Нейман, оказалась не такой уж и дьявольской. Как замечает Джордж Дайсон, «взрываются компьютеры, а не бомбы». Однако интересно отметить, как представления фон Неймана о цифровом будущем сменяются представлениями Тьюринга. Фон Нейман представлял себе несколько огромных машин, которые полностью удовлетворяют мировую потребность в высокоскоростных расчетах, однако сегодня мы наблюдаем практически бесчисленное множество куда более миниатюрных устройств, в том числе миллиарды микропроцессоров в сотовых телефонах, которые составляют, по словам Дайсона, «коллективный метазойский организм, чья физическая манифестация ежесекундно меняется». А прародительницей этого виртуального компьютерного организма стала универсальная машина Тьюринга.

Так что подлинная заря цифровой вселенной настала не в пятидесятых, когда машина фон Неймана приступила к расчетам по термоядерным реакциям. Это было в 1936 году, когда юный Тьюринг прилег отдохнуть на лужайке во время своей привычной дальней пробежки и придумал абстрактную машину, чтобы с ее помощью решить задачу из области чистой логики. Тьюрингу, как и фон Нейману, еще предстояло сыграть важную роль за кулисами Второй мировой войны. Он был призван на работу дешифровщиком в Блетчли-парк и применил свои прото-компьютерные идеи для взлома немецкого кода «Энигма» – достижение, которое уберегло Британию от поражения в 1941 году и изменило расстановку сил в войне. Но героизм Тьюринга во время войны оставался государственной тайной еще долго после самоубийства ученого в 1954 году, через два года после обвинения в «грубой непристойности» за гомосексуальную связь по обоюдному согласию и приговора к химической кастрации.

В 2009 году премьер-министр Великобритании Гордон Браун принес официальные извинения от имени «всех тех, кто живет свободно благодаря трудам Алана» за «бесчеловечное» лечение, которому подвергся Тьюринг. «Простите нас, вы заслуживали значительно лучшего», – сказал он. Воображаемая машина Тьюринга сделала в борьбе против тирании больше, чем настоящая машина фон Неймана.

Глава семнадцатая. Умнее, счастливее, производительнее

У меня нет компьютера, я не представляю себе, как с ним обращаться», – сказал однажды в интервью Вуди Аллен. Большинство из нас уже не могут обойтись без компьютера, а он умудряется жить и творить без него. Поневоле задумаешься: действительно ли тем из нас, кто владеет компьютерами, живется лучше?

Теоретически компьютеры повышают наше благополучие с двух сторон. Во-первых, укрепляют его косвенно – повышают нашу способность производить другие товары и услуги. Правда, тут они нас несколько разочаровывают. В начале семидесятых американские предприятия начали делать большие инвестиции в компьютерное оборудование и программное обеспечение, однако идут десятилетия, а эти колоссальные вложения, похоже, не приносят дивидендов. Как выразился в 1987 году экономист Роберт Солоу, «признаки компьютерной эпохи очевидны везде, кроме статистики производительности». То ли слишком много времени было потрачено на обучение работников обращению с компьютерами, то ли виды деятельности, которые компьютер и вправду облегчает, например, набор и редактирование текстов, не вносят особого вклада в общую производительность, то ли информация, став общедоступной, утратила ценность. Так или иначе, некоторый рост производительности, который сулила компьютеризованная «новая экономика», начал наблюдаться лишь к концу девяностых, по крайней мере, в США. В Европе его не видно и не слышно до сих пор.

Во-вторых, компьютеры приносят нам и непосредственную пользу. Они делают нас умнее и даже счастливее. Они сулят нам первичные блага – удовольствия, дружбу, секс и знание. Если верить высоколобым визионерам, в компьютерах есть даже нечто духовное: чем мощнее они становятся, тем больше вероятность, что они станут детищами нашего разума в буквальном смысле. В не самом отдаленном будущем настанет такой момент – «сингулярность» – когда мы, люди, сольемся с этими кремниевыми созданиями и тем самым выйдем за пределы своей биологии и достигнем бессмертия. Вот чего лишает себя Вуди Аллен.

Однако есть и скептики, которые убеждены, что компьютеры оказывают на нас прямо противоположное воздействие: делают нас не такими счастливыми, а возможно, еще и отупляют. Первым заговорил о такой возможности литературный критик Свен Биркертс. В своей книге «Гутенберговские элегии» (Sven Birkerts, *The Gutenberg Elegies*, 1994) Биркертс утверждал, что компьютер и другие электронные устройства лишают нас способности к «углубленному чтению». Студенты его курсов писательского мастерства благодаря электронным устройствам превратились в мастеров снимать сливки и читать по диагонали. Они не могли погрузиться в чтение романа, как он. Биркертс считал, что это не сулит ничего хорошего будущему письменной культуры.

Предположим, мы обнаружили, что компьютеры подрывают нашу способность получать удовольствие от некоторых занятий или вредят еще в чем-то. Может быть, в этом случае достаточно всего лишь проводить меньше времени у экрана и больше за теми занятиями, которым мы предавались до появления компьютеров, например, сидеть носом в книжку? Представьте себе, не исключено, что компьютеры влияют на нас куда коварнее, чем мы думаем. Вероятно, они преобразуют наш мозг, причем не в лучшую сторону. Такой была основная мысль статьи Николаса Карра «Не отупляет ли нас Гугл?» (Carr, N., *Is Google Making Us Stupid?*), опубликованной в 2008 году в журнале *The Atlantic* с анонсом на обложке. Года через два Карр, автор книг и статей на научно-технические темы и в прошлом главный редактор *Harvard Business Review*, изложил свои обвинения в адрес цифровой культуры более подробно в книге «Пустышка. Что Интернет делает с нашими мозгами»²⁴.

²⁴ Пер. П. Миронова.

Карр полагает, что сам стал невольной жертвой компьютерной способности изменять сознание. Сейчас он человек уже пожилой и свою жизнь описывает как пьесу в двух действиях: «Аналоговая юность» и «Цифровая взрослая жизнь». В 1986 году, через пять лет после выпуска из колледжа, он к вящему огорчению жены потратил почти все их сбережения на одну из первых моделей «Макинтоша». Он утверждает, что вскоре после этого разучился редактировать текст на бумаге. Около 1990 года он приобрел модем и подписку на AOL и в результате оказался обязанным пять часов в неделю проводить онлайн – рассылать эмейлы, посещать чаты, читать старые газетные статьи. Примерно тогда же программист Тим Бернерс-Ли написал код для Всемирной паутины, которую Карр в должный срок, естественно, принялся без устали изучать при помощи новенького браузера *Netscape*. «Дальнейшее вам известно, так как наверняка перекликается с вашей собственной историей. Более быстрые чипы. Скоростные модемы. DVD и устройства для их записи. Жесткие диски размером в гигабайт. *Yahoo! Amazon* и *eBay*. Формат *MP3*. Потокное видео. Широкополосный доступ. Появление *Napster* и *Google*. Выход на рынок *BlackBerry* и *iPod*. *Wi-Fi*-сети. *YouTube* и «Википедия». Блоги и микроблоги. Смартфоны, миниатюрные диски для хранения данных, нетбуки. Кто мог бы устоять перед всем этим? Только не я».

Карр утверждает, что великое озарение случилось с ним лишь в 2007 году: «Мне казалось, что... мой мозг начинает работать иначе». Чтобы мы не приняли его слова за метафору, Карр излагает краткую историю нейрофизиологии, кульминацией которой становится разговор о «нейропластичности» – гипотезе, согласно которой опыт влияет на структуру мозга. Классическая наука привыкла считать, что мозг взрослого незыблем и неизменен, а опыт меняет силу связей между нейронами, но не архитектуру этих связей в целом. Однако к концу шестидесятых годов прошлого века стали появляться поразительные данные о пластичности мозга. В ходе одной серии экспериментов исследователи перерезали нервы в кистях рук обезьян, а затем при помощи микроэлектродов наблюдали, как реорганизуется мозг обезьян, чтобы компенсировать периферические повреждения. Затем нечто похожее показали эксперименты на людях, потерявших конечности: области мозга, которые раньше получали сенсорные данные от потерянных рук и ног, уменьшались, и их место занимали нейронные сети, регистрирующие ощущения в других частях тела, что отчасти объясняет феномен «фантомных конечностей». Признаки пластичности мозга наблюдались и у здоровых людей. Например, у скрипачей области коры, перерабатывающие сигналы от пальцев левой руки, перебирающей струны, как правило, больше, чем у тех, кто не играет на скрипке. А сканирование мозга лондонских таксистов, проведенное в девяностые годы, показало, что у них относительно крупные гиппокампы – структуры мозга, где хранятся пространственные представления, – причем увеличение в размерах пропорционально стажу таксиста.

По мысли Карра, способность мозга менять собственную структуру – не что-нибудь, а «лазейка для свободной мысли и свободной воли». Однако, спешит добавить он, «плохие привычки могут закрепляться в нашем мозге точно так же, как хорошие». И в самом деле, нейропластичностью объясняли и депрессию, и звон в ушах, и нездоровое пристрастие к порнографии, и мазохистическое самоуничтожение (последнее, как считается, – результат того, что пути, по которым передаются болевые сигналы, перенаправляются в центры удовольствия в мозге). Когда у нас в мозге налаживаются новые нейронные связи, они требуют питания и могут грабить отделы мозга, посвященные ценным ментальным навыкам. Так, пишет Карр, «Пластичность нашего мозга делает вполне допустимой возможность интеллектуального распада». А Интернет «обеспечивает нас именно теми сенсорными и когнитивными стимулами – повторяющимися, интенсивными, интерактивными и вызывающими привыкание, – которые способны сильнее и быстрее всего привести к изменениям в нейронных цепях и функциях мозга». Он цитирует нейрофизиолога Майкла Мерцениха, одного из первых исследователей нейропластичности, того самого, кто проводил эксперименты на обезьянах в шестидесятые:

тот считает, что под воздействием интернета и онлайн-инструментов вроде гугла мозг может проявить «массивную пластичность» и в нем произойдет «реорганизация». «ИХ ПОСТОЯННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПРИВОДИТ К НЕВРОЛОГИЧЕСКИМ ОСЛОЖНЕНИЯМ», – предупреждает Майкл Мерцених прописными буквами, причем, что характерно, в своем блоге.

Многие нейрофизиологи на такое лишь морщатся. Ведь мозг, как подчеркивал Стивен Пинкер, – не «ком глины, обмятый жизненным опытом». Нейронные связи немного меняются, когда мы узнаем что-то новое или чему-то учимся, но фундаментальная когнитивная архитектура остается прежней. И где данные, что использование интернета подвергает мозг «реорганизации»? Единственное подходящее исследование, которое смог привести в пример Карр, провел в 2008 году Гэри Смолл, профессор психиатрии в Калифорнийском университете в Лос-Анджелесе. Смолл привлек к исследованию десяток опытных веб-серферов и десяток новичков и сканировал их мозг, когда они что-то искали в гугле. И верно: закономерности «выстреливания» нейронов у этих групп оказались разные. У опытных веб-серферов мозговая деятельность регистрировалась в более обширных областях, в частности, они активно задействовали дорсолатеральную префронтальную кору, область мозга, ассоциируемую с решением задач и сложным выбором. Напротив, у новичков эта область была в целом спокойной.

Но разве «шире» значит «хуже»? Казалось бы, наоборот. Как признает Карр, «хорошая новость состоит в том, что веб-серфинг, приводящий в действие множество мозговых функций, может помочь старым людям сохранить ясность ума». К тому же изменения мозга, вызванные веб-серфингом, похоже, никак не влияют на навыки чтения. Когда исследователи предлагали испытуемым читать сплошные тексты, между компьютерными ветеранами и новичками не было никакой разницы. А насколько масштабной может быть предполагаемая реорганизация? Когда исследователи из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе попросили новичков час в день посвящать поискам в Сети, закономерности их мозговой деятельности стали такими же, как у ветеранов, всего за пять дней. «Всего пять часов в Интернете – и мозг новичков уже работает иначе», – заключает Смолл. Однако что характерно, чем быстрее достигнуты изменения мозга, тем быстрее все возвращается в прежнее состояние. Если, например, человеку с нормальным зрением завязать глаза, через неделю зрительные центры у него в мозге в большой степени замещаются тактильными центрами (это выявлено в ходе экспериментов по изучению шрифта Брайля). Но как только повязку снимают, достаточно одного дня, чтобы мозговые функции полностью восстановились.

Если веб-серфинг стимулирует участки мозга, отвечающие за решение задач и сложный выбор, как показало исследование Гэри Смолла, имеем ли мы право с любезного разрешения Карра заключить, что гугл делает нас умнее? Это зависит от того, что мы понимаем под словом «умнее». Психологи различают два основных типа интеллекта. «Жидкий» интеллект – это способность решать абстрактные задачи вроде логических головоломок. «Кристаллический» интеллект – это запас сведений о мире, в том числе выученные короткие пути, позволяющие делать выводы о нем (нетрудно догадаться, что жидкий интеллект с возрастом слабеет, а кристаллический в целом растет до определенного момента).

Есть достаточно данных, что компьютеры способствуют развитию жидкого интеллекта. Играли ли вы когда-нибудь в компьютерные игры? Стоит попробовать. Геймеры умеют удерживать внимание на нескольких вещах одновременно лучше, чем те, кто не играет в компьютерные игры, и к тому же лучше отсеивают нерелевантные факторы при решении задачи. Доказано, что очень маленькие дети, обучавшиеся при помощи компьютерных игр, лучше управляют вниманием и по некоторым тестам на *IQ* значительно опережают нетренированных сверстников. Улучшение видно даже на ЭЭГ: у четырехлетних детей, натренированных на компьютерных играх, паттерны мозговой деятельности в участках, отвечающих за управление вниманием, соответствуют норме для шести лет.

Карр признает, что компьютерные игры и в самом деле улучшают некоторые когнитивные навыки. Однако он настаивает, что эти навыки, «как правило, задействуют низшие, относительно примитивные ментальные функции». Те, кто не знаком с компьютерными играми, сочтут это правдоподобным, однако в книге Стивена Джонсона «Все вредное полезно для здоровья» (Johnson, S., *Everything Bad Is Good for You*) обрисована совсем иная картина. По мысли Джонсона, сложные компьютерные игры (в отличие от простеньких игр минувших десятилетий вроде «Пакмана») конструируют богатые воображаемые миры со своими скрытыми законами. Чтобы прокладывать маршруты в таких мирах, игрок должен постоянно выдвигать и проверять гипотезы об их внутренней логике. Едва ли можно считать это способом убить время, обедняющим мышление. «Чтобы пройти среднюю компьютерную игру, нужно часов сорок, – замечает Джонсон, – причем по мере развития игры сложность целей и задач неуклонно растет».

Но, может быть, компьютеры улучшают только жидкий интеллект, зато вредят кристаллическому – то есть приобретению знаний? Похоже, это последняя твердыня Карра. «Сеть делает нас умнее, – пишет он, – только если определять ум по стандартам самой Сети. Если взять более широкое, более традиционное представление об интеллекте, то есть задуматься о глубине нашей мысли, а не просто о ее скорости, мы неизбежно придем к другому, значительно более мрачному выводу». Чем же «кипучий» мозг пользователя компьютера хуже «спокойного» разума читателя книги? Тем, предполагает Карр, что кипучий – значит перегруженный. Наша способность приобретать знания зависит от поступления сведений из «рабочей памяти», чернового блокнота сознания, в долгосрочную память. Рабочая память хранит все то, что мы осознаем в данный момент; по оценкам, она способна удерживать не более четырех пунктов информации за раз, и если их не освежать, они быстро исчезают. То есть рабочая память – это узкое горлышко процесса обучения, или, если воспользоваться образом Карра, «наперсток», при помощи которого мы должны наполнить «ванну» своей долгосрочной памяти. Книга обеспечивает «непрерывную струйку» информации, которую при постоянной сосредоточенности мы способны перенести в ванну с помощью наперстка, почти ничего не расплескав. Но в Сети, пишет Карр, «мы сталкиваемся со множеством кранов, из которых информация так и хлещет. Наш маленький наперсток переполняется, пока мы бегаем от крана к крану», а в итоге мы получаем лишь «мешанину капель из разных кранов, а не постоянную непрерывную струю из одного источника».

Весьма соблазнительная модель, однако эмпирические подтверждения вывода Карра немногочисленны и неоднозначны. Начнем с того, что есть данные, что веб-серфинг увеличивает объем рабочей памяти. И хотя некоторые исследования и в самом деле показывают, что «гипертексты» труднее запоминать – например, в ходе одного канадского исследования, проведенного в 2001 году, испытуемые, читавшие версию рассказа Элизабет Боуэн «Демон-любownik», снабженную множеством гиперссылок, потратили на чтение больше времени и чаще жаловались, что им было трудно уследить за сюжетом, чем те, кто читал старый добрый «линейный» текст, однако повторить этот результат не удалось. Нет исследований, которые показывали бы, что интернет подрывает способность узнавать что-то из книги, хотя у многих из нас возникает такое ощущение: один врач-блогер, которого цитирует Карр, сокрушается, что «больше не может читать “Войну и мир”».

Однако так называемые диджираторы – литераторы, разбирающиеся в компьютерном мире, – лишь отмахиваются от подобных заявлений. «Никто не читает “Войну и мир”, – писал Клэй Ширки, исследователь цифровых СМИ из Нью-Йоркского университета. – Книга слишком длинна и недостаточно интересна». Читающая публика все чаще полагает, что «священный труд Толстого на самом деле не настолько ценен, чтобы тратить время на его изучение». (Вуди Аллен эту проблему решил – прошел курсы скорочтения и прочитал «Войну и мир» в один присест. «Там было что-то про Россию», – заметил он впоследствии.) Длинные толстые романы мы читали только потому, что до появления Интернета жили в условиях дефицита

информации. Теперь наши «циклы удовольствия» подключены к Сети, как заметил литературный критик Сэм Андерсон в своей статье 2009 года «Почему отвлекаться полезно», опубликованной в журнале *New York* с анонсом на обложке (Anderson, S., *In Defense of Distraction*). «Поздно возвращаться в спокойные времена», – провозгласил он.

Подобный эпатаж со стороны интеллектуалов огорчает Карра, поскольку, по его мнению, дает обычному человеку возможность убедить себя, будто веб-серфинг – достойная и даже лучшая замена углубленному чтению и другим разновидностям спокойных сосредоточенных размышлений. Однако Карр не преуспевает в том, чтобы разубедить нас. Ему не удается доказать, что компьютер делает нас глупее. Но, может быть, он сумеет внушить нам мысль, что компьютер делает нас несчастными?

Предположим, мы как преданные поклонники Аристотеля приравняем счастье к процветанию. Одна из моделей процветания – пасторальный идеал безмятежной созерцательной жизни. Карр утверждает, что «задумчивая тишина, свойственная углубленному чтению» воплощает этот идеал, и дает нам краткую историю чтения от изобретения рукописных книг до революции Гутенберга, после чего показывает, как эта революция породила «интеллектуальную этику» – набор нормативных утверждений о работе человеческого разума. «Чтобы читать книгу, человек нуждался в достаточно неестественном для него процессе мышления, требовавшем постоянного и непрерывного внимания к одному-единственному статичному объекту», – пишет он. Когда письменная культура сменила устную, цепочки рассуждений стали длиннее и сложнее, но при этом и понятнее. Новомодный обычай читать про себя, молча, привел к возникновению культуры библиотек, а уединенные кельи и монастыри стали достоянием истории и сменились огромными читальными залами. А миниатюризация книги, которую подхлестнуло создание карманного формата ин-октаво, введенного в обращение в 1501 году итальянским издателем Альдом Мануцием, вывело чтение за пределы библиотек в повседневную жизнь. «По мере того как наши предки приучали свой мозг к дисциплине, заставлявшей их следить за повествованием или аргументацией на протяжении нескольких страниц подряд, их мышление стало более созерцательным, рефлексивным и творческим», – пишет Карр.

Напротив, цифровой мир соответствует совсем иной модели человеческого процветания – индустриальной модели гедонистической производительности, когда скорость ставится выше глубины, а задумчивое спокойствие уступает место потоку ощущений: «Интерактивность Сети обеспечивает нас новыми мощными инструментами поиска информации, самовыражения и общения с другими. Она также превращает нас в подопытных животных, постоянно нажимающих на нужные кнопки для того, чтобы получить очередную порцию социального или интеллектуального лакомства».

Что же больше соответствует вашему идеалу блаженства – углубленное чтение или активный веб-серфинг? Где бы вы предпочли поселиться – в Сонной Лощине или поблизости от информационной автострады? Казалось бы, разумно поискать золотую середину. Но Карр, похоже, считает, что обрести гармонию невозможно. Устойчивого равновесия между цифровым и аналоговым не существует. «Сеть привлекает наше внимание куда сильнее, чем когда-либо удавалось телевидению, радиопрограмме или утренней газете», – пишет Карр. Тайно перепрограммировав наш мозг и изменив сознание, Сеть победила нас – и мы пропали. Говоря об утрате автономии, Карр цитирует романиста Бенджамина Кункеля: «Нам не кажется, что мы добровольно выбрали, сколько времени и как часто будем проводить в Сети. Напротив, нам кажется, что... мы распределяем своё внимание совсем не так, как планируем или хотим».

Карр рассказывает, как сам пытался разорвать узы нервного цифрового мира и вернуться к вудиалленовскому состоянию созерцательного спокойствия. Они с женой переехали из «пригорода Бостона, где было слишком много взаимосвязей», в горы Колорадо, где не берет мобильный телефон. Карр удалил свой аккаунт в «Твиттере», приостановил членство в «Фейсбуке», закрыл блог, строго дозирует общение по «Скайпу» и другим мессенджерам, а «главное» –

перенастроил электронную почту так, чтобы она проверяла новые сообщения раз в час, а не раз в минуту. Правда, признается он, такой режим «было сложно назвать безболезненным». Он вынужден признать, что цифровой мир – это «круто», и добавляет, что «не уверен, что теперь смог бы прожить без этой штуковины». Может быть, ему стоит просто научиться самоконтролю? Не задумывался ли он о том, чтобы отключить свой модем на ночь и отправить самому себе экспресс-почтой, как поступили бы на его месте некоторые интернет-зависимые? Ведь, как отметил Стивен Пинкер, «отвлекаться – явление не новое». Пинкер высмеивает представление, будто цифровые технологии опасны для нашего интеллекта или благополучия. Что стало с наукой в цифровую эпоху? Разве она пришла в упадок? – спрашивает он. А как дела у философии, истории, культурологической критики? Они тоже процветают. Новые средства связи и информации появились не случайно, замечает Пинкер: «Знания растут по экспоненте, а возможности человеческого мозга и продолжительность бодрствования – нет». Как бы мы поспели за стремительным ростом интеллектуальных достижений человечества, если бы не было интернета?

Это открывает перспективы, радующие многих диджираторов. Возможно, Интернет может служить не просто дополнением к человеческой памяти, а ее заменой. ««Я практически отказался от попыток что-либо запомнить, так как могу мгновенно найти интересующую меня информацию в Сети», – признается Клайв Томпсон, репортер *Wired*. Дэвид Брукс в своей колонке в *New York Times* пишет: «Я думал, что мы стали знать больше благодаря волшебству эпохи информации, но затем понял, что волшебство эпохи информации дает нам возможность знать меньше. Оно снабжает нас внешними когнитивными прислужниками – кремниевыми системами памяти, услужливыми онлайн-фильтрами, алгоритмами потребительских предпочтений и сетью источников знаний. Мы можем переложить работу на этих прислужников и развязать себе руки».

Собственно, книги тоже можно считать внешними устройствами для хранения памяти, именно поэтому Сократ в «Федре» предостерегает, что новомодное умение писать приведет к атрофии человеческой памяти. Однако книги расширили резервуар идей и сведений, а благодаря практике внимательного чтения не заменили память, а обогатили ее. С Интернетом все иначе. Благодаря поисковым алгоритмам вроде Гугла можно в одно мгновение просканировать всю вселенную онлайн-информации. Человеку не просто больше не нужно помнить факт, не надо даже помнить, где его искать. Со временем, вероятно, исчезнет необходимость даже в посредничестве компьютерного монитора: можно ведь вживить беспроводное соединение с Гуглом прямо в голову! Сергей Брин, один из основателей компании *Google*, говорил: «Несомненно, если ты сможешь подключить свой мозг ко всей информации на свете или получишь искусственный мозг, который будет умнее твоего, тебе же будет лучше».

Идея, что машина вытеснит Мнемозину, отвратительна Карру, и самые интересные отрывки «Пустышки» он посвящает именно аргументам против виртуальной памяти. Он живо и образно описывает молекулярные основы памяти и механизмы, позволяющие мозгу консолидировать краткосрочные воспоминания в долгосрочные. Биологическая память, находящаяся «в непрекращающемся состоянии обновления», никоим образом не аналогична хранению битов данных в определенных местах на жестком диске, это Карр всячески подчеркивает. Однако он не отвечает на вопрос, который нас на самом деле занимает: почему вдолбить информацию в себе в голову лучше, чем взять ее в Сети?

При всем своем хитроумном великолепии система, позволяющая мозгу хранить и вспоминать информацию, довольно-таки беспорядочна. И это понятно, ведь она – порождение слепой эволюции, а не рациональной инженерной мысли. В отличие от компьютера, который приписывает каждому биту информации точный адрес в своих банках данных, человеческая память организована контекстуально. Отдельные воспоминания связаны в сложные ассоциативные сети, и чтобы возродить их в памяти, нужен не адрес, а подсказка. В идеале желаемое

просто всплывает в памяти («Основатель феноменологии? Гуссерль!»), а если нет, приходится искать подсказки, которые помогают не всегда («Основатель феноменологии? Дайте вспомнить... На Г, на Г... Гегель!»). У человеческой памяти по сравнению с компьютерной есть определенные преимущества, например, она автоматически отдает приоритет тому, что чаще всего используется. Но при этом она хрупка и ненадежна. Все, что мы не повторяем, быстро поглощает пучина забвения. А интерференция между отдельными пунктами в ассоциативных сетях приводит к путанице и порождает ложные воспоминания.

Компьютерная память с ее системой почтовых индексов избавлена от подобных недочетов: каждому пункту приписан конкретный адрес в компьютерном банке данных, и чтобы что-то вспомнить, надо просто обратиться по соответствующему адресу. Более того, как указывает психолог-когнитивист Гэри Маркус в своей книге «Клудж» (Marcus, G., *Kluge*), вполне возможно воспользоваться всеми преимуществами контекстуальной памяти без ее недостатков. «Доказательство – Гугл, – пишет Маркус. – Поисковые машины начинаются с субстрата из памяти, основанной на почтовых индексах (с хорошо структурированной информацией, к которой можно подключаться), а поверх надстраивается контекстуальная память. Фундамент из почтовых индексов гарантирует надежность, а надстройка из контекста – подсказки, говорящие, какие именно воспоминания, скорее всего, требуются в данный момент». Жаль, добавляет Маркус, что эволюция не началась с системы памяти, похожей на компьютерную.

Вот сколько преимуществ у Гугла! Так почему бы не передать ему как можно больше наших воспоминаний на хранение? На это Карр отвечает цветисто, но несколько бессодержательно. «Связи в Сети – это не наши собственные связи... – пишет он. – Отдавая свою память на аутсорсинг машине, мы отдаём ей одну крайне важную часть нашего интеллекта и даже часть собственной личности». А затем цитирует Уильяма Джеймса, который в 1892 году на лекции о памяти провозгласил: «Соединение – это и есть мышление». Слова Джеймса – отнюдь не пустые, он имел в виду роль памяти и в мышлении, и в творчестве.

А что нам известно о творчестве? Очень мало. Мы знаем, что творческий дух – не то же самое, что интеллект. Более того, за определенным минимальным порогом IQ – примерно на одно стандартное отклонение выше среднего, то есть $IQ = 115$, – корреляция между интеллектом и творческими способностями вовсе не просматривается. Мы знаем, что творчество эмпирически коррелирует с патологическими перепадами настроения. Несколько десятков лет назад гарвардские исследователи обнаружили, что те, кто наделен «выдающимися творческими способностями», – по их мнению, меньше 1 % популяции – страдают маниакально-депрессивным психозом чаще, чем ближайшие родственники больных маниакально-депрессивным психозом. Что касается психологических механизмов, стоящих за творческим духом, они остаются загадкой. Практически единственное, с чем все согласны, – так это с тем, что, по выражению Пинкера, «все гении – зануды и трудоголики». Они очень много работают, они полностью погружены в свой жанр.

Что общего у такой погруженности с хранением памяти? В качестве поучительного примера творческого духа рассмотрим французского математика Анри Пуанкаре, умершего в 1912 году. Гений Пуанкаре отличался тем, что охватывал практически всю математику, от чистой (теории чисел) до прикладной (небесной механики). Вместе со своим немецким современником Давидом Гильбертом Пуанкаре был последним из ученых универсалов. Мощная интуиция давала ему возможность проследить глубинные связи между далекими на первый взгляд отраслями математики. Он, можно сказать, создал современную топологию, сформулировал гипотезу Пуанкаре, предоставив разбираться с ней грядущим поколениям, и опередил Эйнштейна в математике специальной теории относительности. В отличие от многих гениев Пуанкаре был человеком практической складки; например, еще молодым инженером он проводил мгновенную диагностику аварий на шахтах. Кроме того, он обладал очаровательным прозаи-

ческим стилем и писал бестселлеры по философии науки – и стал единственным математиком, которого приняли в литературное отделение Института Франции.

Что типично для гения, Пуанкаре совершал свои открытия в моменты внезапного озарения. Среди самых значительных был момент, описанный в эссе «Математическое творчество». Пуанкаре уже две недели бился над важной задачей из области чистой математики, когда его как инспектора шахт вызвали на геологическую экскурсию. «В эту пору я покинул Кан, где я тогда жил, чтобы принять участие в геологической экскурсии, организованной Горным институтом. Среди дорожных перипетий я забыл о своих математических работах; по прибытии в Кутанс мы взяли омнибус для прогулки; и вот в тот момент, когда я заносил ногу на ступеньку омнибуса, мне пришла в голову идея – хотя мои предыдущие мысли не имели с нею ничего общего, – что те преобразования, которыми я воспользовался для определения фуксовых функций, тождественны с преобразованиями неевклидовой геометрии. Я не проверил этой идеи; для этого я не имел времени, так как, едва усевшись в омнибус, я возобновил начатый разговор, тем не менее я сразу почувствовал полную уверенность в правильности идеи. Возвратясь в Кан, я сделал проверку; идея оказалась правильной»²⁵.

Чем же объяснить это откровение, постигшее Пуанкаре в тот миг, когда его нога коснулась ступеньки омнибуса? Сам он полагал, что оно было порождено подсознательной деятельностью его памяти: «Роль этой бессознательной работы в процессе математического творчества кажется мне неоспоримой... Никогда... эти внезапные внушения не происходят иначе, как после нескольких дней волевых усилий, казавшихся совершенно бесплодными». Казавшиеся бесплодными волевые усилия заполняют банки памяти математическими идеями, а эти идеи затем превращаются в «приведенные в движение атомы» бессознательного, которые бесконечно перестраиваются, составляя всевозможные комбинации, пока наконец самая прекрасная из них не пройдет сквозь «тонкое решето» и не окажется полностью осознанной – и уже в сознании будет проверена и отточена.

Пуанкаре был человек скромный и, в частности, не похвалялся своей памятью, которую в эссе назвал всего лишь «неплохой». На самом деле память у него была выдающаяся. Как писал один биограф, «способностью запоминать и вспоминать он превосходил даже легендарного Эйлера». (Эйлер, самый плодовитый математик в истории, в честь которого названа константа e , говорят, знал наизусть всю «Энеиду»). Пуанкаре читал с невероятной скоростью, а пространственное воображение у него было развито до того, что он помнил, где именно в книге сделано то или иное утверждение, с точностью до страницы и строчки. Ничуть не хуже была и его слуховая память – вероятно, из-за плохого зрения. В школе он мог просто сидеть и запоминать лекции безо всяких конспектов, хотя не видел, что написано на доске.

Вот что, наверное, должно сильнее всего пугать нас в Интернете: нарушение связи между памятью и творчеством. «Так как пользование Сетью усложняет возможность фиксации информации в биологической памяти, мы вынуждены все сильнее полагаться на мощный и легкодоступный механизм фиксации информации в Сети», – пишет Карр. Однако сознательных манипуляций информацией из внешних хранилищ недостаточно, чтобы достичь масштабных творческих прорывов, и на это и указывает пример Пуанкаре.

Человеческая память динамична, в отличие от машинной. В ней идут процессы, которые мы понимаем лишь в общих чертах, а сам Пуанкаре считал столкновением и соединением идей, образующих стабильные комбинации, и благодаря этому бессознательно распознаются новые закономерности и бессознательно открываются новые аналогии. И именно этим процессам мешает Гугл, когда соблазняет нас использовать его в качестве протеза памяти.

Дело не в том, что Сеть делает нас глупее – напротив, все данные свидетельствуют, что она скорее оттачивает, чем притупляет когнитивные навыки. Дело не в том, что Сеть делает

²⁵ Здесь и далее пер. Т. Блохинцевой, А. Шибанова.

нас несчастнее, хотя, безусловно, есть те, кто, подобно Карру, чувствуют себя рабами ее алгоритмов и считают, что их одурачили, поскольку недовольны качеством удовольствий, которые она дает. Дело в том, что Сеть губит творческое начало. Вот почему Вуди Аллен, вероятно, поступил мудро, решив отказаться от взаимодействий с ней.

Кстати, рецензенты книг наподобие «Пустышки» Карра частенько отмечают в качестве шутилки реплики «в сторону», что постоянно прерывали работу над отзывом, чтобы обновить страничку в «Фейсбуке», ответить на текстовые сообщения, проверить электронную почту, что-то твитнуть, запостить или поразвлекаться поиском в Интернете фотографий котиков, похожих на Гитлера. Представьте себе, меня нет в «Фейсбуке» и я не умею пользоваться «Твиттером». Электронную почту я завел на *AOL* (да, я бронтозавр), но письма мне приходят редко. Ни айпода, ни *BlackBerry* у меня отродясь не было. И смартфона тоже, да, честно говоря, и вообще мобильного. Я, как Вуди Аллен, избегаю ловушек цифровой эпохи. И все равно постоянно отвлекаюсь.

Часть седьмая. Изменчивая картина космоса

Глава восемнадцатая. Войны вокруг теории струн. Равна ли красота истине?

Для физики настало лучшее из всех времен. Физики вот-вот обретут долгожданную теорию великого объединения, она же теория всего. Эта теория в нескольких изящных уравнениях, вероятно, таких кратких, что их можно будет напечатать на футболке, покажет, с чего началась Вселенная и чем она закончится. Главное откровение этой теории состоит в том, что мельчайшие составляющие Вселенной – не частицы, как думали с древних времен, а «струны» – тончайшие волокна энергии. Эти струны по-разному вибрируют и тем самым порождают все природные явления, подобно тому, как струны скрипки порождают музыкальные ноты. Теория струн не просто мощна, но еще и математически красива. Остается пустяк – взять и записать ее уравнения. Как выяснилось, на это требуется неожиданно много времени. Но ведь над этой задачей работает практически все сообщество физиков-теоретиков во главе с великим пророком из Принстона в штате Нью-Джерси, так что тысячелетняя мечта об обретении окончательной теории, несомненно, вот-вот станет реальностью.

Для физики настало худшее из всех времен. Вот уже целое поколение, а то и больше физики гонятся за каким-то призраком под названием «теория струн». Начало этой охоты знаменовало конец семидесятипятилетнего прогресса. По теории струн проведены десятки конференций, защищены сотни диссертаций, написаны тысячи статей. Однако при всей этой бурной деятельности не сделано ни одного проверяемого прогноза, не решено ни одной теоретической головоломки. Более того, до сих пор нет никакой теории – только набор наметок и расчетов, позволяющих предположить, что теория может существовать. И даже если она существует, у нее окажется такое безумное количество версий, что ей невозможно будет пользоваться – это будет теория ничего. Но все равно элита физического сообщества пропагандирует теорию струн с иррациональным рвением и беспощадно изгоняет из профессии несогласных. Тем временем физика увязла в парадигме, обреченной на бесплодность.

Да, так и есть: это лучшее из всех времен, это худшее из всех времен. Ведь теоретическая физика – это вам не викторианский роман. Если вы всего лишь от случая к случаю читаете научно-популярные статьи в газетах, то, скорее всего, лучше знакомы с оптимистической точкой зрения. Однако у теории струн всегда было предостаточно громогласных противников. Ричард Фейнман без малого тридцать лет назад отменил ее как «чепуху», «сумасшествие» и «неверное направление» в физике. Шелдон Глэшоу, получивший Нобелевскую премию за одно из последних великих достижений в физике до начала эпохи теории струн, уподобил ее «новой версии средневекового богословия» и всеми силами старался не допустить теоретиков струн на свою кафедру в Гарварде (безуспешно). В 2006 году два физика из поколения теории струн выявили, как им казалось, безнадежные противоречия в теоретической физике. «Историю, которую я собираюсь рассказать, многие сочтут трагической», – пишет Ли Смолин в книге «В чем беда с физикой. Взлет теории струн, падение науки и что теперь будет» (Smolin, L., *The Trouble with Physics: The Rise of String Theory, the Fall of a Science, and What Comes Next*). Питер Уойт в книге «Даже не ошибка: провал теории струн и поиски объединения физических законов» (Woit, P., *Not Even Wrong: The Failure of String Theory and the Continuing Challenge to Unify the Laws of Physics*) предпочитает слово «катастрофа». И Смолин, и Уойт в пору, когда теория струн вошла в моду, то есть в начале восьмидесятых, были профессиональными физиками. Теперь они оба изгои – Смолин, в прошлом ярый сторонник теории струн (он написал на

эту тему 18 статей), откололся от этой веры и участвовал в создании меньшевистской ячейки физиков в Канаде под названием «Институт Периметр», а Уойт ушел из теоретической физики в математику (он читает лекции на математическом факультете в Колумбийском университете), что позволяет ему смотреть на происходящее с междисциплинарной точки зрения.

Оба критика теории струн строят свои предварительные обвинения на смеси науки, философии, эстетики и, как ни странно, социологии. С их точки зрения физику захватила культура головорезов, которая поощряет технарей, работающих над официально одобренными задачами, и не приветствует мечтателей и пророков в духе Альберта Эйнштейна.

Уойт утверждает, что недостаток эмпирических подтверждений теории струн и концептуальной строгости мешает разработчикам теории струн отличать подлинный научный вклад от мошенничества. Смолин придает своим исковым заявлениям морально-этическую окраску – он связывает теорию струн с «вопиюще предвзятым» отношением к женщинам и чернокожим в физической профессии. Размышляя о культе пустой математической виртуозности, он задается вопросом: «Сколько ведущих физиков-теоретиков были когда-то неуверенными в себе маленькими прыщавыми мальчиками, способными поквитаться с красавчиками и спортсменами (которым доставались все девочки) в одном-единственном месте – в кабинете математики?»

Как странно, что подобные низменные мотивы могут затрагивать даже физику, столь чистую и объективную! Но в этой науке в целом настали странные времена. Впервые в истории теория догнала эксперимент. В отсутствие новых данных физикам приходится руководствоваться в поисках окончательной теории не надежными эмпирическими данными, а чем-то другим. И это что-то они зовут красотой. Между тем в физике, как и во всей остальной жизни, красота – штука опасная.

Золотой стандарт красоты в физике – общая теория относительности Альберта Эйнштейна. Что делает ее красивой? Во-первых, простота. Общая теория относительности в одном уравнении описывает силу гравитации как искривление геометрии пространства-времени в присутствии массы: масса говорит пространству-времени, как искривляться, пространство-время говорит массе, как двигаться. Во-вторых, ее неожиданность: кто бы мог себе представить, что целая теория родится из естественного предположения, что все системы отсчета равны и законы физики не должны меняться, если запрыгнешь на карусель? Ну и, наконец, ощущение незыблемости. Нельзя ничего изменить в логической структуре этой теории, не нарушив ее. Физик Стивен Вайнберг уподобил ее «Святому семейству» Рафаэля: каждая фигура на холсте нашла свое идеальное место, художник ничего не должен был сделать иначе.

Общая теория относительности Эйнштейна была одним из двух революционных нововведений начала XX века, знаменовавших начало новой эры в физике. Второй стала квантовая механика. Квантовая механика еще радикальнее отходила от привычной ньютоновой физики. В отличие от общей теории относительности, которая имела дело с четко определенными объектами, существующими в однородной, хотя и криволинейной, геометрии пространства-времени, квантовая механика описывала зыбкий, полный случайностей микромир, где все изменения происходят рывками, частицы ведут себя как волны (и наоборот) и над всем царствует неопределенность.

В первые десятилетия после этой двойной революции основные действия шли на квантовой стороне. Помимо гравитации, природой управляют три основные силы: электромагнетизм, сильное взаимодействие, удерживающее частицы в ядре атома, и слабое взаимодействие, вызывающее радиоактивный распад. В конце концов ученым удалось вписать все три силы в рамки квантовой механики, создав тем самым «стандартную модель» физики частиц. Стандартная модель – это зыбкая конструкция из палок и изолянтов, она кое-как соединяет совсем не похожие виды взаимодействий, а ее уравнения содержат два десятка произвольных на первый взгляд констант – массы тех или иных частиц, соотношения тех или иных сил и так далее

– которые пришлось измерять экспериментально и вводить в формулы «вручную». При всем при том стандартная модель оказалась, всем на радость, невероятно полезной – она предсказала результаты всех дальнейших экспериментов по физике частиц с поразительной точностью, зачастую до одиннадцатого знака после запятой. Как заметил однажды Фейнман, это все равно что вычислить расстояние от Лос-Анджелеса до Нью-Йорка с точностью до волоска.

Стандартная модель сложилась к середине семидесятых и с тех пор всерьез не пересматривалась. (Окончательное триумфальное подтверждение она получила в 2012 году, когда благодаря Большому адронному коллайдеру в ЦЕРНе, в Европейском центре экспериментальной физики, был открыт бозон Хиггса, последняя недостающая деталь.) Стандартная модель говорит нам, как ведет себя природа на масштабе молекул, атомов, электронов и еще меньше, до таких маленьких масштабов, где гравитация настолько слаба, что ею можно пренебречь. Общая теория относительности учит нас, как природа ведет себя на масштабах яблок, планет, галактик и еще больше – там, где квантовые неопределенности усредняются, и их можно не учитывать. Казалось бы, эти теории совместно покрывают все природные явления. Но большинству физиков такое разделение труда не нравится. Ведь в природе все взаимодействует со всем. А значит, должен существовать единый набор законов, который бы все описывал, а не два несовместимых набора. И что будет, если области применимости двух теорий перекроются – в случае, если очень массивное тело окажется очень маленьким? Например, сразу после Большого взрыва вся масса нынешней наблюдаемой Вселенной была упакована в размер ядра атома. На таком крошечном масштабе квантовая неопределенность разбивает гладкую геометрию общей теории относительности, и невозможно предсказать, как поведет себя гравитация. Чтобы понять, как родилась Вселенная, нам нужна теория, которая «объединит» общую теорию относительности и квантовую механику. Это мечта каждого физика-теоретика.

Теория струн родилась случайно. В конце шестидесятых пара юных физиков продиралась сквозь дебри учебников по математике и натолкнулась на многовековой давности формулу – бета-функцию Эйлера, которая чудесным образом соответствовала последним экспериментальным данным по физике элементарных частиц. Поначалу никто понятия не имел, как так получается. Однако прошло несколько лет, и выяснилось, в чем скрытое значение формулы: если представлять себе элементарные частицы как тоненькие вибрирующие струны, все обретает смысл. Из чего же тогда состоят эти струны? На самом деле из ничего. Как выразился один физик, их надо считать «крошечными одномерными разрывами в гладкой ткани пространства».

Новая теория расходилась с прежними представлениями не только в этом. Мы считаем, что живем в мире, где три пространственных измерения (и одно временное). Но чтобы теория струн обрела математический смысл, мир должен иметь девять пространственных измерений. Почему же мы не замечаем шесть дополнительных измерений? Потому что, согласно теории струн, они свернуты в своего рода микрогеометрию, которая делает их невидимыми. (Представьте себе садовый шланг: издали он выглядит одномерным, как линия, но вблизи становится видно, что у него есть второе измерение, свернутое в круг.) Некоторым физикам предположение о скрытых измерениях показалось экстравагантным. Однако нашлись и такие, кто решил, что это не слишком высокая цена за теорию. По словам Смолина, «теория струн сулила то, чего не было еще ни у какой теории, – квантовую теорию гравитации, которая была бы еще и подлинным объединением сил и вещества».

Но когда же она исполнит свои обещания? Прошли десятилетия с тех пор, как были замечены первые ее проблески, и за это время в теории струн состоялись две «революции». Первая – в 1984 году, когда удалось разобраться с некоторыми странностями, которые грозили погубить теорию. По свежим следам этого достижения четыре физика из Принстона, которых прозвали «Принстонский струнный квартет», показали, что теория струн и в самом деле способна охватить все силы природы. Затем за несколько лет физики всего мира написали более

тысячи статей по теории струн. Кроме того, эта теория привлекла внимание самой авторитетной фигуры в теоретической физике – Эдуарда Виттена.

Виттен работает в Институте передовых исследований в Принстоне. Коллеги-физики относятся к нему с восхищением: известно, что его сравнивали с Эйнштейном. Подростком он интересовался скорее политикой, чем физикой. В 1968 году, когда ему было 17 лет, он напечатал в *The Nation* статью, где утверждал, что у «новых левых» нет политической стратегии. Виттен поступил на исторический факультет в Университет имени Брандейса и участвовал в предвыборной компании Джорджа Макговерна, который баллотировался в президенты США в 1972 году (Макговерн написал Виттену рекомендацию в аспирантуру). А когда Виттен решил избрать профессию физика, оказалось, что он невероятно быстро учится: он защитил диссертацию в Принстоне, прошел постдок в Гарварде, в 29 лет получил должность штатного преподавателя в Принстоне, а еще через два года – «стипендию для гениев» Макаурта. Статьи Виттена – образцы глубины и ясности. Другие физики решают задачи при помощи сложных вычислений, а он – при помощи логических рассуждений, исходя из первооснов. Как-то Виттен сказал, что «величайшим интеллектуальным восторгом» его жизни было узнать, что теория струн может вместить и гравитацию, и квантовую механику. Его исследования по теории струн привели к потрясающим достижениям в чистой математике, особенно в абстрактной теории узлов. В 1990 году Виттен стал первым физиком, удостоенным медали Филдса – эквивалент Нобелевской премии для математиков.

Именно Виттен и возглавил вторую революцию в теории струн, мишенью которой была головоломка, возникшая отчасти из-за всех этих дополнительных измерений. Их нужно было свернуть так, чтобы они стали совсем маленькими и невидимыми, однако оказалось, что это можно сделать разными способами, и физики постоянно находят все новые и новые. Но если существует не одна версия теории струн, а несколько, как определить, какая из них верна? Эксперименты тут не помогли бы, поскольку теория струн работает с такими энергиями, что их невозможно обеспечить в ускорителях частиц. К началу девяностых было изобретено целых пять вариантов теории струн. Повеяло разочарованием. Но общее настроение заметно повысилось, когда Виттен в 1995 году объявил теоретикам струн, собравшимся на конференцию в Лос-Анджелесе, что эти пять разных на первый взгляд теорий – всего лишь грани чего-то большего, что он назвал «М-теорией». М-теория, помимо вибрирующих струн, допускает существование вибрирующих мембран и капель. На вопрос, почему теория так называется, Виттен отвечал уклончиво: он говорил, что «М – это магия, мистика или мембрана, кому что нравится». Затем он прибавил еще и вариант «мутный», поскольку «наше понимание теории, в сущности, очень примитивно». Другие физики предлагали «матрицу», «мать» («мать всех теорий») и «мастурбацию». Скептически настроенный Шелдон Глэшоу задавался вопросом, не может ли М оказаться на поверку перевернутой *W* – первой буквой фамилии *Witten*.

Сегодня, когда прошло больше двух десятилетий после второй революции, теория, которую раньше называли теорией струн, так и остается соблазнительной гипотезой, а вовсе не набором уравнений, а проблема неуникальности приобрела такой размах, что остается лишь руками развести. По последним подсчетам, количество теорий струн достигло примерно единицы с пятью сотнями нулей. «Может быть, просто счесть такое положение дел доведением до абсурда?» – спрашивает Смолин.

Но некоторых теоретиков струн этим не запугаешь: ведь каждая участница этого огромного ансамбля альтернативных теорий, считают они, описывает свою возможную вселенную со своим «местным климатом» и историей. А вдруг все эти вселенные и вправду существуют? Может быть, каждая из них зародилась из точки, из пузырька – в точности как наша. (Физики, верящие в такую «множественную вселенную», она же «мультиверс», часто представляют себе такое космическое шампанское с пеной из пузырьков-вселенных.) Большинство таких вселенных, что называется, не «био-френдли», но в некоторых наверняка сложатся условия, как

раз подходящие для возникновения разумной жизни вроде нас. То, что наша Вселенная, по всей видимости, тонко настроена на то, чтобы в ней возникла жизнь, не простое везение. Это следствие «антропного принципа»: если бы наша Вселенная была другой, нас бы не было и некому было бы ее наблюдать. Сторонники антропного принципа говорят, что его можно применять, чтобы отсеять все версии теории струн, несовместимые с нашим существованием, и тем самым избавить теорию струн от проблемы неуникальности. Да, Коперник изгнал человека из центра Вселенной, однако антропный принцип, похоже, вернул ему это привилегированное положение. Многие физики презирают антропный принцип, а один даже назвал его «вирусом», заразившим разум его коллег-теоретиков. Но есть и такие, и Виттен в том числе, кто принимает этот принцип, хотя и с оговорками и не без мрачности. Кое-кто находит в нем извращенное удовольствие. Противоречие между этими фракциями один участник уподобил «драке едой в школьной столовке».

В книгах, посвященных критике теории струн, Смолин и Уойт рисуют антропный подход как предательство науки. Они согласны с максимой Карла Поппера: чтобы теория была научной, она должна быть фальсифицируемой. Однако теория струн, как указывает Уойт, – это как «Ресторан “У Алисы”» из песни Арло Гатри: что захочешь, то и получишь. У нее столько версий, что она ничего не предсказывает и одновременно предсказывает все на свете. В этом смысле теория струн, как следует из названия книги Уойта, «даже не ошибка». А сторонники антропного принципа, со своей стороны, клеймят противников-«попперацци» и подчеркивают, что глупо физикам отказываться от теории струн из-за того, что сказал какой-то философ о том, какой должна быть наука. Стивен Вайнберг, который вполне может считаться отцом стандартной модели физики частиц, утверждал, что антропный принцип, вероятно, знаменовал начало новой эпохи. «Раньше шаги вперед по пути научного прогресса чаще всего были отмечены какими-то открытиями относительно природы, – заметил он, – но в некоторые судьбоносные моменты мы делали открытия относительно самой науки».

Так что же, и в физике настала эра постмодернизма? (Как отмечает Смолин, в Гарварде семинар по теории струн и в самом деле одно время назывался «Физика постмодернизма»). Эра модернизма в физике частиц была эмпирической – теория возникала в соответствии с экспериментом. Да, стандартная модель некрасива, зато ей можно пользоваться, поэтому резонно предположить, что она представляет собой хотя бы приближение к истине. В эру постмодернизма, как нас учат, эксперимент теряет смысл, и упавшее знамя подбирает эстетика. Поскольку теория струн не удостоивает нас экспериментальной проверкой, мерилom ее истинности становится красота.

История последнего столетия показывает, что физики, которые руководствовались эстетическим чутьем в отсутствие экспериментальных данных, в целом достигали больших успехов. По словам Поля Дирака, «всякий, кто ценит фундаментальную гармонию, связывающую устройство природы и общие математические принципы, наверняка почувствует, что теория, наделенная красотой и элегантностью теории Эйнштейна, непременно должна быть истинной».

Мысль, что «истина есть красота, а красота есть истина», сама по себе красива, но есть ли основания считать ее истинной? Ведь истина – это отношения между теорией и миром, а красота – отношения между теорией и разумом. Некоторые ученые предположили, что, возможно, мы приучились находить эстетическое удовольствие в теориях, у которых больше вероятности оказаться истинными, под воздействием чего-то наподобие культурного дарвинизма. Либо физики почему-то склонны выбирать задачи с красивыми решениями, а не с неряшливыми. А может быть, сама природа на самом фундаментальном уровне обладает абстрактной красотой, которую настоящая теория обязательно отразит. Но все эти предположения подозрительны, и вот почему: стандарты красоты теорий, как правило, эфемерны, и научные революции их то и дело ниспровергают. «Любое качество теории, которое на какой-то момент считалось эстети-

чески привлекательным, в другие времена оценивалось как неприятное или эстетически нейтральное», – заметил Джеймс У. Макаллистер, специалист по философии науки.

Следующий после красоты критерий истинности – простота: ее восхваляли и Пифагор, и Евклид, да и современные физики ценят ее, по крайней мере, на словах. При прочих равных условиях, чем меньше формул, тем элегантнее. Как же можно оценить теорию струн по этому критерию? Лучше просто не бывает, как лукаво заметил один ее сторонник, поскольку количество определяющих ее уравнений пока что в точности равно нулю. Поначалу теория струн казалась настоящим даосистским идеалом простоты, поскольку сводила все известные частицы и силы к нотам дрожащей струны. Как заметил один из ее основоположников, «теория струн слишком прекрасна как математическая структура, чтобы не иметь никакого отношения к природе». Однако с годами теорию струн постоянно приходилось латать подручными средствами перед лицом все новых и новых трудностей, и в итоге она превратилась в машину Руба Голдберга, точнее, в целый пейзаж, заполненный такими машинами. Теперь ее сторонники всячески чернят «миф об уникальности и элегантности», как сами же его и называют. Природа не проста, считают они, значит, и единая теория всего не должна быть простой. «Честный, пристальный взгляд на реальный мир не наводит на мысль о математическом минимализме», – говорит стэнфордский физик Леонард Сасскинд, которому, пожалуй, совсем не жаль, что теория струн «из красавицы превратилась в чудовище».

Если же жизнестойкость теории струн не объясняется ни ее предсказательной силой, ни красотой, в чем дело? С конца XVIII века ни одной крупной научной теории не удалось просуществовать больше десятилетия, не получив какого-нибудь приговора, оправдательного или обвинительного. Верные теории почти всегда быстро одерживают победу. Однако теория струн в любой форме находится в подвешенном состоянии вот уже почти полвека. Тридцать последних лет жизни, которые Эйнштейн посвятил поискам теории всего в физике, сделались хрестоматийным примером тщетных усилий. Чем же лучше достижения тысячи теоретиков струн?

Те, кто упорно держится за этот проект, который с каждой минутой выглядит все безнадежнее, в свое оправдание говорят, как правило, что более удачных претендентов на роль объединения физической науки пока все равно нет. Однако критики теории струн, в том числе Смолин и Уойт, объясняют это иначе, и их объяснение сводится к слову «социология». Они боятся, что академическая физика стала до опасного похожа на то, в чем ее давно обвиняли социологи-конструктивисты: на сообщество, в котором рациональности и объективности не больше, чем в любой другой группе людей. В сегодняшней обстановке гипер-конкуренции молодой физик-теоретик может надеяться лишь на то, что заслужит благосклонность старших коллег, решив по их заказу какую-нибудь задачку по теории струн. «В наши дни, – говорил один маститый специалист в этой области, – если ты восходящая звезда в теории струн, считай, что дело в шляпе».

Некоторым в сообществе теоретиков струн видится что-то похожее на секту с Виттеном в роли гуру. Смолин сетует на низкопробные научные стандарты, преобладающие в сообществе теоретиков струн, где давние, но не доказанные гипотезы считаются истинными только потому, что «ни один разумный человек», то есть никто из «племени», в них не сомневается. Самый смешной симптом отсутствия строгости в теории струн – скандал с братьями Игорем и Григорием Богдановыми: эти близнецы-французы русского происхождения умудрились опубликовать откровенно бессмысленные статьи по теории струн в пяти рецензируемых научных журналах по физике. Что это было – афера Сокала наоборот? (В 1996 году физик Алан Сокал одурачил редакцию постмодернистского журнала *Social Text* и заставил их опубликовать искусно написанную, но совершенно абсурдную статью о «герменевтике квантовой гравитации».) Братья Богдановы возмущенно отрицали обвинения в мистификации, но даже гарвардская группа теоретиков струн на самом деле не знала, что делать – то ли смеяться над

явным розыгрышем, то ли неохотно признать, что авторы искренне считали, будто сказали новое слово в науке.

Предположим, ситуация в теоретической физике и в самом деле так плоха, как пишут критики вроде Смолина и Уойта. Что могут с этим поделать не-физики? Надо ли нам организовать какой-нибудь крестовый поход детей, чтобы очистить святую землю физики от захватчиков – сторонников теории струн? И кем их следует заменить?

Проблема современной физики, по мнению Смолина, – это в основном проблема стиля. Вожди двойной революции, произошедшей сто лет назад, – Эйнштейн, Бор, Шрёдингер, Гейзенберг – были великими мыслителями, «провидцами». Они подходили к вопросам о пространстве, времени и веществе с философской точки зрения. Новые теории, которые они создавали, были верными по сути. Однако «разработка этих теорий требовала большой технической работы, поэтому для нескольких поколений физика была “нормальной наукой”, и в ней преобладали крепкие ремесленники, – замечает Смолин. – Парадоксальная ситуация, подобная нынешнему положению в теории струн – столько обещано и ничего не исполнено – как раз и возникает, когда много крепких ремесленников пытаются сделать работу провидцев». Сегодня задача объединить физику потребует новой революции, которую не в силах совершить одни лишь виртуозы-вычислители – у них нет для этого средств. Так что выходом из положения, вероятно, может стать воспитание нового поколения провидцев.

«Как странно было бы, если бы окончательную теорию открыли уже при нашей жизни», – заметил как-то Стивен Вайнберг. Подобное открытие, добавил он, показало бы, что в интеллектуальной истории со времен зарождения современной науки – с XVII века – произошел резкий разрыв. Разумеется, нельзя исключать, что никакой окончательной теории так и не откроют, что ни теория струн, ни ее альтернативы, предлагаемые противниками теории струн, ни к чему не приведут. Вероятно, самая фундаментальная истина, описывающая природу, попросту неподвластна человеческому пониманию, как квантовая механика неподвластна пониманию собаки. Или, возможно, как считал Карл Поппер, будет доказано, что последовательность все более и более глубоких теорий бесконечна. И даже если будет найдена окончательная теория, она не даст ответов на вопросы о природе, которые интересуют нас больше всего – как мозг порождает сознание, как нас определяют наши гены. Теоретическая физика завершит свое развитие, но остальные науки едва ли это заметят.

Глава девятнадцатая. Эйнштейн, «призрачное действие» и реальность пространства

В физике, как и в политике, бытует освященное временем мнение, что всякое действие происходит локально. Физики так это и называют – принцип локальности. В сущности, он гласит, что мир состоит из отдельно существующих физических объектов и эти объекты способны прямо влиять друг на друга, только если вступают в контакт.

Из принципа локальности следует, что далекие объекты могут влиять друг на друга лишь косвенно, через причинно-следственные среды, заполняющие расстояние между ними. Например, я могу повлиять на вас, если протяну руку и потреплю вас по щеке, позвоню вам по мобильному телефону (электромагнитное излучение) и даже – очень-очень слабо – если пошевелю мизинцем (гравитационные волны). Но у меня нет никакого способа повлиять на вас мгновенно, преодолев все разделяющее нас пространство, если не будет ничего, что проделает весь путь от меня к вам, – например, на вас никак не подействует, если я воткну булавку в куклу вуду. Это было бы «нелокальное» воздействие.

Идея локальности возникла в истории науки рано. Древнегреческие атомисты таким образом отличали натуралистические объяснения от магических. Боги, как считалось, способны действовать нелокально – стоит им пожелать, и на любом расстоянии от них произойдет что угодно, – однако подлинные причинно-следственные связи, по мысли атомистов, исключительно локальны: это результат того, что маленькие твердые атомы сталкиваются друг с другом. Принципа локальности придерживался и Аристотель, и Декарт. Ньютон (к собственному огорчению) от него отошел, поскольку, согласно его теории, гравитация притягивает тела друг к другу на любом расстоянии в пустом пространстве, причем, возможно, мгновенно. Однако Майкл Фарадей в XIX веке восстановил локальность в правах, введя понятие поля как всепроникающей среды, переносящей энергию, через которую передаются от одного объекта к другому силы вроде гравитации и электромагнетизма, причем не мгновенно, как было бы в случае нелокального действия, но с конечной фиксированной скоростью – скоростью света.

Принцип локальности позволяет считать механизмы природы рациональными и прозрачными, поскольку «сводит» сложные явления к локальным взаимодействиям. Нелокальность, напротив, всегда была прибежищем оккультного, герметического, всех тех, кто верит в «телепатию», «синхроничность» и «холизм».

Альберт Эйнштейн был глубоко убежден в истинности принципа локальности по философским соображениям. Он не мог представить себе, как наука может обойтись без него. «Если не делать такого предположения, – говорил Эйнштейн, – физическое мышление в привычном смысле слова станет невозможным». Он отрицал всякую возможность нелокального воздействия наподобие вуду между двумя далекими объектами и называл его «призрачным действием на расстоянии» (*spukhafte Fernwirkung*).

Однако в двадцатые годы Эйнштейн, единственный среди своих современников, подметил одно неприятное обстоятельство: новорожденная квантовая механика, похоже, не соответствовала принципу локальности. Судя по всему, она допускала «призрачное действие на расстоянии». Эйнштейн решил, что из этого следует, что в квантовой теории, одним из творцов которой был он сам, не хватает чего-то важного. (Нобелевскую премию за 1921 год Эйнштейн получил не за открытие относительности, а за изучение фотоэлектрического эффекта – квантового явления.) Он придумал изящные мысленные эксперименты, чтобы сделать замеченную проблему наглядной для всех. Поборники квантового консенсуса, главным из которых был Нильс Бор, попробовали было противостоять Эйнштейну, но не сумели осознать всю мощь его логики. Тем временем список достижений квантовой теории рос и ширился – она прекрасно

описывала химические связи и предсказывала открытие новых частиц – и от этого претензии Эйнштейна стали казаться не более чем «философскими», что в физике слово ругательное.

Так все и было до 1964 года, когда после смерти Эйнштейна прошло чуть меньше десяти лет. Именно тогда ирландский физик Джон Стюарт Белл совершил, по общему мнению, невозможное: показал, что философские сомнения Эйнштейна можно проверить экспериментально. Белл доказал, что если квантовая механика верна, то «призрачное действие» можно пронаблюдать в лаборатории. И когда придуманный Беллом эксперимент провели – сначала неудачно в Беркли в семидесятые, затем с более определенным результатом в Париже в 1982 году и, наконец, практически безупречно в Делфте в 2015 году (причем на ближайшие годы намечено еще несколько проверок), – «призрачные» предсказания квантовой механики подтвердились.

Однако реакция на эти новости со стороны физиков, интересующихся философией, и философов, интересующихся физикой, оказалась на удивление неоднозначной. Одни объявили, что открытие, что природа не подчиняется принципу локальности, «взрывает мозг» (физик Брайан Грин) и это «самое потрясающее открытие физики XX века» (философ Тим Модлин). Другие считают, что хотя нелокальность на первый взгляд и правда немного призрачная, с метафизической точки зрения она не вызывает ни малейших затруднений, поскольку «все же следует простым законам причины-следствия» (физик Лоуренс Краусс). Третьи, невзирая на результаты опыта Белла и последующих экспериментов, отрицают, что в мире и в самом деле существуют нелокальные связи. Самый выдающийся из них – нобелевский лауреат Марри Гелл-Ман, который настаивает, что все разговоры о «действии на расстоянии» – это «сплошная чепуха».

У споров вокруг нелокальности нет ни финансовой, ни личной подоплеки. По словам популяризатора науки Джорджа Массера, они «интеллектуально чисты». И если задача представляется абсолютно неразрешимой, дело, вероятно, в более глубоком вопросе: чего мы, собственно, ждем от физики – рецептов для прогнозов или единой картины реальности?

Именно этот вопрос вызвал разногласия между Эйнштейном и Бором на заре квантовой механики. Выражаясь метафизически, Эйнштейн был «реалистом»: он верил в объективный физический мир, существующий независимо от наших наблюдений. И считал, что дело физики – дать полное умопостигаемое описание этого мира. «Реальность – вот подлинный предмет физики», – говорил он.

Напротив, Бор был печально знаменит расплывчатостью своих метафизических убеждений. Иногда он был больше похож на «идеалиста» (в философском смысле) и утверждал, что физические свойства становятся определенными, только если их измерить, а следовательно, реальность до определенной степени создается актом наблюдения. Иногда он склонялся к «инструментализму» и утверждал, что квантовая механика призвана быть инструментом для предсказания наших наблюдений, а не подлинной репрезентацией мира, скрывающегося за этими наблюдениями. «Нет никакого квантового мира», – подкалывал он собеседников.

Бора квантовая теория устраивала, Эйнштейна – нет. В популярной литературе часто встречается утверждение, что Эйнштейн возражал против квантовой механики, поскольку она делала случайность фундаментальной составляющей реальности. «Бог не играет в кости», – говорил он, как известно. Но на самом деле Эйнштейна беспокоила не случайность сама по себе. Его мучили подозрения, что видимость случайности в квантовой механике – признак того, что новая теория рассказывает о происходящем в физическом мире не все. И принцип локальности играл в этих подозрениях важную роль.

Вот как выглядел самый простой мысленный эксперимент, который Эйнштейн придумал, чтобы показать, в чем суть его недоверия к квантовой механике. Эксперимент стал известен как «коробки Эйнштейна», поскольку именно Эйнштейн рассказал о нем в 1927 году (хотя впоследствии его переформулировали де Бройль, Шрёдингер и Гейзенберг). Для начала возьмем коробку с одной частицей, например, с электроном. Согласно квантовой механике, у

электрона в коробке нет определенного местонахождения, пока мы не заглянем в коробку и не посмотрим, где он. До этого акта наблюдения электрон представляет собой смесь потенциальных локаций, распределенную по всей коробке. Эта смесь математически выражается «волновой функцией», которая описывает разные вероятности обнаружить электрон в разных локациях внутри коробки, если проделать эксперимент (по-французски волновая функция образно называется *densité de présence* – плотность присутствия). Потенциальность превращается в реальность, только когда сделано наблюдение. Тогда волновая функция «коллапсирует» (по выражению физиков) в одну точку, и локация электрона становится определенной.

Теперь предположим, что перед тем, как проводить подобный эксперимент с наблюдением, мы вставляем в середину коробки с электроном перегородку. Если сделать это правильно, волновая функция заключенного внутри электрона разделится надвое – грубо говоря, половина волновой функции окажется слева от перегородки, а половина – справа. Таково полное квантовое описание физической ситуации: нет какой-то более глубокой истины, гласящей, по какую сторону от перегородки электрон находится «на самом деле». Волновая функция говорит не о том, что мы не знаем, где находится частица, она отражает подлинную неопределенность мира.

Теперь разделим коробку на две половинки там, где проходит перегородка. Левую половинку коробки мы отправим самолетом в Париж, а правую – в Токио. Когда коробки придут в места назначения, физик в Токио проделает эксперимент и посмотрит, находится ли электрон в правой половине коробки. Квантовая механика гласит, что результат этого эксперимента подлинно случаен – это как бросить монетку. Поскольку волновая функция поделена надвое между двумя половинками коробки, шансы, что токийский физик обнаружит присутствие электрона, – пятьдесят на пятьдесят.

Так вот, предположим, он обнаружит электрон. В этот момент волновая функция коллапсирует. Акт обнаружения электрона в токийской коробке приведет к тому, что часть волновой функции, связанная с парижской коробкой, мгновенно исчезнет. То есть парижская коробка словно бы телепатически знает результат токийского эксперимента (вроде бы случайный) и ведет себя соответственно. Если теперь парижский физик заглянет в левую половинку коробки, то точно не найдет электрона. (Разумеется, «коллапс» мог произойти и наоборот, и тогда парижский физик нашел бы электрон.)

Так все должно было бы происходить согласно ортодоксальной квантовой механике в том виде, в каком ее разрабатывали Бор, Гейзенберг и другие основатели теории. Это называется «Копенгагенская интерпретация квантовой механики», поскольку Бор руководил физическим факультетом Копенгагенского университета. Согласно Копенгагенской интерпретации, сам акт наблюдения заставляет распределенные вероятности коллапсировать в одну частицу, находящуюся в строго определенном месте. Отсюда следует и фраза, которую называли лучшим объяснением квантовой механики не более чем в пяти словах: «Не смотришь – волна, смотришь – частица».

По мнению Эйнштейна, это была бессмыслица. Каким образом простой взгляд в коробку заставляет распределенную потенциальность мгновенно схлопнуться в точечную актуальность? И если заглянуть в коробку в Токио, каким образом это мгновенно меняет физическое состояние коробки на другом краю земли, в Париже? Вот оно, «призрачное действие на расстоянии», очевидное нарушение принципа локальности. Значит, в копенгагенскую интерпретацию вкралась ошибка.

Интуиция подсказывала Эйнштейну в точности то же самое, что и здравый смысл: частица с самого начала была либо в одной половинке коробки, либо в другой. Поэтому, заключал Эйнштейн, квантовая механика неполна. Она дает размытую картину четкой реальности, а не четкую картину размытой реальности, как утверждали сторонники копенгагенской интерпретации.

Бор не пытался опровергнуть простую логику коробок Эйнштейна. Он направил свой полемический задор на более поздний и сложный мысленный эксперимент, который Эйнштейн придумал в тридцатые годы, когда уже покинул Германию и перебрался в Институт передовых исследований. Этот эксперимент называется «Парадокс Эйнштейна – Подольского – Розена», или просто ЭПР в честь Эйнштейна и двух его младших сотрудников – Бориса Подольского (из России) и Натана Розена (из Бруклина).

Мысленный эксперимент ЭПР предполагает, что существует пара частиц, которые возникли вместе, а затем пошли каждая своей дорогой. Эйнштейн считал, что согласно квантовой механике эти частицы должны быть «запутаны», то есть у них сохранится корреляция в том, как они реагируют на эксперименты, независимо от того, насколько далеко они разойдутся. В качестве примера рассмотрим, что происходит, когда «возбужденный» атом, то есть атом, уровень энергии которого искусственно повышен, делится избытком энергии, испустив пару фотонов (частиц-компонентов света). Эти два фотона разлетаются в противоположных направлениях и в конце концов достигают границ галактики и вылетают за них. Однако квантовая механика говорит, что какое бы расстояние ни разделяло два фотона, они остаются запутанными в единую квантовую систему. Если они станут субъектами одного и того же эксперимента, каждый будет реагировать в точном соответствии с партнером. Если, например, мы увидим, как ближайший фотон успешно проходит сквозь поляризационный фильтр, скажем, солнечные очки, мы автоматически узнаем, что его далекий партнер тоже это сделает, при условии, что ближний и дальний фильтр поставлены под одним и тем же углом.

Можно подумать, что такие запутанные частицы не загадочнее пары однояйцовых близнецов, разъехавшихся в разные города: если видишь в Нью-Йорке близнеца *A* и он рыжий, точно знаешь, что у близнеца *B* в Сиднее тоже рыжие волосы. Однако в отличие от цвета волос квантовые свойства остаются неопределенными, пока не подверглись измерению. Когда частица *A* измерена, смесь вероятностей мгновенно схлопывается в одно определенное состояние, и по всему выходит, что это вынуждает запутанную с ней партнершу частицу *B* тоже мгновенно перейти из смеси вероятностей в точно определенное соответствующее состояние.

Если квантовая механика верна, то запутанные частицы похожи не на пару однояйцовых близнецов, а на волшебные монетки, которые иногда представляют себе в ходе мысленных экспериментов – хотя их никто никак не подправлял и не утяжелял, они откуда-то знают, что если их бросят, нужно будет упасть одной и той же стороной вверх. Словно бы между запутанными частицами возникает телепатическая связь, дающая им возможность координировать свое поведение мгновенно на любых расстояниях, хотя, согласно теории относительности, все известные методы коммуникации ограничены скоростью света.

Из мысленного эксперимента ЭПР Эйнштейн сделал тот же вывод, что и из своих коробок: такая связь была бы «призрачным действием на расстоянии». Квантовая запутанность не может существовать в реальности. Строго срежиссированное поведение частиц, находящихся на больших расстояниях, должно быть запрограммировано заранее, с самого начала (как у однояйцовых близнецов), а не подчиняться коррелирующей случайности (как у волшебных монеток). А поскольку квантовая теория ничего не говорит о таком программировании, которое физики называют скрытыми переменными, описание мира, которое она дает, неполно.

До этого момента логика ЭПР ясна. Однако статья, которую Эйнштейн, Подольский и Розен опубликовали в 1935 году, на этом не кончается и на последних страницах пытается опровергнуть принцип неопределенности Гейзенберга, согласно которому некоторые пары физических свойств частицы, например, местоположение и импульс, нельзя определить одновременно. (Впоследствии Эйнштейн утверждал, что эта дерзость целиком и полностью на совести юного Подольского, который написал последний раздел статьи ЭПР самостоятельно.) Это настолько все испортило, что у Бора появилась долгожданная возможность поквитаться с Эйнштейном – однако его ответная статья стала шедевром темноты и таинственности. Через десять

лет после ее публикации Бор сам признавался, что ему было трудно понять, что он, собственно, написал. Но большинство физиков так устали от этих «философских», по их мнению, споров и так хотели спокойно заняться своими квантовыми вычислениями, что просто приняли на веру, что Бор выиграл спор с Эйнштейном, который, что называется, уже не тот. По словам Абрахама Пайса, биографа Эйнштейна, его «слава ничуть не померкла бы, а может быть, и засияла ярче, если бы он вместо всего этого увлекся рыбалкой».

Однако впоследствии нашелся физик, который не придерживался общепринятого мнения, и это и был Джон Стюарт Белл (1928–1990). Он был сыном торговца лошадьми из Белфаста и сделал карьеру в прикладной физике – помогал строить первый ускоритель частиц в ЦЕРНе (Европейском центре экспериментальной физики близ Женевы). Но еще он смотрел на концептуальные основы физики глазами философа. По строгости и ясности рассуждений Белл мог потягаться с Эйнштейном. И подобно Эйнштейну, относился к квантовой механике недоверчиво. «Я воздерживался от мысли, что она ошибочна, но знал, что в ней что-то не так», – говорил он. Размышляя о мысленном эксперименте ЭПР, Белл обнаружил способ хитроумно подправить его и провести на самом деле опыт, который окончательно решит вопрос о квантовой механике и локальности. Доказательство, что такое возможно – теперь это знаменитая «теорема Белла», – он опубликовал в 1964 году. Что самое поразительное, это всего пара страниц алгебраических выкладок, понятных даже старшекласснику.

Суть идеи Белла такова: если мы хотим заставить запутанные частицы проявить свою нелокальную связь (при условии, что она существует, само собой), надо подвергнуть их более деликатному допросу. А это, по мысли Белла, можно сделать, если измерить спин частиц под разными углами. Особенности квантовой спина таковы, что каждое измерение – это словно заданный частице вопрос, на который можно ответить только «да» или «нет». Если задать двум разделенным, но запутанным частицам один и тот же вопрос, то есть если измерить их спины под одним и тем же углом, они с гарантией дадут один и тот же ответ – два «да» или два «нет». В такой согласии нет ничего волшебного – возможно, пара частиц, родившихся вместе, просто так запрограммирована.

Но если задать запутанным частицам разные вопросы, то есть если измерить спин каждой из них под своим углом, квантовая механика предсказывает точную статистическую закономерность совпадений и несовпадений ответов «да» и «нет». Белл доказал, что если правильно подобрать комбинацию вопросов, предсказанная квантовой механикой закономерность будет бесспорно нелокальной. Никакое предварительное программирование, никакие «скрытые переменные» в том виде, в каком их представлял себе Эйнштейн, этого не объяснят. Согласно Беллу, такая надежная корреляция может лишь означать, что разлученные частицы координируют свое поведение неизвестным науке образом: каждая «знает» не только какой вопрос задали ее далекому близнецу, но и как тот на него ответил.

Вот что сделал Белл. Сначала он придумал эксперимент, в ходе которого будет проделан определенный набор измерений пары разделенных, но запутанных частиц. Затем он привел безупречное математическое доказательство, что *если* статистическая закономерность, возникающая из этих измерений, соответствует предсказаниям квантовой механики, *то* с логической точки зрения выхода нет – это призрачное действие.

Чтобы уладить разногласия Эйнштейна с квантовой механикой, оставалось лишь проделать эксперимент по плану Белла и посмотреть, возникает ли такая статистическая закономерность. Поначалу для этого не было технических возможностей, но к началу семидесятых физики приступили к лабораторной проверке идеи Белла. Эксперименты с измерением свойств пар запутанных фотонов неизменно выявляли именно ту статистическую закономерность, которую рассчитал Белл. Вердикт: призрачное действие реально²⁶.

²⁶ Особо крепкие орешки пытались удержаться за локальность, прибегая к лазейкам вроде «супердетерминизма» или

Так что же, Эйнштейн заблуждался? Было бы честнее (пусть и несколько мелодраматичнее) сказать, что его подвела природа, которая, нарушив принцип локальности, оказалась не такой логичной, как он думал. Однако Эйнштейн заглянул в квантовую механику глубже Бора и других поборников квантовой ортодоксальности. (Как-то раз Эйнштейн заметил, что раздумывал о квантовой механике в сто раз больше, чем о собственной теории относительности.) Он понимал, что нелокальность – неотъемлемая и очень неприятная черта новой теории, а не просто математическая фикция, какой ее, похоже, считали Бор и его последователи.

Давайте остановимся и задумаемся, какая она на самом деле странная, эта квантовая связь между частицами. Во-первых, она не слабеет с расстоянием, в отличие от гравитации, которая вдаль теряет силу. Во-вторых, она выборочная: эксперимент над фотоном из запутанной пары воздействует только на его партнера, где бы тот ни находился, и не касается всех остальных фотонов, ближних и дальних. Выборочная природа запутанности опять же контрастирует со свойствами гравитации, при которой возмущение, созданное смещением одного атома, распространяется во все стороны и затрагивает каждый атом во Вселенной. А в-третьих, квантовая связь мгновенна – изменение состояния запутанной частицы сказывается на ее партнере без всякой задержки, какая бы пропасть их ни разделяла, опять же в противоположность гравитации, чье воздействие распространяется со скоростью света. Именно третья черта квантовой нелокальности, мгновенность, сильнее всего нервирует ученых. Как сразу понял Эйнштейн, это означает, что запутанные частицы общаются между собой быстрее света, а теория относительности это запрещает. Если, например, частица *A* находится поблизости от Земли, а ее запутанный близнец *B* – возле Альфы Центавра (ближайшая к Солнцу звездная система), то измерение, сделанное над *A*, изменит состояние *B* мгновенно, хотя свет будет добираться от *A* до *B* 4,3 года.

Многие физики склонны отмахиваться от этого очевидного противоречия между теорией относительности и квантовой механикой. Они подчеркивают, что даже если квантовая запутанность и в самом деле приводит к воздействию на сверхсветовых скоростях, эти воздействия невозможно использовать для коммуникации, скажем, чтобы передавать сообщения или музыку. Создать «телефон Белла» (Джона, а не Александра Грэхема) невозможно. Причина – квантовая случайность: хотя запутанные частицы и в самом деле обмениваются информацией между собой, гипотетический сигнальщик-человек не сможет контролировать их случайное поведение и закодировать в нем послание. А поскольку квантовая запутанность не может применяться для коммуникации, она не породит причинно-следственные аномалии, о которых предостерегал Эйнштейн (например, не даст отправить сообщение в прошлое). Поэтому квантовая механика и теория относительности противоречат друг другу концептуально, но все же способны мирно сосуществовать.

Но Джону Беллу этого было мало. «Между двумя столпами современной теоретической физики явная несовместимость на самом глубинном уровне», – заметил он на лекции в 1984 году. Белл считал, что для того, чтобы наша картина физической реальности была непротиворечивой, необходимо уладить напряженность между теорией относительности и квантовой механикой.

В 2006 году в этом направлении был сделан огромный шаг. Уроженец Германии Родерих Тумулка, работавший в Университете имени Ратджерса, на основании представлений Белла и других физиков, склонных к философии, сумел создать модель нелокальной запутанности, полностью соответствующую теории относительности Эйнштейна. В противоположность пространственным представлениям теория относительности вовсе не запрещает воздействия со скоростью больше световой (более того, физики иногда заговаривают о гипотетических части-

«обратной причинности», однако трудно представить себе, чтобы Эйнштейн согласился с какой-то столь экстравагантной метафизической гипотезой.

цах тахионах, которые движутся быстрее света). Теория относительности запрещает другое – абсолютное время, вселенское «сейчас», одинаковое для всех наблюдателей. А запутанные частицы и в самом деле требуют подобных вселенских часов, поскольку синхронизируют свое поведение на огромных расстояниях. Однако Тумулка нашел остроумный способ это обойти, пусть и очень тонкий. Он показал, что определенная спекулятивная ветвь квантовой механики, которую называют броской аббревиатурой ГРВ²⁷, позволяет запутанным частицам вести себя синхронно, не нарушая релятивистского запрета на абсолютную одновременность. Хотя механизм, стоящий за нелокальным «призрачным действием», остается загадкой, Тумулка по крайней мере доказал, что оно все-таки не противоречит теории относительности, и этот результат, возможно, стал бы неожиданностью для самого Эйнштейна.

Так или иначе, следствия нелокальности подрывают наше понимание пространства. Открытие нелокальности говорит о том, что мы, вероятно, живем в холистической вселенной, в которой даже самое далекое на самом деле вовсе не разделено. Вероятно, пространство нашей повседневной жизни – лишь иллюзия, простая проекция фундаментальной причинно-следственной системы. Красивая метафора этого – калейдоскоп (ее предложила философ Дженнан Исмаэль). Не нужно представлять себе запутанные частицы как «волшебные монетки», непостижимым образом обменивающиеся сообщениями через пространство. Лучше считать их множеством отражений осколка цветного стекла, крутящегося в калейдоскопе: просто одна и та же частица многократно отражается в системе зеркал.

Несмотря на такие радикальные следствия, физическое сообщество по большей части спокойно восприняло доказательство существования нелокальности. Молодые физики, сызмальства привыкшие к концепции нелокальности, не видят в ней ничего такого уж призрачного. Физик-экспериментатор Николя Гизин как-то заметил: «Здесь дети говорят, все так и есть». А среди старшего поколения бытует мнение, что странностей нелокальности можно избежать, если придерживаться «нереалистского» подхода к квантовой механике, то есть по примеру Нильса Бора считать ее не картиной реальности, а математической конструкцией, позволяющей делать прогнозы. Среди современных носителей подобного образа мысли можно отметить Стивена Хокинга, который говорил: «Я не требую, чтобы теория соответствовала реальности, поскольку не знаю, что такое реальность... От теории мне нужно только одно – чтобы она предсказывала результаты измерений».

Однако глубокое понимание запутанности и нелокальности необходимо еще, и чтобы разрешить вековые споры, как «интерпретировать» квантовую механику, то есть правдоподобно описать, что, собственно, происходит, когда делается измерение и волновая функция загадочно и случайно «коллапсирует». Именно эта проблема не давала покоя Эйнштейну, именно она до сих пор не дает покоя маленькому неугомонному кружку физиков (в частности, это сэр Роджер Пенроуз, Шелдон Голдштейн и Шон Кэрролл) и специалистов по философии физики (в частности, это Дэвид З. Элберт, Тим Модлин и Дэвид Уоллес), которые по-прежнему требуют от физики того же, что Эйнштейн: единого умопостигаемого представления о том, каков мир на самом деле. Для них понятийные основы квантовой механики и роль в них «призрачного действия» остаются открытым вопросом, требующим доработки.

²⁷ Теория Гиради – Римини – Вебера. – *Прим. перев.*

Глава двадцатая. Чем кончится Вселенная?

Один из моих любимых эпизодов фильма Вуди Аллена «Энни Холл» – момент, когда у Элви Зингера, альтер эго Аллена, в детстве случается экзистенциальный кризис. Его мать приглашает психиатра, некоего доктора Фликера, чтобы понять, что с ребенком.

– Элви, почему ты так подавлен? – спрашивает доктор Фликер.

– Вселенная расширяется, – отвечает Элви. – Вселенная – это все на свете, и если она расширяется, то когда-нибудь развалится, и это будет конец всему.

– А тебе-то какое дело? – вмешивается мать. И объявляет, обращаясь к психиатру: – Он перестал делать уроки!

– А что? – говорит Элви.

– Какое отношение имеет к этому Вселенная? – кричит мать. – Ты же здесь, в Бруклине! Бруклин не расширяется!

– И не будет расширяться еще пару миллиардов лет, – вмешивается доктор Фликер, – так что нам нужно постараться радоваться жизни, пока мы здесь, понимаешь, Элви? Ха-ха-ха!

(Общий план дома Зингеров, который по стечению обстоятельств находится под американскими горами на Кони-Айленд.)

По этому вопросу я согласен с доктором Фликером. Как это глупо – грустить из-за того, что когда-нибудь настанет конец света! Ведь космос родился всего-то около четырнадцати миллиардов лет назад, когда произошел Большой взрыв, и часть его останется вполне пригодной для жизни наших потомков еще добрых сто миллиардов лет, даже если вся конструкция в целом будет и дальше расширяться.

Однако два десятка лет назад астрономы посмотрели в свои телескопы и заметили кое-что неприятное. Их наблюдения показали, что расширение Вселенной происходит вовсе не плавно и величественно, постепенно замедляясь, как предсказывали уравнения Эйнштейна. Наоборот, оно ускоряется. Очевидно, существует какая-то «темная энергия», противодействующая гравитации, и она расшвыривает галактики в разные стороны в бешеном темпе. Новые измерения после рубежа тысячелетий подтвердили эту странную находку. 22 июля 2003 года газета *New York Times* вышла со зловещим заголовком: «Астрономы сообщают об обнаружении темной энергии, которая расщепляет Вселенную». Дэвида Леттермана это открытие настолько обеспокоило, что он несколько вечеров подряд упоминал о нем в своем монологе в передаче *Late Show* и недоумевал, почему *New York Times* закопала эту статью на странице A13.

До недавнего времени кончина Вселенной выглядела несколько приятнее или хотя бы отдаленнее. Примерно в середине прошлого века космологи выяснили, что варианта развития событий два. Либо Вселенная так и будет расширяться бесконечно, в ней станет холодно и темно, поскольку звезды одна за другой погаснут, черные дыры испарятся, а все вещественные структуры распадутся в океан элементарных частиц, который будет разжижаться все сильнее и сильнее – то есть наступит Большое охлаждение, либо когда-нибудь расширение прекратится, Вселенная схлопнется обратно и произойдет мощный взрыв, который все уничтожит, – Большое сжатие.

Какой из этих сценариев реализуется, зависело от одного важнейшего параметра: сколько на самом деле во Вселенной всего. Так, по крайней мере, гласила общая теория относительности Эйнштейна. Все во Вселенной, то есть вещество и энергия, порождает гравитацию. А гравитация, как скажет вам любой школьник, все засасывает. Она притягивает тела друг к другу. Если вещества и энергии, а следовательно, гравитации, во Вселенной много, то расширение Вселенной в конце концов остановится и обратится вспять. Если его мало, гравитация лишь замедлит расширение, но оно будет идти вечно. А значит, чтобы определить, чем кончится Вселенная, рассудили космологи, достаточно ее взвесить. Предварительные оценки с учетом

видимых галактик, так называемого темного вещества и даже возможной массы крошек нейтрино, которые роятся в промежутках, показали, что Вселенная весит ровно столько, чтобы замедлить расширение, но не столько, чтобы обратить его.

Надо сказать, что с точки зрения судеб космоса Большое охлаждение ничем не лучше Большого сжатия. В первом случае температура падает до абсолютного нуля, во втором растёт до бесконечности. Что выбрать – гибель во льдах или в пламени? Однако некоторые ученые, наделенные богатым воображением и, как и Вуди Аллен, преследуемые картинами конца света, придумали, как наши далекие потомки сумеют организовать все так, чтобы наслаждаться жизнью вечно, несмотря на неприятные обстоятельства. При сценарии Большого охлаждения наши потомки получат бесконечно много впечатлений, которые просто будут становиться все медленнее и медленнее с большими перерывами на сон. При сценарии Большого сжатия у них будет бесконечно много все более и более быстрых впечатлений, стремящихся к финальной вспышке. Так или иначе, прогресс цивилизации не имеет конца. Так что поводов для экзистенциальной грусти у нас нет.

Однако новость об обнаружении темной энергии, похоже, все изменила (понятно, почему она так напугала Дэвида Леттермана). Она сулит неизбежную гибель разумной жизни в очень и очень далеком будущем. Где бы вы ни находились, остальная Вселенная в конечном итоге разлетится от вас со скоростью света и ускользнет навеки за горизонт познаваемого. Тем временем сужающийся регион пространства, еще доступный вам, наполнится коварным излучением, которое в конце концов погасит все возможности для переработки информации, а с ними – и саму возможность думать. Похоже, нас ждет не Большое сжатие, не Большое охлаждение, а кое-что похуже – Большой распад. «Все наши знания, цивилизация и культура обречены на забвение», – заявил прессе один видный космолог. Такое чувство, что маленький Элви Зингер все-таки был прав. Вселенная «развалится», и это и правда будет конец всего, даже Бруклина.

Когда я об этом услышал, то невольно задумался о надписи, которую кто-то предлагал делать над входом во все церкви: «Если это правда, это важно». И в применении к космологии, науке о Вселенной в целом, это очень большое «если».

К замечаниям о судьбах мироздания, просачивающимся в газеты, всегда следует относиться скептически. Еще в девяностые некоторые астрономы из Университета Джонса Хопкинса вызвали газетную сенсацию, заявив, что космос *голубой*, а всего через два месяца снова попали в газету с заявлением, что на самом деле он *бежевый*. Казалось бы, легкомысленный пример, но мнения космологов даже по более серьезным вопросам, например об участии Вселенной, обычно меняются примерно раз в десять лет. Как сказал мне один из них, космология на самом деле вообще не наука, поскольку невозможно продельвать эксперименты над Вселенной. Скорее это детектив. Даже термин «эсхатология» (от греческого слова, означающего «самый далекий»), которым часто называют теории о конце Вселенной, позаимствован из богословия.

Я решил, что еще успею поволноваться из-за того, что в какую-то немыслимо далекую эпоху исчезнет абсолютно все, а пока полезно поговорить с несколькими ведущими космологами. Насколько они убеждены, что космос расширяется в катастрофическом, неукротимом темпе? Правда ли, что разумная жизнь из-за этого обречена на гибель? Как они, будучи учеными, могут не моргнув глазом рассуждать об участии «цивилизации» и «разума»?

Начать было естественно с Фримена Дайсона, англичанина, работавшего в Институте передовых исследований с начала 1940-х²⁸. Дайсон – один из отцов-основателей космической эсхатологии, которую сам признает предметом «слегка нереспектабельным». Кроме того, Дайсон относится к далекому будущему с пламенным оптимизмом: по его представлениям, все-

²⁸ Неточность. Дайсон родился в 1923 году и в 1940-х учился и работал в Кембридже. В Принстоне Дайсон оказался только в 1953 г. – Прим. науч. ред.

ленная будет бесконечно расширяться, наращивая сложность и насыщенность, и в этой вселенной жизнь сохранится навечно и даст о себе знать своим соседям в невообразимо далеких уголках пространства-времени. В 1979 году он написал статью «Время без конца» (Dyson, F., *Time Without End*), где с опорой на законы физики показывает, как человечество может бесконечно процветать в медленно расширяющейся Вселенной, даже если звезды погаснут, а температура упадет до абсолютного нуля. Суть в том, чтобы приспособить свой метаболизм к постепенному падению температуры, думать все медленнее и медленнее и устраивать себе периоды анабиоза все дольше и дольше, а между тем внешняя информация будет испускаться в пустоту в виде рассеиваемого тепла. Таким образом, по расчетам Дайсона, сложное общество может существовать вечно при конечных запасах энергии, эквивалентных всего восьми часам солнечного света.

Когда я приехал к Дайсону, в Принстоне шел дождь. Путь пешком от станции до Института передовых исследований, расположенного возле леса в 500 акров, занял у меня полчаса. Институт – место тихое, спокойное, словно и не от мира сего. Здесь нет студентов, которые отвлекали бы выдающихся ученых и приглашенных гуманитариев от интеллектуальных занятий. Кабинет Дайсона расположен в том же здании, где Эйнштейн провел последние десятилетия своей карьеры в бесплодных поисках теории великого объединения.

Дайсон – маленький, изящный, учтивый, с глубоко посаженными глазами и орлиным носом, во время разговора часто погружался в молчание или хмыкал, будто его что-то позабавило. Первым делом я спросил его, не погасили ли новые данные о расширении Вселенной с ускорением его надежду на светлое будущее цивилизации.

– Отчего же? – ответил он. – Вопрос о том, будет ли расширение вечным или через некоторое время сойдет на нет, остается полностью открытым. Мы не знаем, какого рода космическое поле вызывает расширение с ускорением – на этот счет есть несколько теорий и никаких наблюдений, которые позволили бы определить, какая из них верна. Если оно вызвано так называемой темной энергией пустого пространства, расширение продолжится вечно, а это с точки зрения жизни плохая новость. Но если его вызывает какое-то иное силовое поле, которое мы по невежеству зовем «квинтэссенцией», то расширение в будущем вполне может замедлиться. Некоторые теории квинтэссенции даже предполагают, что Вселенная рано или поздно вообще прекратит расширяться и схлопнется. Это, разумеется, тоже будет плохо для цивилизации, поскольку пережить Большое сжатие невозможно.

– Тогда давайте придерживаться оптимистического сценария, – предложил я. – Предположим, ускорение и в самом деле окажется временным и когда-нибудь Вселенная перейдет на плавное расширение на автопилоте. Как могут выглядеть наши потомки через триллион триллионов триллионов лет, когда звезды исчезнут, Вселенная станет темной, холодной и такой разреженной, что практически опустеет? Из чего они могут состоять?

– Самый правдоподобный ответ, – сказал Дайсон, – что разумная жизнь примет форму межзвездных пылевых облаков. – Он имел в виду неорганические формы жизни, которые описал покойный астроном сэр Фред Хойл в научно-фантастическом романе «Черное облако» (Hoyle, F., *The Black Cloud*), опубликованном в 1957 году. – Непрерывно расширяющаяся сеть заряженных частичек пыли, которые сообщаются друг с другом при помощи электромагнитных сил, обладает всей необходимой сложностью, чтобы порождать бесконечное число оригинальных мыслей.

– Но разве можно вообразить, чтобы подобная дымка, рассеянная на миллиарды световых лет пространства, была разумной?

– А что, легче вообразить, что разумны два кило протоплазмы у кого-то в черепе? – парировал Дайсон. – Как работает мозг, мы тоже понятия не имеем.

Практически по соседству с кабинетом Дайсона в Институте расположен кабинет Эда Виттена – долговязого, тощего человека уже под семьдесят, которого повсеместно считают

самым талантливым физиком своего поколения, а то и живым воплощением Эйнштейна²⁹. Виттен – один из главных пропагандистов теории струн, которая, если когда-нибудь удастся совладать с ее неряшливой математикой, сулит оказаться той самой теорией всего, к которой так давно стремятся физики. Он обладает досадной для окружающих способностью решать в уме сложнейшие уравнения, ничего не записывая, и говорит приглушенным, мягким, довольно высоким голосом. В прессе утверждали, что Виттен назвал открытие неукротимого расширения Вселенной «крайне неприятным результатом». Мне стало интересно, почему он так считает. Дело в том, что это неудобно по теоретическим причинам? Или его тревожат последствия для судеб мироздания? Когда я задал Виттену этот вопрос, он некоторое время помучился, а потом ответил: «И то, и другое».

Однако и Виттен считает, что велика вероятность, что неукротимое расширение Вселенной окажется лишь временным, как предсказывали некоторые теоретики квинтэссенции, а не постоянным, как предполагает гипотеза темной энергии.

– Теории квинтэссенции красивее, и надеюсь, они и окажутся верными, – сказал мне Виттен.

Если ускорение и в самом деле утихнет и снизится до нуля, а Большой распад не состоится, сможет ли цивилизация сохраниться навечно?

В этом Виттен уверен не был. Отчасти сомнения были вызваны тем, что протоны, вероятно, в конце концов распадутся, а это приведет к распаду всего вещества в пределах ближайших, скажем, 10 лет или около того. Когда я упомянул об этом в разговоре с Фрименом Дайсоном, тот только фыркнул и заметил, что никто никогда не видел, чтобы протон распался, однако, по его убеждению, разумная жизнь сохранится, даже если атомы распадутся на части, поскольку разумные существа перевоплотятся в «плазменные облака» – рои электронов и позитронов.

Я передал это Виттену.

– Неужели Дайсон так и сказал? – воскликнул он. – Хорошо. Просто я считаю, что протоны распадаются.



Поговорив с Эдом Виттеном и Фрименом Дайсоном, я вернулся на железнодорожную станцию «Принстон», ждал там поезда в Нью-Йорк, жевал залежавшийся «вегетарианский» сэндвич, который купил в магазинчике у парковки, и размышлял о распаде протонов и дайсоновском сценарии вечной жизни. Как его разумные черные облака, будь они созданы хоть из космической пыли, хоть из электронно-позитронной плазмы, будут коротать эоны в холодной темной Вселенной? Какими страстями будет проникнуто бесконечное множество их вечно замедляющихся мыслей? Ведь, как заметил однажды альтер эго Элви Зингера, вечность – это очень долго, особенно под конец. Может быть, они будут играть в космические шахматы, в которых каждый ход займет триллионы лет. Но даже в таком темпе они переберут все возможные шахматные партии за каких-нибудь $(10^{3310})^{70}$ лет – задолго до окончательного распада выгоревшего звездного шлама. А что потом? Придут ли они к выводу Джорджа Бернарда Шоу (который он сделал в возрасте 92 лет), что перспектива личного бессмертия – это «невообразимый кошмар»? Или, по крайней мере субъективно, почувствуют, что время бежит слишком быстро?

Так что для меня стал некоторым облегчением разговор с Лоуренсом Крауссом, состоявшийся через несколько дней. Крауссу уже за шестьдесят, однако вид у него по-прежнему

²⁹ Об Эдуарде Виттене см. также эссе «Роман с математикой» и «Войны вокруг теории струн» в этом же сборнике. – Прим. науч. ред.

мальчишеский; он руководит проектом *Origins* при Университете штата Аризона и входит в число физиков, которые заключили, что космос расширяется с ускорением, из чисто теоретических соображений еще до появления астрономических данных.

– Похоже, мы живем в худшей из возможных вселенных, – сказал мне Краусс: было видно, что ему самому очень нравится эта нота анти-лейбнищевского пессимизма. – Если расширение с ускорением продолжится, наши знания с течением времени будут сокращаться. Остаток Вселенной буквально исчезнет на глазах, причем на удивление скоро – в ближайшие 10–20 миллиардов лет. И жизнь обречена, с этим согласен даже Фримен Дайсон. Но есть и хорошие новости: мы не можем доказать, что живем в худшей из возможных вселенных. Не существует конечного набора данных, который позволил бы нам предсказать судьбу мироздания с точностью. На самом деле это даже и неважно. Ведь я, в отличие от Фримена, считаю, что мы обречены, даже если расширение с ускорением окажется лишь временным.

А как же представления Дайсона о цивилизации разумных облаков пыли, вечно живущих в расширяющейся вселенной и развлекающихся бесконечным числом мыслей на конечном запасе энергии?

– Как выяснилось, в основном по математическим причинам, бесконечное множество мыслей возможно лишь при частых длительных периодах анабиоза, – ответил Краусс. – Придется спать все дольше и дольше и просыпаться, чтобы подумать, лишь ненадолго – ну прямо как какой-нибудь старенький физик. Но что тебя разбудит? У меня есть дочка-подросток, и я знаю, что если ее не разбудить, она так и будет спать вечно. Черному облаку понадобится будильник, который будет будить тебя бесконечное множество раз на конечном запасе энергии. Когда мы с коллегой об этом сказали, Дайсон тут же сочинил симпатичный будильничек, который так может, но мы ему сказали, что будильничек в конце концов распадется по законам квантовой механики.

Значит, какой бы ни была судьба космоса, для разумной жизни в долгосрочной перспективе все безнадежно. Но нельзя забывать, добавил Краусс, что долгосрочная перспектива – это очень нескоро. Он рассказал, как однажды был в Ватикане на встрече, посвященной будущему Вселенной:

– Там было человек пятнадцать – теологи, несколько космологов, кое-кто из биологов. Идея была в том, чтобы найти общий язык, но через три дня стало ясно, что нам нечего друг другу сказать. Когда теологи говорят о «долгосрочной перспективе» и поднимают вопросы о воскресении и тому подобном, они на самом деле имеют в виду краткосрочную перспективу. У нас даже масштабы разные. Когда говоришь про 10^{50} лет, у теологов глаза становятся квадратные. Я им говорил, что им нужно обязательно выслушать, что я им скажу, это важно, поскольку если теология имеет отношение к действительности, она не должна противоречить науке. Но при этом я думал: «Неважно, что я им скажу: все равно теология не имеет отношения к науке».

Я знаю по крайней мере одного космолога, который был бы рад адаптировать теологию к физике, особенно если речь идет о конце Вселенной. Это Фрэнк Типлер, профессор из Университета Тулейна в Новом Орлеане. В 1994 году Типлер опубликовал весьма своеобразную книгу «Физика бессмертия» (Tipler, F., *The Physics of Immortality*), в которой утверждал, что Большое сжатие будет самым счастливым концом для мироздания. В последние мгновения перед вселенской аннигиляцией высвободится бесконечное количество энергии, рассуждал Типлер, а это подхлестнет бесконечное количество вычислений, которое породит бесконечное множество мыслей – субъективную вечность. Все, кто когда-нибудь существовал, «воскреснут» в оргии виртуальной реальности, что довольно точно соответствует представлениям верующих о небесах. Таким образом, в момент, когда физический космос придет к скоростному концу при Большом сжатии, ментальный космос продолжит жизнь вечную. Свой блаженный эсхатологический сценарий Типлер назвал «Точка Омега».

Не испортили ли такую картину новости о расширении Вселенной с ускорением? Типлер, когда мы с ним беседовали, ясно дал понять, что нет, не испортили.

– У Вселенной нет выбора, кроме как расшириться до максимальных размеров, а затем сжаться в финальную сингулярность, – объяснил он протяжно, с густым южным акцентом. (Типлер родился в Алабаме и сам себя называет «деревенщиной».) А любой другой космический финал, сказал он, нарушает закон квантовой механики – так называемую унитарность. Более того, «Известные законы физики требуют, чтобы разумная жизнь сохранилась до конца времен и обрела власть над Вселенной».

Когда я сказал, что Фримен Дайсон (в числе прочих) не понимает, почему это так обязательно, Типлер раздраженно воскликнул:

– Я же был в Пр-ринстоне в ноябр-ре и все ему р-растолковал! Р-растолковал!

А потом растолковал и мне. Его рассуждения сложны и пространны, но суть их в том, что разумные существа должны дожить до самого конца, чтобы, так сказать, подправить Большое сжатие и не дать ему нарушить другой закон квантовой механики – предел Бекенштейна. Так что наша вечная жизнь строится на логике космоса как таковой.

– За нас законы физики! – гремел Типлер. – Кто может быть пр-ротив нас?!

Мысль Типлера о бесконечных веселых забавах перед самым Большим сжатием оказалась для меня соблазнительной, по крайней мере более соблазнительной, чем представления Дайсона о сообществе все более и более разреженных черных облаков, которые отражают натиск холода при вечном Великом охлаждении. Но если Вселенная и в самом деле расширяется с ускорением, и то, и другое – досужие мечты. Выжить в долгосрочной перспективе можно только одним способом – унести ноги. Но как удрать из умирающей Вселенной, если, как верно подметил маленький Элви Зингер, Вселенная – это все на свете?

Есть человек, который утверждает, будто знает ответ на этот вопрос. Зовут его Митио Каку. Это физик-теоретик из Нью-Йоркского городского колледжа, а выглядит и говорит он точь-в-точь как мистер Сулу из «Звездного пути». Его судьбы нашей Вселенной ничуть не тревожат.

– Если твой корабль тонет, всегда можно сесть в шлюпку и уплыть, – сказал он мне.

Мы, земляне, так не можем, добавляет Каку. А все потому, что принадлежим всего лишь к цивилизациям первого типа, способным распоряжаться энергией только одной планеты. Но когда-нибудь, с учетом разумных темпов экономического роста и научно-технического прогресса, мы сможем повысить свой уровень и перейти в цивилизации второго типа, которые контролируют энергию звезды, а затем – в цивилизации третьего типа, способные подчинить себе энергию целой галактики. А потом мы сможем играть со всем пространством-временем. У нас появится возможность открыть кротовую нору и ускользнуть по ней в новенькую вселенную.

– Разумеется, на развитие цивилизации третьего типа может уйти и сто тысяч лет, – добавил Каку, – но ведь у нас в запасе триллионы лет до тех пор, когда во Вселенной станет по-настоящему холодно.

В беседе со мной Каку сделал особый упор на то, что представителям такой цивилизации будет необходимо еще одно – единая теория физики, которая покажет, как стабилизировать кротовую нору, чтобы она не исчезла до того, как они успеют сбежать. Самый верный кандидат на теорию великого объединения на сегодняшний день – теория струн, но она так сложна, что никто, даже Эд Виттен, не знает, как привести ее в действие. Мысль, что Вселенная, возможно, умирает, не навевает на Митио Каку ни малейшего уныния.

– Более того, я в восторге, поскольку это заставит нас разгадать теорию струн – по-настоящему заставит, – сказал Каку. – Многие говорят: «А что для меня, собственно, сделала теория струн? Может, у меня теперь телевизионная антенна лучше ловит?» А я им объясняю, что теория струн – или любая другая теория великого объединения, какой бы она в конце концов

ни оказалась, – может стать нашей последней и единственной надеждой пережить гибель этой Вселенной.

Хотя другие космологи грубо отмахиваются от сценария спасательной шлюпки, который предлагает Митио Каку – «неплохой сюжет для фантастического рассказа», как сказал один из них, «фантастика почище “Звездного пути”», как заметил другой, – мне он понравился. Но потом я начал думать. Чтобы стать цивилизацией третьего типа, у которой хватит могущества, чтобы построить стабильную кротовую нору, ведущую в другую вселенную, нужно обрести контроль над всей Галактикой. Это значит, что придется колонизировать примерно миллиард планет, пригодных для обитания. Но если будущее выглядит именно так, значит, почти все разумные наблюдатели, которые когда-либо будут существовать, будут жить на каких-то из этого миллиарда планет. Тогда как же получилось, что мы с вами сидим на планете-прародительнице, находящейся у самых истоков этого процесса? Шансы оказаться в таком уникальном положении – быть представителем первых людей, почти что Адамом или Евой – составляют один на миллиард.



Смутные сомнения по поводу неправдоподобия теории спасательной лодки по Митио Каку значительно окрепли после беседы с Дж. Ричардом Готтом III, астрофизиком из Принстона. Готт известен смелыми количественными прогнозами по долговечности разных вещей – от бродвейских мюзиклов вроде «Кошек» и американской космической программы до разумной жизни во Вселенной. Эти прогнозы он основывает на так называемом принципе Коперника, который, в сущности, гласит, что *в нас нет ничего особенного*.

– Если жизнь во Вселенной сохранится еще надолго, почему мы с вами живем всего через 14 миллиардов лет после начала времен? – спросил меня Готт с невероятным теннессийским акцентом, причем интонация у него то и дело прыгала вверх на октаву, будто у Дон Кихота. – Очень огорчительно, что наш вид насчитывает всего двести тысяч лет. Если в грядущие эпохи должно появиться множество процветающих разумных видов, произошедших от нас, почему нам так повезло оказаться среди первых?

Быстрые расчеты на первом подвернувшемся клочке бумаги позволили Готту определить, что с вероятностью 95 % человечество просуществует еще больше 5100 лет, но вымрет за 7,8 миллионов лет (кстати, эта продолжительность жизни примерно совпадает с другими видами млекопитающих, которые, как правило, вымирают примерно через 2 миллиона лет после возникновения). Готт не склонен к досужим рассуждениям на тему того что же нас прикончит – биологическое оружие, падение астероида, взрыв сверхновой неподалеку, а может быть, нам просто наскучит жить. Однако от беседы с ним у меня осталось чувство, что даже если Вселенная расширяется с ускорением, это должно тревожить нас меньше всего.

Несмотря на пессимистический настрой рассуждений Готта, разговор у нас вышел бойкий и оживленный. Более того, все космологи, с которыми я до сих пор беседовал, были склонны обсуждать эсхатологические материи бодро и весело, даже Лоуренс Краусс, тот самый, кто говорил, что мы живем в худшей из возможных вселенных («Отличное слово “эсхатология”, – говорил Краусс. – Я его и не знал, а впервые услышал, когда выяснилось, что я этим и занимаюсь»).

Так что же, перспектива, что наша Вселенная распадется и исчезнет, ни у кого не вызывает ни раздражения, ни меланхолии? Я подумал о Стивене Вайнберге, нобелевском лауреате по физике, который в своей книге «Первые три минуты», вышедшей в 1977 году, мрачно заметил: «Чем более постижимой представляется Вселенная, тем более она кажется бессмыслен-

ной»³⁰. Именно пессимистический вывод, который делает Вайнберг в этой книге – он написал, что цивилизацию ждет космическое вымирание либо от бесконечного холода, либо от невыносимого жара, – вдохновил Фримена Дайсона на сценарий вечной жизни в расширяющемся космосе.

Я позвонил Вайнбергу в Техасский университет, где он преподает.

– О, решили послушать, что скажет старый брюзга? – гулко прорычал он в трубку.

И начал с головокружительной теоретической экспозиции, которая подвела к соображению, уже мне знакомому: на самом деле неизвестно, что вызывает нынешнее расширение Вселенной с ускорением и будет ли оно продолжаться вечно. Естественнее всего предположить, что будет, добавил Вайнберг. Но экзистенциальные следствия волновали его мало.

– Для нас с вами и всех остальных, кто живет сейчас, Вселенная кончится меньше чем через 10 лет, – сказал он. Вайнберг склонен к оригинальной иронии, что показывает, что он такой же весельчак, как и другие космологи. – Вселенную ждет конец, и это, возможно, трагично, но и доля комического здесь есть. Постмодернисты и социологи-конструктивисты, республиканцы, социалисты и священнослужители всех конфессий – все они получили неисчерпаемый источник развлечений.



Пора подвести эсхатологические итоги. У космоса есть три варианта конца: Большое сжатие (коллапс), Большое охлаждение (вечное расширение в постоянном темпе) и Большой распад (вечное расширение с ускорением). У человечества тоже есть три варианта конца: вечное процветание, вечная стагнация или вымирание. И судя по мнениям, высказанным всеми выдающимися космологами, теоретически возможна любая комбинация пунктов из колонки А и колонки Б. Мы можем вечно процветать в виртуальной реальности при Большом сжатии или в виде расширяющихся черных облаков при Большом охлаждении. Мы можем спастись при Большом сжатии, охлаждении и распаде, создав кротовую нору в новую вселенную. Мы можем погибнуть, сгорев при Большом сжатии или оказавшись в изоляции и задохнувшись при Большом распаде. Мы можем оказаться обречены на вечный застой – без конца крутить в голове одни и те же мысли или заснуть навечно из-за поломки будильника при Большом охлаждении. Один выдающийся физик, с которым я беседовал, Андрей Линде из Стэнфордского университета, даже говорил, что мы не можем исключить возможность, что *после* Большого сжатия будет еще что-то. Однако какие бы увлекательные сценарии и теории ни разворачивали те, кто занимается космической эсхатологией, на самом деле их положение очень похоже на положение директоров голливудских студий: никто ничего не знает.

И все же у маленького Элви Зингера хорошая компания: не он один тоскует из-за судеб мироздания, как бы расплывчато они ни были обрисованы. В конце XIX века многие мыслители, в том числе Суинберн и Генри Адамс, так же огорчались при мысли о тепловой смерти Вселенной из-за энтропии, которая тогда казалась неизбежной. В 1903 году Бертран Рассел описывал свое «неутолимое отчаяние» при мысли, что «все многовековые труды, вся преданность, все вдохновение, все полуденное сияние человеческого гения обречены на гибель при катастрофической смерти солнечной системы, и весь храм достижений Человека неизбежно будет погребен под руинами рухнувшей Вселенной». Однако пройдет несколько десятков лет, и Рассел объявит подобные многоречивые описания вселенской тоски «чушью» и даже последствиями «несварения».

А зачем нам, собственно, чтобы Вселенная жила вечно? Понимаете, у Вселенной или есть цель, или нет. Если нет, это абсурдно. Если есть, варианта два: либо цель будет когда-нибудь

³⁰ Пер. А. Беркова.

достигнута, либо нет. Если она не будет достигнута, вся Вселенная – пшик. Но если будет, то дальнейшее существование Вселенной станет бессмысленным. Так что как ни погляди, вечная Вселенная либо (а) абсурдна, либо (б) пшик, либо (в) бессмысленна в конечном итоге.

Несмотря на такую железную логику, некоторые мыслители полагают, что чем дольше живет Вселенная, тем лучше с точки зрения морали. Как сказал мне Джон Лесли, философ-космолог из Гвельфского университета в Канаде, «это верно просто из утилитаристских соображений: чем счастливее будут жить в грядущем разумные существа, тем лучше». Философы более пессимистической складки, например, Шопенгауэр, придерживались ровно противоположного мнения: жизнь в целом такая унылая, что холодная мертвая вселенная предпочтительнее, чем вселенная, где кишат разумные существа.

Если нынешнее расширение космоса с ускорением и в самом деле предвещает, что после нашей крошечной искорки цивилизации последует вечная холодная пустота, это ведь не лишает жизнь ее достоинств, верно? Да, вероятно, правда, что все, что мы делаем сегодня, не будет иметь ни малейшего значения через триллион триллионов лет, когда выгоревшие останки нашего Солнца поглотит галактическая черная дыра. По аналогии, все, что произойдет через триллион триллионов лет, не имеет ни малейшего значения для нас сегодня. В частности, как заметил философ Томас Нагель, совершенно не важно, что через триллион триллионов лет все, что мы делаем сегодня, не будет иметь ни малейшего значения.

Тогда в чем смысл космологии? Она не излечит рак, не решит проблем с производством энергии, не усовершенствует нашу сексуальную жизнь – это очевидно. Но все же нам нужно радоваться, что мы живем в первом поколении за всю историю человечества, которое способно ответить на вопрос, чем кончится Вселенная. «Меня поражает, – говорил Лоуренс Краусс, – что мы, сидя в своем захолустье не в самое интересное время в истории Вселенной, способны на основании простых законов физики делать выводы о будущем жизни и космоса. Этим надо дорожить вне зависимости от того, надолго мы здесь или нет».

Так что не забывайте, какой совет дает Монти Пайтон в классической «Галактической песне». Когда жизнь поворачивается к тебе темной стороной и ты чувствуешь себя маленьким и беззащитным, задумайся о космическом величии расширяющейся Вселенной – «и наплюй на все, что делается на Земле».

Часть восьмая. Этюды на скорую руку. Короткие эссе

Карлик-великан

Абсурдна ли жизнь? Многие считают, что да, и причины, которые они приводят, часто имеют отношение к пространству и времени. По сравнению с обширной Вселенной мы лишь бесконечно малые точки, говорят они, и быстротекущая жизнь человеческая – не более чем пятнышко на космической временной шкале.

Но почему, собственно, наши пространственно-временные габариты сами по себе делают жизнь абсурдной? Например, философ Томас Нагель утверждал, что если жизнь абсурдна только потому, что мы сейчас обладаем теми или иными размерами и долголетием, она была бы не менее абсурдна, живи мы пять миллионов лет или обладай таким исполинским ростом, что занимали бы весь космос.

Вопрос абсурдности жизни, думается мне, далек от практики, но за ним прячется другой, очень интересный: что с точки зрения Вселенной более ничтожно – наши крошечные размеры или наш краткий век? Кто мы по космическим масштабам – крошечные долгожители или, наоборот, эфемерные исполины? Или, иными словами, велики мы или малы для такой продолжительности жизни?

Чтобы подойти к ответу на этот вопрос, лучше всего поискать какую-то фундаментальную единицу пространства-времени, которая сделает два эти параметра сопоставимыми. Здесь придет на помощь современная физика. В попытках объединить теории, описывающие очень большое (общая теория относительности Эйнштейна) и очень маленькое (квантовая механика) физики обнаружили, что естественно считать, что пространство-время на самых крошечных масштабах состоит из дискретных квантов – так сказать, геометрических атомов. Самая короткая длина, имеющая смысл, – это планковская длина, около 10^{-35} м (примерно на 20 порядков величины меньше протона). Самый краткий тик-так воображаемых часов (иногда его называют «хронон») – это планковское время, около 10^{-43} с (время, за которое свет проходит расстояние, равное планковской длине).

Теперь предположим, что мы строим две космические шкалы – шкалу размера и шкалу долголетия. Шкала размера тянется от самого маленького возможного размера, планковской длины, до самого большого – диаметра наблюдаемой Вселенной. Шкала долголетия тянется от кратчайшего времени жизни, планковского времени, до самого долгого возможного возраста – нынешнего возраста Вселенной.

Где мы находимся на этих шкалах? По космической шкале размеров люди с их ростом один – два метра располагаются более или менее посередине. Грубо говоря, наблюдаемая Вселенная превосходит нас размерами примерно настолько же, насколько мы превосходим размерами планковскую длину. Напротив, на шкале долголетия мы очень близки к верхнему концу. Количество планковских времен, составляющих человеческую жизнь, несопоставимо больше, чем количество человеческих жизней, составляющих возраст Вселенной. «Часто говорят об эфемерности нашего существования, – заметил физик Роджер Пенроуз, – но [на таком масштабе] мы живем более или менее столько же, сколько сама Вселенная!»

Тогда нам, людям, разумеется, нет никакого смысла страшиться нашей конечности и временности. *Sub specie aeternitatis*, мы сохраняемся чудовищно долго. Но вот исключительная мелкость размеров, – это, несомненно, повод для неловкости.

Но так ли это? В философской повести Вольтера «Микромегас» великан со звезды Сириус посещает планету Землю, где с помощью увеличительного прибора в конце концов

замечает в Балтийском море корабль, полный людей. Поначалу он изумляется, обнаружив, что эти «невидимые насекомые», созданные в «бездне бесконечно малого», по всей видимости, обладают душой. Затем он задается вопросом, не служит ли их миниатюрность знаком превосходства. «О разумные атомы, – обращается он к ним. – Вы на своей планете, несомненно, должны вкушать одни только чистые радости. В вас столь мало материи, вы кажетесь воплощением духовного и жизнь свою, видимо, проводите в наслаждениях и размышлениях, ибо в этом и состоит истинная жизнь духа». В ответ микроскопические люди осыпают его философскими бессмыслицами из Аристотеля, Декарта и Фомы Аквинского, и великана разбирает смех.

А если бы мы были больше, стали бы мы не такими нелепыми? Скорее всего, нет, но здоровее не стали бы точно. Возьмем, к примеру, человека ростом 60 футов (примерно 18 метров; пример мы позаимствовали у биолога Дж. Б. С. Халдейна из его прелестной заметки «О целесообразности размера»³¹). Этот великан будет не только в десять раз выше обычного человека, но и в десять раз шире и толще. Так что общий вес его окажется в тысячу раз больше. Увы, сечение его костей стало бы больше лишь в сто раз, поэтому на каждый квадратный сантиметр его костной структуры пришлось бы в десять раз больше веса, чем на квадратный сантиметр человеческих костей. Но при нагрузке вдесятеро больше нормального веса бедренная кость человека ломается. Следовательно, как только восемнадцатиметровый человек сделает шаг, он сломает бедро.

Если мы, люди, по космическим масштабам до смешного малы для нашей продолжительности жизни, пусть некоторым утешением для нас послужит удивительная сложность нашей формы. Об этом писал Джон Донн в «Обращениях к Господу в час нужды и бедствий»: «Человек состоит из большего числа членов, большего числа частей, чем мир. Если все члены человеческого тела протянуть и распространить настолько, насколько велико то, что соответствует им в мире, то Человек был бы Великаном, а мир – Карликом»³².

³¹ Пер. Г. Фельдмана.

³² Пер. А. Нестерова.

Конец близок

Случалось ли вам лежать ночью без сна, размышляя о том, почему вы живы и живете именно сейчас? Как так вышло, что ваше личное сознание возникло несколько десятков лет назад, а не, скажем, при правлении Антонинов или через десять миллионов лет? Если вы о таком задумываетесь и мыслите достаточно строго, вероятно, вы пришли к кошмарному выводу: род человеческий обречен, и конец очень близок.

По крайней мере, именно так думают некоторые космологи и философы. Их логика получила название «аргумент Судного дня» или «теорема о конце света». Она примерно такова: предположим, что человечество ждет счастливое будущее и оно сохранится еще на несколько миллионов лет. Почему бы и нет? Солнце прожило еще половину своей жизни в десять миллиардов лет. Население Земли способно стабилизироваться на отметке примерно в 15 миллиардов, а может быть, наши потомки даже колонизируют другие части Галактики, что позволит им стать значительно более многочисленными.

Но подумайте, что из этого следует: практически все люди в истории человечества будут жить лишь в отдаленном будущем. Это значит, что мы с вами крайне необычны. Предположим – это весьма консервативная оценка – что каждые десять лет до момента выгорания Солнца будет рождаться миллиард человек. Это составит 500 квадрильонов человек. А с момента возникновения человечества до сегодняшнего дня жили максимум 50 миллиардов человек. То есть мы с вами попали в первые 0,00001 % всех особей вида *homo sapiens* во Вселенной. Неужели мы и в самом деле настолько уникальны?

А теперь, напротив, предположим, что человечество вот-вот исчезнет с лица земли, что нас поджидает буквально за углом тот или иной апокалипсис. Тогда со статистической точки зрения вполне логично, что мы живем именно сейчас. Ведь сегодня на Земле живет больше семи миллиардов из 50 когда-либо живших, и если впереди у нас нет никаких грядущих эпох, вероятность существовать именно сейчас несказанно высока. Вывод: конец близок.

Неприятная логика – даже если учесть, что она такая же умозрительная, как и большинство априорных аргументов. По лаконичности предпосылок и экстравагантности вывода она соперничает даже с аргументацией св. Ансельма, который сделал вывод о существовании Бога из идеи совершенства, или с логикой Дональда Дэвидсона, который доказал, что большая часть всего, во что мы верим, истинна, иначе наши слова не относились бы к тому, к чему нужно.

Насколько нам известно, теорема о конце света была впервые сформулирована на заседании Королевского общества в Лондоне в 1983 году. По всей видимости, ее автор – Брэндон Картер, австралийский астрофизик, известный своими работами по черным дырам. За десять лет до этого Картер ввел в обращение понятие «антропного принципа», вызвавшее много споров. Антропный принцип призван объяснить, почему законы физики именно таковы, каковы они есть: будь они другими, жизнь не возникла бы, а следовательно, не было бы и нас и мы не могли бы наблюдать эти законы. То есть мы живем именно в этой Вселенной, поскольку альтернативные вселенные не подходят для разумной жизни. В своем докладе Королевскому обществу Картер предположил, что то же самое можно сказать и о времени: мы живем именно в эту эпоху, поскольку прошлое и будущее по причинам, которые мы не до конца понимаем, для нас не подходят. Как часто бывает с интересными космологическими идеями, за теорему о конце света вскоре ухватились философы, в первую очередь – Джон Лесли из Гвельфского университета в Онтарио.

Очень может быть, что теорема о конце света вызывает у вас, читатель, скептицизм или откровенное презрение. Какой-то в ней видится логический подвох. Разве можно делать из абстрактных рассуждений настолько далеко идущие практические выводы? Однако найти в этой логике пробелы сложно. Единственное предположение, которого она требует, в высшей

степени правдоподобно: если человечество не погибнет, наша численность будет расти. А следствия из этого подтверждаются принципом теории вероятности, который известен как теорема Байеса и позволяет понять, как имеющиеся данные (мы живем сейчас) влияют на то, какую степень правдоподобия мы приписываем конкурирующим гипотезам (конец близок – конец далек).

Более того, теорема о конце света перестает казаться такой уж неправдоподобной, если учесть, сколько различных форм может принять этот самый конец света. И речь не о лихорадке Эбола, парниковом эффекте и ядерном оружии – речь о Вселенной. В нашу планету может врезаться астероид (интересно, размышляли ли над теоремой о конце света динозавры 65 миллионов лет назад). Например, 14 августа 2126 года ужасно близко от нас пролетит комета Свифта – Таттла, которую в СМИ уже прозвали Скалой Судного дня. И это еще мелочи. Полярная звезда может в любой момент превратиться в сверхновую. Более того, это кошмарное событие, может быть, уже произошло, и тогда вести о нем мчатся к Земле в виде смертоносного излучения, которое убьет нас сразу по получении.

Самый приятный сценарий – тот, при котором абсолютно все внезапно обратится в ничто. Большинство космологов считают, что Вселенная гораздо ближе к началу своей карьеры, Большому взрыву, чем к ее завершению, каким бы оно ни было – Большим сжатием или Большим охлаждением. Однако они не могут исключить, что космос «метастабилен», то есть он в любой момент способен спонтанно соскользнуть на низший энергетический уровень. Случись такое, и где-то безо всякого предупреждения возникнет пузырек «истинного вакуума» и начнет расширяться со скоростью света. Его стенки будут нести с собой колоссальную энергию, мгновенно разрушая все на своем пути – целые звездные системы, галактики, кластеры галактик, а в конце концов – всю Вселенную. Вот он, спекулятивный пузырь, которого стоит бояться.

Смерть. Так ли это плохо?

Когда мы говорим, что надо относиться к чему-то философски, то имеем в виду, что нужно смотреть на это спокойно, без иррациональной тревоги. И эталон того, к чему нужно относиться философски, – это смерть. Считается, что здесь нужно брать пример с Сократа. Когда афинский суд приговорил его к смерти за богохульство, он безмятежно выпил смертоносную чашу цикуты. Смерть, сказал он друзьям, может быть концом всего – и в этом случае она похожа на долгий сон без сновидений, а может быть переселением души из одного места в другое. В любом случае бояться нечего.

Цицерон говорил, что философствовать – значит учиться умирать. Лаконично, но ошибочно. Философия этим отнюдь не ограничивается. Вообще говоря, философию интересуют три вопроса: на чем держится мир (метафизика), как оправдать наши убеждения (эпистемология) и как жить (этика). В принципе, вопрос, как умирать, относится к третьей теме. Если хочется обрести в этой области риторическую гибкость, можно даже сказать, что, учась умирать, мы учимся жить.

Примерно такими соображениями вдохновлялся Саймон Кричли, когда писал свою «Книгу мертвых философов», опубликованную в 2003 году³³. Всепроникающий страх смерти стал определяющей чертой буржуазной жизни современного Запада, утверждает Кричли, профессор философии в Университете «Новая Школа» в Нью-Йорке. (Не раз и не два он подчеркивает, что писал эту книгу на высоком холме, откуда открывался вид на Лос-Анджелес, который из-за особенно острого «ужаса аннигиляции» может претендовать на звание мировой столицы смерти.) Кричли полагает, что пока мы боимся смерти, мы не можем быть по-настоящему счастливы. А чтобы преодолеть этот страх, стоит взять пример с философов. «Я хочу защитить сам идеал философской смерти», – пишет он.

После чего автор увлекает читателя в краткую, поверхностную и зачастую забавную экскурсию по истории философии и дает обзор жизни и смерти примерно 190 философов с древних времен до наших дней. Далеко не все они умерли педагогично, как Сократ. Скажем, Платон умер, вероятно, заеденный вшами. Ученый-энциклопедист Ламетри, живший в эпоху Просвещения, объелся паштета с трюфелями. Были и случайные смерти – брат Монтеня погиб от попадания теннисного мяча, Руссо – от кровоизлияния в мозг, причиной которого, вероятно, было то, что его сшиб с ног пробежавший мимо датский дог, а Ролана Барта сбил фургон из химчистки, когда мыслитель возвращался с обеда в обществе политика Джека Лэнга. Американский прагматик Джон Дьюи, проживший больше девяноста лет, встретил самый банальный конец на свете – сломал шейку бедра и впоследствии умер от пневмонии.

Кричли пишет с юмором и лукавством и вовсе не чурается телесной природы своих героев. Он вволю потешается над бобами (есть которые запрещали Пифагор и Эмпедокл) и кишечными газами (Метрокл объелся бобов и испустил газы во время репетиции своей лекции, и это привело его в такое смущение, что он покончил с собой). Нам рассказывают о нарывах на гениталиях у Маркса, о копрофагии Ницше, вызванной сифилисом, о раковой опухоли на щеке Фрейда, которая испускала такое зловоние, что отпугивала его любимую собаку чау-чау. Есть и моменты, достойные Вуди Аллена, например, когда умирающий Демокрит «приказал принести в свой дом множество горячих буханок хлеба. Прикладывая хлеб к ноздрям, он умудрился каким-то образом отложить свою смерть». Приводит Кричли и последние слова – самые прекрасные, пожалуй, принадлежат Генриху Гейне: «Господь меня простит. Это его работа».

³³ Здесь и далее пер. П. Миронова.

Как же выработать в себе мудрость, необходимую, чтобы встретить смерть? Едва ли удастся сделать из всех этих описаний смерти философов какой-либо однозначный вывод. Монтень, чтобы подготовиться к концу, приучил себя к постоянному присутствию смерти, причем не только в воображении, но и на языке. Спиноза, наоборот, утверждал, что свободный человек менее всего размышляет о смерти. Вероятно, умереть по-философски – это просто умереть бодро и весело. Идеалом может служить Дэвид Юм, который на вопрос, страшит ли его мысль о полном исчезновении, отвечал: «Ни в малейшей степени».

Мысль, что смерть – это не так уж и плохо, придает внутренней свободы; но верна ли она? Философы древности в целом были склонны так думать, и Кричли, как и Юм, симпатизирует подобной точке зрения. «Философ смотрит смерти в лицо и имеет достаточно сил, чтобы заявить о том, что она ничего не значит», – пишет он. Существуют три классических аргумента, согласно которым бояться смерти нерационально, и все они следуют из воззрений Эпикура и его последователя Лукреция. Если смерть – это полное уничтожение, гласит первый аргумент, то после смерти ничего неприятного не будет и тревожиться не о чем. Как говорит Эпикур, есть смерть – нет меня, есть я – нет смерти. Согласно второму аргументу, неважно, когда ты умрешь, молодым или старым, поскольку в любом случае ты будешь мертв вечно. Третий аргумент указывает, что небытие после смерти – не более чем зеркальное отражение небытия до рождения. Почему первое должно тревожить больше второго?

Увы, все три аргумента не приводят к достаточно надежным выводам. Американский философ Томас Нагель в своем эссе «Смерть», написанном в 1970 году, выявил ошибки в первом. Если какой-то опыт не кажется тебе неприятным и даже вообще не воспринимается, это не значит, что он ничем не плох. Предположим, пишет Нагель, умный и образованный человек после черепно-мозговой травмы приходит в состояние всем довольного младенца. Для человека это, безусловно, страшное несчастье. Разве нельзя сказать то же самое о смерти, при которой утрата еще тяжелее?

Так же неудачен и второй аргумент. Из него следует, что кончина Джона Китса в 25 лет – такое же горе, как смерть Льва Толстого в 82 года, поскольку оба они теперь будут мертвы вечно. Главная странность этого аргумента, как подметил английский философ Бернард Уильямс (ныне покойный), состоит в том, что он противоречит первому. Да, количество времени, которое человек провел на Земле, наслаждаясь радостями жизни, и в самом деле математически не убавляет вечность после смерти. Но количество времени, которое ты проводишь мертвым, важно только в том случае, если в этом состоянии есть что-то нежелательное.

Третий аргумент, согласно которому бояться небытия после смерти не более разумно, чем небытия до рождения, при ближайшем рассмотрении тоже рушится. Как заметил Нагель, между двумя безднами, обрамляющими человеческую жизнь во времени с двух сторон, наблюдается существенная асимметрия. Время после смерти – это время, которого смерть тебя лишает. Ты мог бы прожить дольше. Но во время до рождения ты существовать не мог. Если бы тебя зачали раньше, у тебя была бы совершенно другая генетика, а значит, и другая личность. Иными словами, это был бы уже не ты.

Воспитывать у себя безразличие к смерти нелогично не только с философской точки зрения. Это может быть и опасно с точки зрения морали. Если моя смерть – ничто, стоит ли так волноваться из-за чужих смертей? Подход Эпикура – наслаждайся каждым моментом жизни и не тревожься о смерти – на поверку пуст, примером чего и служит история Джорджа Сантаяны, одного из мертвых философов из книги Кричли. Сантаяна ушел из Гарварда и поселился в Риме, где его и обнаружили американские солдаты после освобождения Италии в 1944 году. Когда один журналист из *Life* спросил его о войне, Сантаяна дал напыщенный и совершенно бессмысленный ответ: «Я ничего не знаю, я живу в Вечности».

Полная противоположность – Мигель де Унамуно, испанский философ XX века, которого Кричли по непонятным причинам не включил в свою книгу. Никто не боялся смерти

больше Унамуно, который писал: «В детстве меня совершенно не трогали самые яркие живописания преисподней, поскольку уже тогда ничего не страшило меня сильнее самого небытия». В 1936 году Унамуно, рискуя попасть под самосуд фалангистов, выступил с гневным обличением франкистского приспешника Хосе Мильяна-Астрау. Унамуно поместили под домашний арест, и десять недель спустя он скончался. Неудивительно, что особое отвращение вызывал у него боевой клич испанских фашистов «*¡Viva la muerte!*» – «Да здравствует смерть!»

Зеркальная война

Много лет назад я бродил по тихим старым улицам в Нижнем Ист-Сайде в Нью-Йорке и случайно очутился в странном магазинчике. Торговали в этом магазинчике только одним товаром – зеркалами, которые не меняют местами право и лево: продавцы называли их «истинные зеркала». Одно из таких зеркал стояло в витрине. Я взглянул на собственное отражение в нем и ужаснулся: какое, оказывается, перекошенное у меня лицо, какая кривая улыбка, так мерзко выглядит пробор на непривычной стороне головы! Тут до меня дошло, что передо мной мое настоящее изображение, то, что видит мир. А отражение, к которому я привык, то, что я вижу в обычном зеркале, – на самом деле портрет моего непохожего двойника, у которого право и лево не там, где у меня.

В том, что обычные зеркала меняют местами право и лево, нет ничего странного – не так ли? Право и лево – просто названия двух направлений по горизонтальной оси, параллельной плоскости зеркала. Вертикальные направления, параллельные плоскости зеркала, называются верх и низ. Однако оптика и геометрия отражения по всем осям, параллельным зеркалу, одинаковы. Так почему же зеркало по-разному обращается с горизонтальной и вертикальной осью? Почему право и лево оно меняет местами, а верх и низ – нет? На первый взгляд это глупый вопрос. «Когда я машу правой рукой, мой зеркальный двойник машет левой, – скажете вы. – Когда я трясую головой, нельзя же ожидать, что мой зеркальный двойник дрыгнет ногой!» Все это верно, но вполне можно было бы ожидать, что вы отразитесь в зеркале вверх ногами и ноги у двойника окажутся там, где у вас голова – точно так же, как ваша левая рука оказывается там, где у него правая.

Пусть вопрос и глупый, а он не дает покоя философам вот уже более полувека. Насколько я могу судить, он был сформулирован в начале пятидесятых в качестве побочного эффекта в ходе диспутов о теории пространственных отношений Иммануила Канта. В своей книге «Этот правый, левый мир» (1964)³⁴ популяризатор науки Мартин Гарднер подлил масла в огонь, заявив, что этот парадокс строится на ложной предпосылке. Зеркало не меняет местами право и лево, утверждает Гарднер, оно меняет местами перед и зад по оси, перпендикулярной зеркалу. Если смотришь на север, твоё зеркальное отражение смотрит на юг, но восточная рука остается напротив восточной руки. По словам Гарднера, нам просто «удобно» говорить, что право и лево у нашего изображения расположены наоборот, поскольку мы от природы двусторонне симметричны. В семидесятые годы философ Джонатан Беннетт написал статью, где подерживал предложенный Гарднером ответ на «умеренно знаменитую задачу о зеркале», как ее теперь иногда называют.

Однако радость по поводу решения оказалась преждевременной. В 1974 году философ Нед Блок опубликовал в *The Journal of Philosophy* пространную статью со множеством схем и графиков, где пришел к выводу, что вопрос «Почему зеркало меняет местами право и лево, но не верх и низ?» имеет по крайней мере четыре разные интерпретации. Блок утверждал, что Гарднер и Беннетт грубо объединили эти четыре интерпретации, и подчеркивал, что в двух из них зеркало и в самом деле меняет местами право и лево. Через три года английский философ Дон Локк опубликовал в *The Philosophical Review* не менее пространную статью, где объявил, что Блок был «прав лишь наполовину». И заявил, что зеркала и в самом деле меняют местами право и лево во всех релевантных смыслах.

Когда читаешь и эти статьи, и все дальнейшие, невозможно удержаться от мысли, что задача о зеркале не поддается философским рассуждениям. Мыслители никак не могут договориться о самом простом. Например: встаньте к зеркалу боком, плечом к плечу с вашим отра-

³⁴ В русском переводе – М., Мир, 1967.

жением. Теперь ваша горизонтальная ось, идущая вправо и влево, перпендикулярна поверхности зеркала. Гарднер и Беннетт утверждают, что в этом и только в этом случае зеркало и в самом деле меняет местами право и лево. Блок и Локк утверждают, что в этом и только в этом случае право и лево у вас и у вашего зеркального двойника полностью соответствуют (лично я только что сбегал к зеркалу в спальне ради этого эксперимента и, похоже, очутился в лагере Блока – Локка. Моя правая рука и правая рука моего зеркального двойника направлены на восток; однако же часы он носит на правом запястье, а я – на левом).

Вероятно, разгадка задачи о зеркале кроется в том, что пара «право-лево» не вполне аналогична паре «верх-низ», однако уловить это нарушение аналогии не так-то просто. Обе пары направлений зависят от ориентации тела, в отличие, скажем, от пар «запад-восток» или «небо-земля». Но, как подтвердит любой ребенок, различать право и лево гораздо труднее, чем верх и низ. Человеческое тело по вертикальной оси не обладает грубой асимметрией (есть, конечно, сердце, но его не видно). Поэтому право и лево приходится определять через понятия «перед» и «голова»: левая рука – та, которая находится к западу, когда ты стоишь на земле лицом к северу. Это останется правдой, даже если хирург отрежет тебе обе руки и поменяет их местами.

Так что «лево-право» с логической точки зрения паразитирует на «перед-зад», а «верх-низ» – нет. А зеркало меняет местами перед и зад, тут никто не станет спорить. Вот почему оно с неизбежностью меняет местами также право и лево – если меняет, что и по сей день остается неясным.

Утомились от этих споров? Хотя магазинчика, который я нашел в Нижнем Ист-Сайде, давно уже нет, «истинное зеркало» можно заказать в Интернете. Только не пытайтесь перед ним бриться – все лицо себе изрежете.

Астрология и проблема демаркации

Одна из фундаментальных проблем философии науки – так называемая проблема демаркации: что отличает науку от псевдонауки и не-науки? Например, что делает теорию эволюции научной, а креационизм ненаучным?

Философы науки подходят к этой проблеме, вообще говоря, с трех сторон. Один подход сводится к поискам критерия, который отделяет науку от псевдонауки, – таков, например, критерий фальсифицируемости по Карлу Попперу, который гласит, что теория научна, только если ее в принципе можно экспериментально опровергнуть. Условимся называть такой подход *методологическим позитивизмом*.

Второй подход – утверждать, что науку отличает от псевдонауки не методология, а социологический критерий: мнение «научного сообщества». Такой точки зрения придерживаются фигуры вроде Томаса Куна, Майкла Полани и Роберта К. Мертона, и ее можно назвать *элитарным авторитаризмом*.

Наконец, можно отрицать самую возможность демаркации и утверждать, что нет никаких логических оснований ставить научные представления выше ненаучных. Этот подход часто называют *эпистемологическим анархизмом*.

Самым лукавым из эпистемологических анархистов был Пауль Фейерабенд (1924–1994), чьим методологическим девизом было «сойдет все что угодно». Его добрый друг Имре Лакатос (1922–1974) придерживался противоположных взглядов: он считал, что занимает промежуточную позицию между Поппером и Куном. Лакатос не задавался вопросом, научна или ненаучна та или иная теория в отдельности, а исследовал целые исследовательские программы и относил их к «прогрессивным» либо «дегенеративным». При помощи такого противопоставления он показывал, что научный консенсус может быть рациональным, а не основываться просто на психологии толпы.

Фейерабенда это не убеждало. «Никому, в том числе Лакатосу, не удалось показать, что наука лучше колдовства и что научный прогресс происходит рационально», – писал он в заметках к статье под названием «Анархистские тезисы». Однако Лакатос не оставлял попыток убедить Фейерабенда, что его представления ошибочны, а Фейерабенд отвечал ему тем же.

Друзья-антагонисты оживленно переписывались по этому поводу, причем не обходилось без крепких выражений, да таких, что они уже не вызывают легкой улыбки. «Я очень устал, поскольку печень у меня расшалилась, что крайне некстати: от этого у меня заметно снижается желание закадрить здешних шлюх (по кампусу разгуливают роскошные экземпляры)», – писал Фейерабенд из Беркли. При этом очевидно, что друг к другу они относились прямо-таки нежно: Лакатос зачастую подписывал свои письма из Лондонской экономической школы «С любовью, Имре». Однако с философской точки зрения они за много лет переписки так и не сблизились. И неудивительно – ведь проблема демаркации стоит очень остро.

Возьмем простой на первый взгляд пример – астрологию. Все мы думаем, что астрология – псевдонаука (да простит нас Фейерабенд), но вот почему – трудно сказать. Как правило, приводят такие доводы: (1) астрология основана на магическом сознании, (2) планеты от нас очень далеко, и нет никакого физического механизма, который позволял бы им как-то влиять на судьбу и характер человека, и (3) люди верят в астрологию только потому, что жаждут утешительных объяснений. Однако первый довод справедлив и для химии, медицины и космологии. Да и второй не очень убедителен, поскольку существует множество научных теорий, которым недостает физического обоснования. Например, когда Исаак Ньютон сформулировал закон всемирного тяготения, то не мог предположить, какой механизм обеспечивает это загадочное «воздействие на расстоянии». Что же касается третьего аргумента, мы склонны верить в хорошие теории по нелогичным причинам.

Но ведь критерию Поппера о фальсифицируемости астрология точно не удовлетворяет? Или нет? Такая линия рассуждений представляется правдоподобной, поскольку гороскопы не дают точных прогнозов, а лишь указывают на общие склонности, причем довольно расплывчато. Но если такие тенденции существуют, они должны проявляться для больших выборок в виде статистических корреляций.

И многие ученые предпринимали попытки выявить такие корреляции; особо стоит отметить исследования Мишеля Гоклена, который в шестидесятые годы прошлого века сопоставил момент рождения и профессиональную карьеру 25 тысяч французов. Гоклен не нашел никакого соответствия между выбором профессии и знаком зодиака, который определяется положением Солнца в момент рождения. Однако он все-таки выявил корреляции между сферой деятельности и положением некоторых планет в момент рождения. Например, согласно астрологическим прогнозам, люди, рожденные, когда Марс в зените, чаще становятся спортсменами, а те, кто родился, когда Сатурн был на подъеме, больше склонны к научной карьере, причем в обоих случаях были найдены статистически значимые корреляции.

Итак, методом Поппера научный статус астрологии поколебать не удастся. Так, может быть, нам помогут доводы Лакатоса? Через несколько лет после смерти Лакатоса философ Пол Р. Тагард подробно разобрал случай астрологии как наглядный пример «крайне непрогрессивной» и, следовательно, псевдонаучной исследовательской программы. Объяснительная сила астрологии не повышалась со времен Птолемея, подчеркнул Тагард. Астрология полна аномалий, прояснять которые астрологическое сообщество отнюдь не рвется. И ее далеко обошли альтернативные теории личности и поведения, в том числе фрейдистская психология и генетика (тоже, впрочем, не вполне защищенные от обвинений в псевдонаучности).

Сам Лакатос, очевидно, считал астрологию псевдонаукой – наряду с целым рядом других дисциплин. «Что ходить вокруг да около? Общественные науки ничем не лучше астрологии», – писал он Фейерабенду. («Забавно, что при этом я преподаю в Лондонской экономической школе!» – добавил он.) Что касается Фейерабенда, единственное определение науки, с которым он в конце концов согласился – «все, что следует принципу общего гедонизма». А как же истина? «Да к черту любую истину! Главное – хорошенько посмеяться».

Гёдель против Конституции США

Аристотель, занимающий второе место среди логиков всех времен, был еще и специалистом по разным видам государственного устройства. Можно ли сказать то же самое о величайшем логике всех времен Курте Гёделе? Гёдель гениально умел находить парадоксы в самых неожиданных местах. Он заглянул в аксиомы математики и увидел неполноту. Заглянул в уравнения общей теории относительности и увидел «замкнутые времениподобные кривые». А еще заглянул в Конституцию США и увидел логическую ловушку, которая допускает, чтобы к власти пришел диктатор. Но прав ли он?

Итак, Нью-Джерси, 1947 год. Прошло 16 лет с тех пор, как Гёдель потряс интеллектуальный мир, доказав, что не существует логической системы, которая вместила бы все математические истины, что наряду с принципом неопределенности Гейзенберга стало символом ограниченности человеческих познаний. Гёдель уехал из Австрии в США, когда к власти пришли нацисты, и уже почти 10 лет работал в Институте передовых исследований. И вот он решил, что пора получить американское гражданство. В том же году он нашел новое интересное решение космологических уравнений Эйнштейна, согласно которому пространство-время не расширяется, а вращается. Во «вселенной Гёделя» было бы возможно пройти по кругу и вернуться в исходную точку до того, как ты ее покинул.

Однако Гёделю пришлось отвлечься от исследований путешествий во времени ради слушаний по поводу гражданства, назначенных на 5 декабря в Трентоне. Поручителями должны были стать близкие друзья Гёделя – Альберт Эйнштейн и один из основателей теории игр Оскар Моргенштерн, который в тот день должен был послужить еще и шофером. Гёдель был большой педант и решил для подготовки к экзамену досконально изучить американские политические институты. Накануне слушаний он в крайнем возбуждении позвонил Моргенштерну и сказал, что обнаружил в Конституции логическое противоречие. Моргенштерна это позабавило, но он понимал, что Гёдель абсолютно серьезен. И настойчиво посоветовал не упоминать об этом при судье, опасаясь, как бы подобные заявления не помешали Гёделю получить гражданство.

Назавтра во время короткой дороги в Трентон Эйнштейн и Моргенштерн пытались развлечь Гёделя шутками. Когда они приехали в суд, судья Филипп Форман увидел, какие у Гёделя выдающиеся поручители, и понял, что перед ним человек незаурядный. Пригласив всех троих в зал, он обменялся с Гёделем приветствиями, а затем сказал:

– До сих пор у вас было гражданство Германии?

– Нет, Австрии, – поправил его Гёдель.

– Так или иначе, ваша страна оказалась под гнетом страшной диктатуры... – продолжил судья. – К счастью, в Соединенных Штатах такое невозможно.

– Нет, возможно, и я знаю как! – закричал Гёдель и пустился в объяснения, каким образом Конституция допускает подобный поворот событий. Однако судья сказал, что ему это не очень интересно, а Эйнштейн с Моргенштерном сумели успокоить экзаменуемого. (Этот случай описывает в своей книге «В свете логики» (Feferman, S., *In the Light of Logic*, 1998) логик Соломон Феферман, который, по его словам, слышал о нем от Моргенштерна.)

Через несколько месяцев Гёдель принес присягу гражданина. В письме своей матери, оставшейся в Вене, он писал: «Возвращаешься домой с ощущением, что американское гражданство, в отличие от большинства других, и в самом деле что-то значит».

Тех из нас, кто никогда не вчитывался в Конституцию, этот исторический анекдот не может не обеспокоить. Что это за логическая брешь, которую Гёдель нашел в основном законе нашей страны? Неужели отцы-основатели невольно оставили лазейку для фашизма?

Следует помнить, что Гёдель был не только величайшим логиком, но и величайшим параноиком и, мягко говоря, слегка наивным человеком. Было в нем что-то от Пнина – милое и трогательное. Он верил в привидения, страшно боялся утечки газа из холодильника, утверждал, что розовый фламинго, которого его жена, не отличавшаяся тонким вкусом, поставила под окном, *furchtbar herzig* – «жуть какая прелесть», и был убежден, что генерала Макартура заменили двойником (к такому выводу он пришел, измерив его нос на газетной фотографии). Однако паранойя у него приобрела поистине трагический размах. Гёдель был убежден, что в мире действуют «определенные силы, чья цель – непосредственно губить добро».

Так где же оно было, это противоречие, – в Конституции или только у Гёделя в голове? Я решил проконсультироваться с выдающимся специалистом по конституционному праву профессором Лоуренсом Трайбом. Трайб не просто преподает в Гарвардской юридической школе, но и увлекался алгебраической топологией на старших курсах.

– Вряд ли Гёдель нашел в Конституции что-то вида «*p* и не-*p*», – сказал мне Трайб. – Однако, вероятно, его встревожила Статья V, которая не налагает никаких существенных ограничений на возможности вносить поправки в Конституцию. Вероятно, он истолковал это так, что если поправка предложена и одобрена предписанным образом, она входит в Конституцию автоматически, даже если отменяет определяющие черты республиканской формы правительства и исключает практически любую защиту прав человека. Но если я прав, – продолжал Трайб, – озабоченность Гёделя вызвана каким-то *non sequitur*. Нереалистично думать, будто можно составить конституцию с такой надежной защитой основного набора принципов и прав, что их нельзя будет исключить из нее законным путем. В отдельных странах, например, в Индии, некоторые принципы сделаны неотменяемыми, однако ни в коем случае нельзя сказать, что в этих странах права человека соблюдаются лучше, а демократия прочнее, чем в США.

Я обратился еще к двум-трем правоведам, и все они согласились, что Гёделя беспокоила именно Статья V. Однако действительно ли он нашел в Конституции какой-то подвох, остается загадкой – такой же, как и загадка о том, действительно ли у Ферма было «чудесное доказательство» его великой теоремы. Как жаль, что не я был судьей, проводившим слушания о гражданстве. Только представьте себе, какую возможность он упустил – а ведь мог бы податься вперед, посмотреть в глаза занервничавшему гению и сказать: «Вы, конечно, шутите, мистер Гёдель!»

Закон наименьшего действия

Представьте себе, что вы стоите на пляже поодаль от воды. До вас доносятся отчаянные крики. Вы поворачиваете голову и видите, что кто-то тонет. Решаете спасти его. Поскольку по суше бежать быстрее, чем в воде, вы пользуетесь своим преимуществом и мчитесь к точке на кромке воды напротив утопающего, а оттуда плывете прямо к нему. Ваш путь – самый быстрый способ добраться до тонущего, но он не прямой. Напротив, он состоит из двух отрезков прямой, сходящихся под углом в той точке, где вы вошли в воду.

Теперь рассмотрим луч света. Он, как и вы, движется сквозь воздух быстрее, чем сквозь воду. Если он начинает путь из точки *A* в воздухе и заканчивает в точке *B* в воде, то будет двигаться не по прямой. Сначала он пройдет отрезок из точки *A* до кромки воды, там повернет и затем снова по прямой достигнет точки *B* в воде (это называется преломление или рефракция). Луч света, в точности как вы, когда собираетесь спасти утопающего, рассматривает свою цель и затем избирает траекторию, по которой туда можно попасть быстрее всего с учетом разной скорости продвижения в двух стихиях, сквозь которые луч должен пройти.

Но ведь такого не может быть, не так ли? Наше объяснение маршрута светового луча, которое Пьер Ферма в XVII веке назвал «принципом наименьшего времени», предполагает, что свет откуда-то знает заранее, куда он должен попасть, и затем действует целенаправленно. Это называется телеологическим объяснением.

Мысль, что у всех вещей в природе есть цель и они преднамеренно стремятся к ней, восходит к Аристотелю. В физике Аристотеля конечная причина – это цель, конец, *telos*, куда стремится предмет, претерпевающий изменение. Объяснять перемену конечной причиной – значит объяснять ее с точки зрения достигнутого результата. А действующая причина, напротив, – это фактор, запускающий процесс перемен. Объяснять перемену действующей причиной – значит исходить из первоначальных условий.

Научный прогресс, в частности, иногда понимают как замену телеологических объяснений (конечной причины) механистическими (действующей причиной). Например, дарвиновская революция понимается следующим образом: черты, которые созданы словно бы с какой-то целью – например, длинная шея жирафа – объясняются как результат слепого процесса случайных мутаций и естественного отбора.

На самом деле в физике происходило обратное. В 1744 году французский математик и астроном Пьер-Луи Моро де Мопертюи выдвинул великий телеологический принцип под названием «закон наименьшего действия», который был вдохновлен идеями Лейбница (а возможно, и украден у него). Закон Мопертюи представлял собой абстрактную версию принципа наименьшего времени Ферма и гласил, в сущности, что природа всегда достигает своих целей самым экономичным образом. А что же это за «действие», на котором природа якобы экономит? Мопертюи описывал его как математическую смесь массы, скорости и расстояния.

В своей первоначальной форме закон наименьшего действия был так расплывчат, что не принес науке никакой пользы. Но вскоре его формулировку отточил великий математик XVIII века Жозеф Лагранж. В 1788 году, через сто лет после «Начал» Ньютона, Лагранж опубликовал свою знаменитую *Mécanique analytique*, которая выражала ньютоновскую систему в терминах закона наименьшего действия. В следующем веке ирландец Уильям Роуэн Гамильтон облек ту же идею конечной причины в форму, из которой можно было вывести всю ньютоновскую механику и оптику – так называемый принцип Гамильтона.

С тех пор закон наименьшего действия во всех своих обликах оказывал колоссальное влияние на развитие науки. Формулы теории относительности Эйнштейна, которая пришла на смену закону всемирного тяготения Ньютона, можно вывести из принципа действия, очень похожего на закон Мопертюи. «Высшая и самая желанная цель физической науки – свести

воедино, в один простой принцип все природные явления, которые наблюдались и будут наблюдаться, – писал Макс Планк, основатель квантовой механики. – И среди всех более или менее общих законов, знаменующих достижения физической науки в ходе последних столетий, принцип наименьшего действия... вероятно, ближе всех к идеальной конечной цели теоретических исследований».

Если закон наименьшего действия (или его современная версия) и в самом деле венец творения физики, что он говорит о мире? Означает ли он, что существует целеустремленный интеллект, который направляет все на свете так, чтобы на достижение его целей уходило как можно меньше усилий и затрат, как полагали Мопертюи, Лагранж и Гамильтон?

У нас есть один набор уравнений, который объясняет устройство мироздания в терминах действующих причин. У нас есть другой набор уравнений, который объясняет устройство мироздания в терминах конечных причин. Второй набор, возможно, проще, чем первый, и плодотворнее с точки зрения новых открытий. Но оба они описывают одно и то же положение дел и дают одни и те же прогнозы. Поэтому, как сказал Планк, «в таком случае каждый должен сам решить, какую точку зрения считать основной». Если хотите, можете быть телеологом. Если вам так больше нравится, будьте механистом. А можете не принимать никакого решения и только задаваться вопросом, не имеем ли мы дела с очередной метафизической дихотомией, которая ни на что не влияет.

Прекрасная теорема Эмми Нётер

Предположим, мы хотим назвать ту или иную теорию объективно истинной. Что это может значить? Ну, помимо всего прочего, это значит, что теория должна быть истинной для любого наблюдателя независимо от его точки зрения. То есть ее действенность не должна зависеть от того, где вы случайно очутились, куда вы случайно посмотрели и который нынче час.

Считается, что теория, не зависящая от точки зрения, обладает симметрией. В повседневной жизни словом «симметричный» описывают предметы, а не теории. Человеческие лица, снежинки и кристаллы в определенном смысле симметричны. Сфера симметрична в большей степени, чем все они, поскольку сохраняет форму, как бы мы ее ни вращали.

В этом и заключается подсказка, как определить симметрию более абстрактно. Нечто симметрично, если с ним можно сделать что-то, после чего оно будет выглядеть в точности как раньше. Такое определение придумал физик Герман Вейль (1885–1955). Говорят, что теория симметрична, если с ней можно что-то сделать, например, изменить координаты в пространстве или времени, и после этого уравнения теории будут выглядеть точно так же, как раньше. Изменение координат – это как изменение точки зрения. (Например, если изменить временную координату теории, точка зрения сдвигается с настоящего в прошлое или будущее.) Таким образом, чем больше у теории симметрий, тем универсальнее ее уравнения.

Я расставил декорации для одного из самых недооцененных открытий прошлого века: для каждой симметрии, которой обладает теория, существует закон сохранения, действующий в мире, описываемом теорией. Закон сохранения – это закон, согласно которому что-то нельзя ни создать, ни уничтожить и его количество всегда постоянно. Если теория симметрична при перемещении в *пространстве*, то есть ее уравнения не меняются при изменении пространственной точки зрения, она требует закон сохранения *импульса*. Подобным же образом, если теория симметрична при перемещении во *времени*, она требует закона сохранения *энергии*. Симметрия при сдвиге *ориентации* требует закона сохранения *момента импульса*. А другие, более тонкие симметрии требуют еще более тонких законов сохранения.

Ричард Фейнман считал, что на свете нет ничего «глубже и прекраснее» тесной связи между симметрией и законами сохранения. Впрочем, добавлял он, «большинство физиков по-прежнему считают, что это немного чересчур». Законы, которые когда-то считали грубыми фактами мира природы, например, первый закон термодинамики, гласящий, что энергию невозможно ни создать, ни уничтожить, – это, оказывается, предпосылки возможности объективного познания. Когда мы формулируем теорию мироздания, которая должна быть действенной не только с нашей точки зрения, но и по всему диапазону точек зрения, мы имплицитно подчиняемся закону сохранения. Такая мысль определенно заставляет вспомнить Канта. Однако трансцендентные рассуждения Канта неряшливы и зачастую ошибочны. А связь симметрии с сохранением, напротив, была доказана с неопровержимой логической строгостью, и сделала это женщина по имени Эмми Нётер.

Эмми Нётер стоит в одном ряду с величайшими чистыми математиками XX века. Она родилась в Баварии в 1882 году и получила докторскую степень в Гёттингене в 1907 году. Эмми ни в чем не уступала блистательным коллегам – Давиду Гильберту, Феликсу Кляйну, Герману Минковскому – но как женщина не могла рассчитывать на полноценную профессорскую должность, правда, ей разрешили читать бесплатные лекции в качестве приват-доцента. А когда в 1933 году к власти пришли фашисты, еврейку Нётер лишили даже этой полуофициальной должности в Гёттингене. Она бежала в США, где преподавала в колледже Брин-Мор и читала лекции в Институте передовых исследований в Принстоне. В 1935 году она скорострительно скончалась от послеоперационной инфекции.

Эмми Нётер была громкоголосой и коренастой, и ее друг Герман Вейль говорил, что она похожа на «энергичную близорукую прачку». Она не только была одним из основоположников абстрактной алгебры, но и обладала литературным талантом – после нее остались стихи, роман и автобиография, кроме того, она стала соавтором пьесы. О своем открытии – связи между симметрией в теории и законом сохранения – она сообщила в 1918 году. Его иногда называют теоремой Нётер.

Означает ли теорема Нётер, что законы сохранения – это лишь артефакты нашего познания, что они не существуют в природе как таковые? Нет, это идеалистическое толкование, и поддаваться ему не следует. Мир в некоторой степени контролирует, насколько симметричной, то есть универсальной, может быть истинная теория. Некоторые симметрии не выдержали экспериментальной проверки. Например, в 1957 году Ли Чжэндао и Ян Чжэньнин получили Нобелевскую премию по физике за доказательство, что определенный процесс распада частиц нарушает «сохранение четности», а из этого следует, что во вселенной, которая представляет собой зеркальное отражение нашей, законы физики должны быть несколько иными.

Если когда-нибудь будет опровергнут закон сохранения энергии, последствия окажутся более серьезными. Тогда истинная теория мироустройства, как нам известно из теоремы Нётер, будет зависеть от того, который сейчас час, что станет сильнейшим ударом по ее «объективности».

Любопытно, что в истории науки много раз настаивали моменты, когда казалось, будто закон сохранения энергии и в самом деле опровергнут. Однако каждый раз его удавалось спасти, сделав понятие энергии еще более общим и абстрактным. Раньше энергию понимали как чисто механическую, но в конце концов это понятие обобщили и на тепловую, электрическую, магнитную, акустическую и оптическую разновидности энергии, и все они, к счастью, преобразуются друг в друга. Теория относительности Эйнштейна позволила даже вещество рассматривать как «замороженную» энергию.

Как заметил когда-то Анри Пуанкаре, прежде чем отказываться от закона сохранения, нужно изобрести новые виды энергии, чтобы его сохранить. Благодаря идеально-прекрасному открытию Эмми Нётер мы знаем, зачем это нужно: от этого зависит вечность физической истины.

Принудительна ли логика?

Английский священник и сатирик Сидни Смит как-то увидел, как две женщины ссорятся на узкой эдинбургской улочке, стоя на крылечках, расположенных друг напротив друга. «Они никогда не помирятся, – заметил он. – Они спорят, исходя из противоположных предпосылок»³⁵.

Дело было в начале XIX века. Сейчас положение ухудшилось. Даже если вы с собеседником исходите из одних и тех же предпосылок, нет никакой гарантии, что вы в итоге придете к одному и тому же выводу. Нужно, чтобы у вас была общая логика.

Цель логики – отделять истинные виды аргументов от ложных или ошибочных. Если вы проведете меня от предпосылок, которые я принимаю, к выводу, который мне не нравится, при помощи ложной аргументации, я не обязан соглашаться с этим выводом. Если я, с другой стороны, проведу вас от предпосылок, которые вы принимаете, к выводу, который вам не нравится, при помощи логически истинной аргументации, вы обязаны согласиться с этим выводом.

– А кто меня, собственно, обязывает? – спросите вы.

Суд рациональности, отвечаю я. Раз моя аргументация логична, из этого следует, что без истинного вывода предпосылки не могут быть истинными, поэтому, если вы поверили предпосылкам, вам придется поверить и выводу, иначе вы поведете себя иррационально.

– Иррационально? А что в этом плохого? – обидитесь вы.

Тогда я углублюсь в рассуждения и приведу доказательства, почему вы должны принять мои доказательства, что точно так же оставит вас безучастными. А на самом деле мне захочется превратить свою логику в палку и как следует вас отлупить, чтобы согласились.

Бессилие логики воспел и Роберт Нозик в своей книге «Философские объяснения» (Robert Nozick, R., *Philosophical Explanations*, 1981). «Почему философы стремятся заставить кого-то во что-то верить? – спрашивает он. – Разве вежливо так себя вести?» Нозик мрачно предполагает, что на самом деле логики хотят получить такую аргументацию, чтобы она вызывала в мозгу собеседника особые вибрации, от которых он умрет, если не согласится с выводом.

Среди принципов логики есть закон непротиворечия, который гласит, что предпосылка и ее отрицание не могут быть истинными одновременно. В сущности, многие из нас нарушают этот закон, сами того не замечая. Они убеждены в истинности предпосылок *p*, *q*, *r* и *s*, непостижимым образом не замечая, что *s*, *q* и *r* совместно противоречат *p*, то есть из них следует не-*p*. Если указать им на это, они, вероятно, исключат предпосылку *p* из своего кредо. Но скорее всего, они пустятся в игры со смыслами, лишь бы избежать обвинения в непоследовательности («На самом деле я сказал, что в нейтральные страны нельзя *вторгаться*. А это было не *вторжение*, а *размещение миротворческого контингента*!»).

Но вдруг ваш собеседник проникнется духом Уолта Уитмена и скажет: «Я себе противоречу? Ну и ладно, буду себе противоречить». (К такому был близок Нильс Бор. Один коллега, заметив над входом в его кабинет подкову, спросил: «Неужели вы верите в приметы?», на что Бор ответил: «Нет, но я слышал, они действуют даже на тех, кто не верит».) Что вы тогда скажете? У. ван О. Куайн, один из величайших логиков XX века, говорил: «Это пустит насмарку всю науку. Из любой конъюнкции вида “*p* и не-*p*” логически следует любое мыслимое предположение, поэтому, если мы примем, что какое-то предложение истинно одновременно с его отрицанием, нам придется принять, что любое предложение истинно, а следовательно, стереть всякие различия между истинным и ложным». Чтобы понять, что имеет в виду Куайн, пред-

³⁵ Непереводимая игра слов: *англ. premise* означает и «здание», и «логическая предпосылка». – *Прим. перев.*

положим, что вы верите одновременно в p и в $\neg p$. Поскольку вы верите в p , вы должны одновременно верить в « p или q », где q – любое произвольное утверждение. Но из « p или q » и « $\neg p$ » очевидно следует, что q . Таким образом, любое произвольное утверждение истинно. (По-латыни это называется *ex contradictione quodlibet* – «из противоречия [следует] что угодно».)

Мысль, что противоречие – это плохо, поскольку из него следует абсолютно все, не-логику может показаться странной. Бертран Рассел как-то попытался рассказать об этом на публичной лекции, когда его перебил «крикун»:

– А докажите, что если дважды два пять, то я папа римский!

– Отлично, – ответил Рассел. – Из дважды-два-пять следует, если вычесть из обеих частей три, что два равно одному. Вы с папой римским – два, значит, вы равны одному и он равен одному, один равен одному – значит, вы равны папе римскому, то есть вы и есть папа римский.

Формальная логика в том виде, в каком ей традиционно учат на философских факультетах, может показаться принудительной. Философ Рут Гинзберг разобрала это на примере закона «модус поненс» (правило вывода), который разрешает выводы вида «если p , то q ; однако p ; следовательно, q ». Гинзбург полагает, что «модус поненс» позволяет мужчинам притеснять женщин, которые якобы с меньшей вероятностью сочтут его предполагаемую истинность «иррациональной». С другой стороны, некоторые самозванные реформаторы предполагали, что ложные аргументы следует считать не ошибками в рассуждениях, а «отказом от сотрудничества». А кто-то считает, что следует принимать предпосылки «из соображений благотворительности»: к примеру, если в доводах вашего собеседника путаница, постарайтесь переформулировать их так, чтобы они стали истинными.

Спорно, чтобы такой подход поспособствовал обретению истины. Но в чем можно не сомневаться, так это в том, что введение в логику вежливости заметно убавит остроты ее полемики. Принуждение к согласию при помощи логических аргументов или их подобия зачастую превращается в великолепный кровавый спорт. Стоит хотя бы вспомнить великое противостояние Дидро и швейцарского математика Леонарда Эйлера при дворе Екатерины II в 1773 году. Дидро был атеист и практически полный профан в математике. Эйлер, ревностный христианин, подошел к философу, поклонился и с полной серьезностью произнес: «Сударь, $(a+b)/n=x$, следовательно, Бог есть. Отвечайте!» Дидро спасовал перед таким сокрушительным выводом, что вызвало веселый смех со всех сторон³⁶.

Назавтра Дидро попросил у Екатерины дозволения вернуться во Францию, на что императрица милостиво согласилась.

³⁶ * Автор приводит здесь абсурдную версию формулы, якобы предложенной Эйлером Дидро в этом историческом анекдоте. Многие считают, что Эйлер должен был бы предложить в этом споре свою формулу $e^{i\pi} = -1$. – Прим. науч. ред.

Проблема Ньюкома и парадокс выбора

Философ Роберт Нозик (1938–2002) прославился как автор книги «Анархия, государство и утопия». Эта весьма логичная апология «минимального государства», опубликованная в 1974 году, была очень близка по духу либертарианцам всего мира и стала своего рода Священным Писанием для многих диссидентов в странах Варшавского договора. Однако Нозик вовсе не считал себя политическим философом: он утверждал, что написал «Анархию, государство и утопию» случайно – его побудила создать ее публикация книги его гарвардского коллеги Джона Ролса «Теория справедливости». Нозика больше интересовали рациональный выбор и свобода воли. У истоков его философской карьеры стоял восхитительный парадокс, охватывавший обе темы. Нозик изобрел его не сам. Его придумал калифорнийский физик Уильям Ньюком, а Нозик узнал о нем от их общего друга принстонского математика Дэвида Крускала на вечеринке с коктейлями («Это была самая значительная вечеринка в моей жизни», – говорил потом Нозик, отнюдь не чуравшийся веселых компаний.)

Нозик написал об этом парадоксе в диссертации, а в 1969 году опубликовал о нем статью под названием «Проблема Ньюкома и два принципа выбора» (Nozick, R., *Newcomb's Problem and Two Principles of Choice*). В результате вспыхнула «ньюкомания», по выражению редакции *The Journal of Philosophy*. О проблеме Ньюкома внезапно заговорил весь философский мир, статьи о ней сыпались как из рога изобилия. Но и сегодня, спустя полвека, невзирая на все усилия Нозика и десятков других философов, проблема остается такой же загадочной и вызывает столько же непримиримых споров, как и в момент, когда ее придумали.

Проблема Ньюкома такова. На столе стоит две закрытые коробки – коробка *A* и коробка *B*. В коробке *A* тысяча долларов. В коробке *B* либо миллион, либо ничего. У вас есть выбор: либо (1) забрать содержимое обеих коробок, либо (2) забрать только то, что лежит в коробке *B*.

Вот тут начинается самое интересное. Представьте себе, что некое Существо способно предсказать ваш выбор с высокой точностью. Это может быть кто угодно – джинн, необычайно интеллектуальный инопланетянин, суперкомпьютер, способный сканировать ваши мысли, очень умный психолог или Господь Бог. В прошлом это Существо прекрасно предсказывало ваш выбор, и вы безоговорочно верите в его прогностические способности. Вчера Существо предсказало, какой выбор вы сделаете, и его предсказание определило, что Существо положит в коробку *B*. Если Существо предсказало, что вы возьмете содержимое обеих коробок (действие 1), то в коробке *B* нет ничего. Если оно предсказало, что вы заберете только содержимое коробки *B* (действие 2), то в коробке *B* миллион долларов. Вам это известно, Существо знает, что вы знаете, и так далее.

Итак, что вы возьмете – обе коробки или только коробку *B*?

Ну, очевидно, надо взять только коробку *B*. Ведь если ваш выбор именно таков, то Существо практически наверняка его предсказало и положило в коробку *B* миллион долларов. Если бы вы собирались взять обе коробки, Существо практически наверняка это предсказало и оставило коробку *B* пустой. Следовательно, очень велика вероятность, что, забрав обе коробки, вы получите только тысячу долларов из коробки *A*. Кроме того, выбор одной коробки кажется вам мудрым, поскольку вы заметили, что из всех ваших знакомых, игравших в эту игру, подавляющее большинство тех, кто взял одну коробку, стали миллионерами, а подавляющее большинство тех, кто взял обе, – нет.

Но постойте. Существо сделало предсказание вчера. Либо оно положило миллион долларов в коробку *B*, либо нет. Если миллион уже лежит там, он никуда не денется просто потому, что вы решите взять обе коробки, а если его там нет, он не материализуется из ничего просто потому, что вы решите взять только коробку *B*. Что бы ни предсказало Существо, вы с гарантией разбогатеете на тысячу долларов, если заберете обе коробки. Выбрать только коробку *B* –

все равно что оставить тысячедолларовую купюру валяться на тротуаре. Чтобы сделать логику двух коробок еще очевиднее, предположим, что задние стенки коробок стеклянные и по ту сторону стола сидит ваша жена. Она прекрасно видит, что лежит в каждой коробке. И вы знаете, какого решения она от вас ждет: возьми обе коробки!

Итак, вы видите, в чем парадокс проблемы Ньюкома. Существуют две мощные линии аргументации, убеждающие вас сделать выбор, и они ведут к прямо противоположным выводам. Первая линия аргументации, которая гласит, что нужно взять только коробку *B*, основана на принципе максимальной ожидаемой полезности. Если Существо в своих прогнозах точно, скажем, на 99 %, ожидаемая полезность двух коробок составляет $0,99 \times \$1000 + 0,01 \times \$1\,001\,000 = \$11\,000$. Ожидаемая полезность одной лишь коробки *B* составляет $0,99 \times \$1\,000\,000 + 0,01 \times \$0 = \$990\,000$. Вторая линия аргументации, требующая взять обе коробки, основана на принципе доминирования, согласно которому, если исход одного из двух возможных действий будет лучше при любом положении вещей, это действие и нужно принимать. Оба эти принципа одновременно не могут быть верны под страхом противоречия. И они выворачивают интуицию наизнанку.

В статье 1969 года Нозик писал: «Я загадывал эту загадку большому количеству людей, и друзьям, и студентам на занятиях. Почти всем совершенно ясно и очевидно, как надо поступить. Трудность в том, что варианты решения, судя по всему, делятся почти поровну, и очень многие считают, что противоположная сторона ведет себя просто глупо». Когда в 1973 году о проблеме Ньюкома рассказал Мартин Гарднер в своей колонке в *Scientific American*, на него обрушилась лавина писем, и решение взять только коробку *B* перевешивало с соотношением пять к одному. (Среди корреспондентов был Айзек Азимов, который решительно поддержал решение с двумя коробками, но по неожиданной причине: он счел его декларацией свободы воли и выпадом в адрес предсказателя, которого отождествлял с Богом.)

Сам Ньюком, автор загадки, был однокоробочником. Нозик поначалу был довольно бесстрастным двухкоробочником, хотя теоретики игр Майя Бар-Гиллель и Авишай Маргалит призывали его «вступить в клуб миллионеров», то есть однокоробочников. Однако к началу девяностых Нозик пришел к бесполезному для дела выводу, что при выборе действия следует придавать некоторый вес обоим аргументам. Ведь даже самые рьяные двухкоробочники, рассудил он, превратятся в однокоробочников, стоит лишь снизить сумму в коробке *A* до одного доллара, и практически все самые негибкие однокоробочники превратятся в двухкоробочников, если ставку поднимут до 900 000 долларов, так что на самом деле никто не уверен в своей аргументации до конца.

Некоторые философы отказываются склоняться к тому или иному варианту на основаниях, что сама постановка проблемы Ньюкома бессмысленна: если ты и вправду обладаешь свободой воли, утверждали они, как какое-нибудь Существо может точно предсказать твой выбор из двух одинаково рациональных действий, особенно если ты знаешь, что твой выбор предсказан до того, как ты его сделаешь?

Но на самом деле предсказателю вовсе не нужно быть настолько точным – парадокс все равно сохранится. Мы уже видели, что читатели *Scientific American* предпочли решение с одной коробкой с соотношением пять к двум. Так что по крайней мере для этой выборки самое заурядное Существо могло бы сделать предсказание с точностью больше 70 %, если бы просто всегда предсказывало, что будет выбрана одна коробка. Психолог мог бы повысить точность, проследив, какое решение склонны принимать женщины, левши, доктора наук, республиканцы и так далее. Если бы я играл в такую игру с человеком-предсказателем, чья точность зависела от подобной статистики, то, конечно, предпочел бы забрать содержимое обеих коробок; с другой стороны, если бы Существо было сверхъестественным – джинном, Богом или настоящим ясновидящим, я бы, наверное, взял только коробку *B* из опасений, что мой выбор может повлиять на предсказание Существа через какую-то обратную причинно-следственную

связь или благодаря вековечному всеведению. А еще я сильно сомневался бы, что обладаю в этом вопросе свободой воли.

Просто поразительно, как много за эти годы появилось разных решений проблемы Ньюкома и насколько они изобретательны. (Эту задачу связывали и с котом Шрёдингера в квантовой механике, и с демоном Максвелла в термодинамике; еще очевиднее ее аналогия с дилеммой узника, когда второй узник – твой близнец, который почти наверняка сделает тот же выбор, что и ты, если ему предложат либо предать, либо сотрудничать, а еще – что многих пугает еще сильнее – именно она лежит в основе «василиска Роко», якобы самореализующегося мысленного эксперимента: василиск Роко – некий богоподобный искусственный интеллект, который возникнет в будущем и покарает вечными муками всякого, кто не верил в него или не участвовал в его создании.) Но окончательного решения так и не нашлось, и споры продолжаются. Может статься, проблема Ньюкома окажется долговечной, как парадоксы Зенона? Станут ли философы ломать над ней голову и через две с половиной тысячи лет, когда «Анархия, государство и утопия» будет давно забыта? Если да, печально, что бессмертная слава достанется не Нозику, человеку, благодаря которому проблема Ньюкома заняла свое место на интеллектуальной карте. Парадокс даже не получил названия в его честь. «Это красивая задача, – меланхолично писал Нозик. – Жаль, что не моя».

Право на несуществование

На рубеже тысячелетий высочайший суд Франции вынес решение, крайне интересное с моральной и даже с метафизической точки зрения. Суд постановил, что некий семнадцатилетний мальчик имеет право на компенсацию за то, что его родили на свет. Мать мальчика во время беременности переболела краснухой, и ребенок заразился от нее, причем ни доктор, ни лаборатория не сумели правильно поставить диагноз; в итоге мальчик родился глухим, почти слепым и умственно отсталым.

Для родителей мальчика решение суда имело колоссальное значение. Если бы они знали, что будущая мать заболела именно краснухой и чем это опасно для плода, то сделали бы аборт, подождали несколько месяцев, а затем снова зачали бы ребенка, который, вероятно, родился бы здоровым. Однако с точки зрения самого мальчика логика решения могла бы показаться странноватой. Ведь правильный диагноз привел бы к тому, что мальчика не было бы на свете. Неужели так было бы лучше для него?

Сама идея судить, может ли жизнь быть лучше или хуже полного небытия, некоторым философам кажется полнейшей нелепицей. Например, Бернард Уильямс утверждал, что человек «просто не может эгоистически размышлять о том, что было бы, если бы он никогда не существовал». Впрочем, есть и такие, скажем, покойный Дерек Парфит, кто убежден, что вполне можно сказать, что та или иная жизнь достойна или недостойна, чтобы ее прожить. Если правы первые, такая жизнь лучше, чем ничего; если вторые – хуже. Но даже Парфиту претил вывод, что человеку, чья жизнь не достойна того, чтобы ее прожить, лучше было бы вовсе не существовать.

Многие считают, что любая жизнь, даже самая ужасная, все же лучше, чем ничего. Томас Нагель в своих «Смертельных вопросах» так описывает подобную точку зрения: «Есть составляющие, которые, если присовокупить их к жизненному опыту человека, делают жизнь лучше, а есть и такие составляющие, которые, если присовокупить их к жизненному опыту человека, делают жизнь хуже. Но то, что остается, если оставить их в стороне – не просто нейтрально, а безоговорочно положительно. Поэтому стоит прожить жизнь, даже если в жизненном опыте преобладают плохие составляющие, а хороших так мало, что сами по себе они не перевешивают плохие».

Если любая жизнь достойна того, чтобы жить, значит, рождение ребенка не может быть ошибкой, каким бы больным он ни был. Часто замечают, что даже при синдроме Дауна ребенок может жить счастливо. Но ведь есть и другие генетические заболевания, симптомы которых гораздо тяжелее. Например, мальчики, страдающие синдромом Леша – Нихена, не просто отстают в умственном развитии и к тому же страдают от сильнейших болей, они еще и компульсивно увечат себя. Большинство из нас согласится, что сознательно зачинать и рожать такого ребенка плохо, более того, долг каждого этого не делать.

Однако тут налицо любопытная асимметрия. Рассмотрим пару, которая знает, что если они решат родить ребенка, у него, скорее всего, будет счастливая жизнь. Можно ли считать, что долг такой пары – и в самом деле зачать ребенка? Большинство из нас скажет, что нет. Но почему? Ведь если из уверенности, что ребенок будет несчастен, следует нравственный императив не рожать его, разве не следует из уверенности, что ребенок будет счастлив, нравственный императив родить его? Почему благополучие будущего ребенка в одном случае учитывается в морально-этических расчетах, а в другом нет?

Философы-этики еще не придумали достойного объяснения такой асимметрии. Вот, скажем, довольно-таки казуистическая попытка Питера Сингера: «Вероятно, лучшее, что можно сказать, да и это не очень хорошо, – что нет ничего непосредственно плохого в зачатии ребенка, который будет несчастен, но если такой ребенок уже существует, то, поскольку его жизнь

состоит из одного лишь несчастья, нужно снизить количество страданий в мире посредством эвтаназии. Однако эвтаназия и для родителей, и для других участников – процесс значительно более горький, чем не-зачатие. Следовательно, у нас есть косвенная причина не зачинать ребенка, обреченного на жалкое существование».

По Сингеру, нравственный императив, требующий от потенциальных родителей зачинать или не зачинать ребенка, строится не на перспективах будущего ребенка, который будет счастлив или несчастен. Подход к подобным случаям асимметричен, по его мнению, потому, что родители, решив зачать несчастного ребенка, впоследствии и сами будут несчастны, если возникнет необходимость подвергнуть ребенка эвтаназии.

Если жизнь французского мальчика хоть сколько-нибудь стоит того, чтобы жить, ему повезло, что у его матери не сумели диагностировать краснуху. Но теперь предположим, что жизнь мальчика не стоит того, чтобы жить. Можно сказать, что врач, не сумевший распознать краснуху, нарушил право мальчика не жить несчастливо. Но в этом случае такое право невозможно соблюсти: человеческая репродуктивная система такова, что ребенок, зачатый через несколько месяцев, был бы генетически иным, а следовательно, это была бы другая личность.

Что же касается ребенка, которого зачала бы французская пара через несколько месяцев, если бы краснуху удалось диагностировать, то на его ситуацию можно посмотреть с двух точек зрения. Если вы верите только в существование нашего мира, то он существовал в реальности только в виде пары несоединенных и давно уже не функционирующих половых клеток. Для такой сущности понятия счастья и несчастья не существует. Если, с другой стороны, вы верите в параллельные миры, как верил авторитетный философ Дэвид Льюис (по его словам), то существует великое множество возможных миров, где живут версии этого ребенка, и в каждом из них тамошней версии повезло существовать.

Мы вправе и соглашаться, и не соглашаться с бодрим заявлением Томаса Нагеля, что всем нам повезло родиться, однако он совершенно прав, когда добавляет: «Нельзя сказать, что не родиться – это несчастье». И когда хор в «Эдипе в Колоне» мрачно объявляет: «Высший дар – нерожденным быть»³⁷, то так и хочется парировать вопросом: многим ли так повезло?

³⁷ Пер. Ф. Зелинского.

Эй, кто-нибудь, поправьте Гейзенберга!

В «Философской энциклопедии» издательства *Routledge* статья «Гейзенберг, Вернер» (*Heisenberg, Werner*) стоит между «Хайдеггер, Мартин» (*Heidegger, Martin*) и «Ад» (*Hell*). Там ему самое место. Гейзенберг, один из основоположников квантовой механики, во время Второй мировой войны руководил гитлеровским проектом по созданию атомной бомбы. После войны он заявил, что занимался намеренным саботажем. Многие ему поверили. Но гораздо правдоподобнее списать его неудачу не на тайный героизм, а на некомпетентность.

Гейзенберг (1901–1976) был потрясающий физик. В 24 года, когда он стоял на скале над Северным морем, его посетило озарение, которое перевернуло наши представления о субатомном мире. Через два года он написал, вероятно, самую цитируемую статью в истории физики, где рассказал о «принципе неопределенности». Однако его рассуждения были, мягко говоря, не очень понятными. Даже величайшие физики признавались, что его математические *non sequitur* и логические скачки ставили их в тупик. «Я несколько раз брался читать [одну его раннюю статью], – рассказывал нобелевский лауреат Стивен Вайнберг, – и хотя думаю, что понимаю квантовую механику, так и не понял, чем руководствовался Гейзенберг при математических переходах».

Как теоретик Гейзенберг был настоящий волшебник, но в прикладной физике явно путался. Экзамен на докторскую степень в 1923 году обернулся катастрофой. Когда много лет назад Томас Кун попросил Гейзенберга описать, как все было, рассказ его был таким (Гейзенберг отвечал физику-экспериментатору Вильгельму Вину): «Вин спросил меня... какова разрешающая способность интерферометра Фабри – Перо... а я этого не учил... Тогда он рассердился и спросил, какова разрешающая способность микроскопа. Я не знал. Он спросил, какова разрешающая способность телескопа. Этого я тоже не знал. Тогда он спросил, как работает свинцовая аккумуляторная батарея, а я не знал... вряд ли он нарочно хотел меня завалить». Когда во время войны Гейзенберг пытался определить, сколько расщепляемого урана нужно для бомбы, он напутал в расчетах и получил немыслимый результат – несколько тонн (в бомбе, которую сбросили на Хиросиму, было всего 56 килограммов). Такого ученого, пожалуй, не стоит ставить во главе программы разработки вооружений.

Те, кто желает подчеркнуть, что мотивы Гейзенберга во время войны не совсем очевидны, часто заимствуют метафору из его же физики – принцип неопределенности. Так сделал и Майкл Фрейн в своей пьесе «Копенгаген» о загадочной встрече Гейзенберга с Бором в 1941 году. Так сделал и Томас Пауэрс в своей книге «Война Гейзенберга» (*Thomas Powers, Heisenberg's War*, 1993), в которой он стоит на стороне Гейзенберга и доказывает, что тот разрушил нацистский атомный проект изнутри. Так сделал и Дэвид К. Кэссиди в самом названии биографии Гейзенберга «Неопределенность» (*Cassidy, D. C., Uncertainty*, 1991). И напрасно.

Впрочем, они не одиноки. В истории науки прошлого века не найдется идеи, которую бы настолько затаскали, переврали и фетишизировали, как принцип неопределенности Гейзенберга, – причем как профаны, так и посвященные. Принцип неопределенности Гейзенберга ничего не говорит о том, насколько точно можно вычислить ту или иную величину. Он гласит, что некоторые *пары* качеств связаны друг с другом таким образом, что их невозможно точно измерить одновременно. В физике такие пары называют канонически сопряженными переменными. Одна такая пара – местоположение и импульс: чем точнее знаешь местоположение частицы, тем меньше тебе известно о ее импульсе (и наоборот). Другая – время и энергия: чем точнее знаешь, в какой промежуток времени произошло то или иное событие, тем меньше тебе известно об участвовавшей в этом энергии (и наоборот).

Как же применить этот физический принцип к Гейзенбергу-человеку? В послесловии к «Копенгагену» Майкл Фрейн пишет: «Не существует ни мысли, ни намерения, которые можно

было бы сформулировать точно». Вероятно, так и есть, но ведь принцип неопределенности применяется к *парам* качеств. В случае Гейзенберга релевантная пара – это мотивация и компетентность. Насколько Гейзенберг хотел помочь Гитлеру? Насколько он был компетентен, чтобы создать атомную бомбу? Однако отметим, что между нашими знаниями о первом и втором налицо положительные отношения: чем больше уверенность, что Гейзенберг служил Третьему рейху по доброй воле, тем больше и уверенность, что у него не хватило компетентности, чтобы создать бомбу. Это не принцип неопределенности, а его полная противоположность. Очевидно, что притворство и некомплектность нельзя считать канонически сопряженными переменными.

Еще банальнее перевирают принцип Гейзенберга в социальных науках. Там его часто понимают так, что самый акт наблюдения над явлением неизбежно меняет это явление так или иначе, и именно поэтому, скажем, Маргарет Мид не могла изучать сексуальные нравы самоанцев, поскольку само ее присутствие на острове искажало то, что она хотела там пронаблюдать. Теоретики постмодернизма вроде Стэнли Ароновица привлекали принцип неопределенности в доказательство нестабильности герменевтики субъектно-объектных отношений и утверждали, что он заставляет усомниться в притязаниях науки на объективность.

Даже физики понимают принцип неопределенности довольно-таки неопределенно. За много лет были предложены десятки разных интерпретаций. Некоторые интерпретации делают неопределенность следствием неотъемлемой и неисправимой неаккуратности при самом акте измерения. Как узнать местоположение электрона с высокой точностью? Запустить в него фотон, чтобы тот отскочил. Но поскольку электрон довольно мал, у фотона будет соответственно крошечная длина волны, а следовательно, очень много энергии, поскольку длина волны и энергия обратно пропорциональны. Так что фотон случайным образом «пнет» электрон, а это непредсказуемо повлияет на его импульс. Именно к такой интерпретации склонялся сам Гейзенберг. Она называется эпистемологической, поскольку возлагает бремя неопределенности на самого познающего. А Нильс Бор, напротив, стоял за онтологическую интерпретацию, согласно которой дело не в познающем и его измерительном аппарате, а в самой реальности. Знакомые понятия вроде местоположения и импульса в квантовом мире, по мнению Бора, просто неприменимы. Современный физик Роджер Пенроуз заявляет, что его не устраивает вся гамма интерпретаций принципа Гейзенберга, однако признает, что ничего лучше пока предложить не может.

С математической точки зрения с принципом неопределенности Гейзенберга не возникает ни малейших сложностей. Если перевести фразу «Электрон e находится в точности в положении x с импульсом, равным p » на формальный язык квантовой теории, получится безграмотный бред, как если бы вы попытались перевести на язык геометрии «круглый квадрат». Все начинает проясняться, только если попытаться найти в принципе неопределенности философский смысл.

Несколько десятков лет назад принстонский физик Джон Арчибальд Уилер задался вопросом, нет ли у принципа неопределенности Гейзенберга некоей глубинной связи с теоремой о неполноте Гёделя (которая, вероятно, занимает второе место в списке самых неверно понятых открытий XX века). Ведь и то, и другое, судя по всему, задают непреодолимый предел нашего познания. Однако такие спекуляции могут быть опасны. «Однажды я был в Институте передовых исследований и зашел в кабинет Гёделя, – вспоминает Уилер. – Гёдель сидел там. Была зима, Гёдель включил электрический обогреватель и закутал ноги одеялом. Я сказал: “Профессор Гёдель, какую связь вы видите между вашей теоремой о неполноте и принципом неопределенности Гейзенберга?” А Гёдель разозлился и выставил меня вон».

Излишняя самоуверенность и парадокс Монти Холла

Вы легко распознаете ложь? Многие думают, что хорошо это умеют, но заблуждаются. Проведено великое множество исследований, в ходе которых испытуемые должны определить, лжет или нет человек на видеозаписи, и справляются с этой задачей из рук вон плохо – немногим лучше, чем если бы просто гадали. Причем это касается даже тех, кто особенно верил в свои профессиональные способности ловить других на вранье, – например, следователи из полиции.

Оказывается, люди слишком в себя верят. И выявление лжи – отнюдь не единственная сфера, где мы переоцениваем свои способности. Исследование британских автомобилистов как-то показало, что 95 % из них считают, что водят машину лучше среднего.

Подобным же образом большинство считает, что, скорее всего, проживут дольше среднего. Барух Фишхофф, Пол Словик и Сара Лихтенштейн в классической статье, опубликованной в 1977 году в журнале *Journal of Experimental Psychology* пишут, что люди часто выражают абсолютную уверенность в том, что потом оказывается ложью. Например, они утверждают, что на сто процентов убеждены, что родина картофеля – Ирландия, а на самом деле его завезли из Перу.

Излишняя самоуверенность проявляется практически везде. Но равномерно ли она распределяется? Очевидно, нет. В статье, вышедшей в журнале *Journal of Personality and Social Psychology* в 1999 году, Дэвид А. Даннинг и Джастин Крюгер делают весьма резкое заключение: самое раздутое представление о своих способностях бывает у самых некомпетентных людей. «Мало того, что они приходят к неверным выводам и принимают неудачные решения, – заметили ученые. – Они еще и не в состоянии это понять – из-за собственной некомпетентности».

Даннинг и Крюгер давали своим испытуемым тесты по трем предметам: логике, английской грамматике и юмору (где оценки шуткам выставяло жюри из профессиональных комиков). По всем трем тестам самые низкие оценки получили те испытуемые, которые были особенно склонны «грубо преувеличивать» свои умения и достижения. Например, те, кто очутился в 12 процентиле по логике, воображали, что в целом их логические способности достойны 68 процентиля.

Так вот, если вы принадлежите к компетентным людям, то, вероятно, результаты этого исследования станут для вас некоторым утешением, поскольку из них следует, что излишняя самоуверенность вам не грозит. Но, вероятно, вы просто воображаете, будто относитесь к компетентным людям, именно потому, что страдаете избыточной самоуверенностью, свойственной некомпетентным людям.

Однако это еще не главная беда. Излишняя самоуверенность уменьшается с ростом компетентности, однако есть и другие исследования, показывающие, что она повышается с ростом знаний, то есть чем больше у вас специализированной информации о чем-то, тем с большей вероятностью вы будете излишне самоуверенны в своих суждениях по этому предмету.

Кроме того, излишняя самоуверенность склонна усиливаться со сложностью задачи. Это означает, что специалисты, рассуждая о сложных материях, – врачи, инженеры, финансовые аналитики, ученые, даже папа римский, когда он выступает не официально, рискуют сильно преувеличивать достоверность своих выводов.

Приведу в пример исторический казус (кто это сказал, что социолог – это тот, кто считает, что множественное число от «казус» – «данные»?). Одним из величайших математиков прошлого века был Пал Эрдёш (1913–1996). Он был одним из ведущих специалистов по теории вероятности в мире. Более того, он изобрел так называемый вероятностный метод, который часто называют просто методом Эрдёша – то есть его имя стало синонимом вероятности.

В 1991 году Эрдёш прочитал в журнале *Parade* статью его постоянного автора Мэрилин vos Савант о вероятностной загадке под названием «парадокс Монти Холла» в честь ведущего телешоу «По рукам» (*Let's Make a Deal*), и оказался в тупике. Парадокс выглядит так: на сцене три двери – *A*, *B* и *C*. За одной из них – спортивный автомобиль, за двумя другими – козы. Вы должны выбрать одну дверь, и тогда вам достанется то, что за ней. Предположим, вы выбрали дверь *A*. Но Монти Холл, вместо того чтобы показать вам, что там, с лукавой улыбкой открывает дверь *B* – а там коза. Затем он спрашивает, не хотите ли вы изменить свое решение и открыть дверь *C*. Согласитесь ли вы? (Предположим ради чистоты эксперимента, что козье обаяние на вас не действует.)

Что бы ни подсказывала вам интуиция, ответ – соглашайтесь, поскольку перемена решения повышает ваш шанс победить с одной трети до двух третей. Почему? Когда вы первоначально выбрали дверь *A*, у вас был один шанс из трех выиграть машину. Хитроумная подсказка Монти, что за дверью *B* – коза, не дает вам никакой новой информации о том, что находится за дверью, которую вы выбрали: вы уже знаете, что за одной из оставшихся двух дверей точно коза, так что вероятность, что за дверью *A* автомобиль, по-прежнему равна одной трети. А значит, если исключить дверь *B*, вероятность, что автомобиль за дверью *C* – две трети.

Однако Эрдёш твердил всем и каждому, что это не так. Интуиция говорила ему, что перемена решения не должна никак влиять на шансы. И этот несравненный авторитет по теории вероятности был уверен в своей интуиции – причем настолько, что несколько дней кипел от ярости, пока один математик из Лабораторий Белла не указал ему на ошибку.

Из психологической литературы следует и еще один масштабный вывод: высокий уровень уверенности в себе обычно ассоциируется с высоким уровнем самоуверенности. Брешь между убежденностью и истиной особенно велика в случае, когда суждение выносится в области, в которой человек чувствует себя особенно уверенно. Кто знает? Самым самоуверенным суждением в истории может оказаться и *cogito, ergo sum*.

Суровый закон эпонимии

«Кто похоронен в могиле Гранта?» Таков был бонусный вопрос, который задавал Граучо Маркс невезучим участникам в своей телевикторине «Ставка – жизнь» (*You Bet Your Life*), которая шла в 1950-е годы. Казалось бы, в вопросе явная подсказка, но будьте осторожны: такие загадки могут быть с подвохом. Рассмотрим хотя бы вопросы «Кто открыл теорему Байеса?», «Кто открыл парадокс Гиффена?», «Кто открыл теорему Пифагора?», «Кто открыл Америку?». Если вы ответили, соответственно, Байес, Гиффен, Пифагор и Америго Веспуччи, не видать вам коробки «Сникерсов».

Практика называть разные вещи в честь связанных с ними людей, реальных и вымышленных, называется эпонимией. Бывают эпонимические слова – гильотина, альфонс, садизм. Бывают эпонимические названия – Пенсильвания, Пелопоннес. А бывают эпонимические словосочетания – Коперникова система мира, комета Галлея. Когда подобные выражения возникают в науке, предполагается, что обозначаемый предмет открыт ученым, чье имя ему дано. Это предположение почти всегда ошибочно.

Если вам кажется, что я преувеличиваю, вы, очевидно, не знакомы с законом Стиглера об эпонимии. Этот закон в своей простейшей форме гласит, что «ни одно научное открытие не получает название в честь первооткрывателя», а название он получил в честь историка и статистика Стивена Стиглера. Непозволительное самопрославление? Едва ли. Если закон Стиглера верен, из его названия следует, что открыл его не Стиглер. Сам ученый поясняет, что заслуга принадлежит великому специалисту по социологии науки Роберту К. Мертону, и тем самым не только заслуживает очки за скромность, но и добивается, чтобы закон, которому он дал свое имя, сам себя подтверждал.

Почему закон Стиглера справедлив? Начать стоит со знаменитой гипотезы Мертона: «Все научные открытия в принципе множественны». Вероятно, по какой-то причине открытие всегда получает название в честь одного из множества своих авторов, но не главного.

Однако закон Стиглера интересен не только этим. Возьмем теорему Пифагора. Пифагор не входил в число ее первооткрывателей. Теорема была известна и до него, а доказана – после, более того, не исключено, что Пифагор не представлял себе всего масштаба ее последствий для геометрии. Подобные грубые ошибки наименования встречаются на каждом шагу. Я решил проверить предположение Стиглера, что парадокс Гиффена («спрос на некоторые товары повышается с ростом цены») и не снился экономисту Роберту Гиффену, в честь которого его назвали. В ходе изысканий я натолкнулся на энциклопедическую статью о сэре Томасе Грешеме, англичанине, жившем в XVII веке, в честь которого получил свое название закон Грешема («худшие деньги вытесняют из обращения лучшие»). «Считается, что Грешем первым вывел этот принцип, – гласит статья, – однако доказано, что он был предложен задолго до него, а Грешем его даже не формулировал».

Подобные эпонимические ляпсусы могли бы быть скорее исключением, чем правилом, если бы за наименование научных открытий отвечали историки науки. Однако такого права у них нет, решения принимают практикующие ученые, а они при всем своем пыле и самоуверенности не обладают профессиональными познаниями в истории. Как замечает Стиглер в своей книге «Статистика на столе» (Stigler, S. M., *Statistics on the Table*), «Названия редко даются и никогда не входят в обиход, если того, кто их дает, не отделяют от ученого, в честь которого они даются, большие расстояния в пространстве или во времени (или и там, и там)». Это для создания видимости беспристрастия. Ведь если в твою честь назвали теорему или комету, это обеспечивает своего рода интеллектуальное бессмертие, и научное сообщество должно понимать, что эта честь досталась тебе по заслугам, а не просто потому, что ты работал в нужной стране, дружил с нужными людьми или того требует политика.

Если учесть, заключает Стиглер, что «названия в честь кого-то даются только после долгого времени или на большом расстоянии, а делают это только активно работающие ученые, зачастую не очень хорошо знающие историю, которые больше заинтересованы в признании общих заслуг, а не отдельных достижений, не следует удивляться, что большинство названий ошибочно, и даже может оказаться (как я смело заявляю), что все общепризнанные названия, строго говоря, ошибочны».

О том, какой огромной силой обладает закон Стиглера об эпонимии, можно судить, если применить его к частному случаю – к формуле распределения вероятности, график которой имеет форму колокольчика и известен как гауссиана. Согласно закону Стиглера, можно заключить, что открыл ее не Гаусс. И верно: в своей книге, вышедшей в 1809 году, Гаусс в связи с этим распределением упоминает Лапласа, и Лаплас и в самом деле затрагивал этот вопрос еще в 1774 году. Однако иногда это распределение называют распределением Лапласа или Лапласа – Гаусса, поэтому, если опять же обратиться к закону Стиглера, можно сделать вывод, что и Лаплас не был первооткрывателем. Так и есть: современные историки науки возводят его к статье Абрахама де Муавра, опубликованной в 1733 году.

Как ни удивительно, я обнаружил, что закон Стиглера относится даже к псевдоэпонимам. Возьмем, к примеру, английское словечко *crap* – «дерьмо». Многие полагают, что это слово эпонимически восходит к Томасу Крапперу, прославленному изобретателю ватерклозета, жившему в викторианскую эпоху. Однако это ложная этимология: слово *crap* применительно к испражнениям вошло в среднеанглийский язык из старофранцузского. Однако сам факт, что народная молва связала Краппера со словом *crap*, предполагает, согласно закону Стиглера, что ватерклозет изобрел не он. Чудо чудное, диво дивное: так и есть! Ватерклозет изобрел сэр Джон Харингтон, придворный Елизаветы I.

Я бы привел еще примеры, но пора перекусить, а я мечтаю об одном блюде, которое совершенно точно изобрел не четвертый граф Сэндвич³⁸.

³⁸ Жаль, что автор не приводит здесь контрпримеров к «закону Стиглера», среди которых, без сомнения, Великая теорема Ферма. – Прим. науч. ред.

Сознание камня

Большинство из нас не сомневаются, что наши собратья-люди разумны. Кроме того, мы убеждены, что сознанием обладают многие животные. Некоторые, например, крупные приматы, обладают даже самосознанием, как мы. Некоторые, например, кошки, собаки и свиньи, не очень хорошо чувствуют свое «Я», но явно различают внутренние состояния удовольствия и страдания. Что касается животных поменьше, например, комаров, тут мы ни в чем не уверены и убиваем их явно безо всяких угрызений совести. Если же речь идет о растениях, они сознанием точно не обладают, разве что в волшебных сказках. Как и неодушевленные предметы вроде столов и камней.

Все это диктует нам здравый смысл. Но давно доказано, что руководствоваться здравым смыслом в познании мира не всегда так уж хорошо. А сильнее всего сопротивляется нашему пониманию на сегодня сознание как таковое. Как электрохимические процессы в комке серого вещества, нашем мозге, запускают ослепительный калейдоскоп сознания с его радостными взлетами, приступами боли и промежутками спокойного довольства жизнью пополам со скукой? А может быть, все еще удивительнее – и эти процессы *и есть* сознание? Это называли и «важнейшей проблемой биологии», и даже «последним рубежом науки». Эта загадка поглощает интеллектуальную энергию нейрофизиологов, психологов, философов, физиков, программистов, а иногда и Далай-ламы. Проблема сознания оказалась такой неподатливой, что некоторые из этих мыслителей даже выдвинули гипотезу, которая на первый взгляд кажется если не откровенным безумием, то жестом отчаяния. Возможно, говорят они, сознание не ограничено мозгом некоторых животных. Возможно, оно вездесуще, присутствует во всех фрагментах вещества вплоть до галактик, с одной стороны, и электронов и нейтрино – с другой, в том числе и в предметах среднего размера, вроде стакана воды и комнатного растения. Более того, оно не возникло внезапно, когда некоторые элементарные частицы на одной планете случайно сложились в нужную конфигурацию – нет, сознание присутствовало в космосе с самого начала времен.

Учение о том, что все в мире фундаментально обладает сознанием, называется «панпсихизм». Несколько десятков лет назад американский философ Томас Нагель показал, что такой вывод неизбежно следует из некоторых совершенно разумных предпосылок. Во-первых, наш мозг состоит из материальных частиц. Во-вторых, эти частицы в определенных сочетаниях порождают субъективные мысли и чувства. В-третьих, физических качеств как таковых недостаточно, чтобы объяснить эту субъективность (какие физические формулы способны породить неопишемое ощущение, которое возникает, когда надкусываешь клубничину?!).

Далее Нагель утверждает, что свойства сложной системы вроде мозга не могут возникнуть из ничего, они должны складываться из свойств наименьших составных частей этой системы. А следовательно, наименьшие составные части и сами обладают субъективными чертами, которые в нужных сочетаниях составляют наши мысли и чувства. Однако электроны, протоны и нейтроны, составляющие наш мозг, – те же, что и во всем остальном мире. Значит, частички сознания есть во всей Вселенной.

Иногда утверждают, что сознание – свойство производное, то есть возникает из взаимодействия нейронов у нас в мозге, как, скажем, текучесть жидкости возникает из взаимодействия нежидких молекул. Однако это неверная аналогия. Свойства жидкости при всей их непредсказуемости все же логически зависят от физических свойств отдельных молекул. Сознание устроено иначе. Его субъективные черты невозможно вывести из физических фактов низшего уровня. Возникновение сознания из физического вещества – это как-то слишком радикально, других таких примеров наука не знает. Так утверждают панпсихисты.

Сам Нагель все же не признает панпсихизм, однако сегодня эта доктрина, можно сказать, в моде. В его пользу высказывались и австралийский философ Дэвид Чалмерс, и британский философ Гален Стросон, и оксфордский физик Роджер Пенроуз. Но есть и такие, например, американский философ Джон Сёрл, кому сама эта мысль кажется нелепой.

Те, кто скептически относится к панпсихизму, высказывают самые разные опасения. Как именно частички сознательной пыли с их предположительно простыми ментальными состояниями могут в сочетании давать весь спектр сложных чувств, которые возникают у нас, людей? Ведь если собрать в одной комнате несколько человек, их индивидуальные сознания не образуют единый коллективный разум. Или все же образуют?

Далее, надо учесть неприятное обстоятельство, что невозможно научными методами проверить, есть ли ментальные переживания, скажем, у Луны. (То же самое относится и к людям: как доказать, что твои коллеги – не неразумные роботы вроде командора Дейты из «Звездного пути»?) Наконец, сама мысль, что что-то вроде фотона обладает прото-эмоциями, прото-убеждениями и прото-желаниями, выглядит как-то диковато. Чего, в самом деле, может желать фотон? «Может, он хочет быть кварком!» – съязвил один анти-панпсихист.

Вероятно, проще посмеяться над панпсихизмом, чем опровергнуть его. Но даже если этот путь к пониманию сознания окажется тупиковым, он все же помогает нам избавить свое мировоззрение от налета провинциальности. Мы – биологические существа. Мы существуем благодаря самовоспроизводящимся химическим веществам. Мы регистрируем информацию из своего окружения и действуем в соответствии с ней, чтобы это самовоспроизводство продолжалось и дальше. Побочным продуктом этого процесса стал мозг, к которому мы питаем нежные чувства и считаем его самой сложной системой во Вселенной. А на грубое неодушевленное вещество мы посматриваем свысока.

Возьмем, к примеру, вон тот камень. Со стороны представляется, что он особенно ничем не занят, по крайней мере, наши несовершенные органы чувств ничего не замечают. Однако на микроуровне он состоит из невообразимого множества атомов, соединенных упругими химическими связями, и они двигаются туда-сюда со скоростью, которой позавидует даже самый быстрый суперкомпьютер. Причем движение это не случайно. Внутренности камня «видят» всю Вселенную посредством гравитационных и электромагнитных сигналов, которые он непрерывно получает. Такую систему можно считать универсальным процессором информации, чья внутренняя динамика отражает любую последовательность ментальных состояний, которую способен пройти наш мозг. А где информация, говорят панпсихисты, там и сознание. Как гласит девиз Дэвида Чалмерса, «Опыт – информация изнутри, физика – информация снаружи».

Разумеется, в результате всего этого «мышления» камень ничего не предпринимает. Да и зачем ему? Его существование, в отличие от нашего, не зависит от стремления выжить и самовоспроизводиться. Пусть даже камню грозит обратиться в пыль – его это не тревожит. Если вы – человек поэтической складки, можете считать камень существом, предающимся чистому созерцанию. И выведите из этого мораль: Вселенная с начала времен насыщена разумом, даже если мы, самонадеянные выскочки, размножающиеся по Дарвину, по своей ограниченности этого не видим.

Часть девятая. Бог, святость, истина и прочая чушь

Глава двадцать первая. Докинз и божественное

Ричард Докинз, который когда-то носил интересный титул профессора популяризации науки и занимал соответствующую кафедру имени Симони в Оксфордском университете, – мастер подачи и синтеза научных фактов. Если речь идет о его специальности, эволюционной биологии, в этом ему нет равных. Однако его бестселлер 2006 года «Бог как иллюзия» – вовсе не научно-популярная книга. Как говорит нам автор, его труд призван «пробудить сознание», а это ведь совсем другое дело.

Докинз на страницах своей книги всячески подчеркивает, что быть атеистом – «выбор отважных, замечательных людей»³⁹, и для него это и есть главный способ пробудить сознание читателя. Вера в Бога – лишь иллюзия, причем опасная. По шкале от 1 до 7, где 1 – уверенность, что Бог есть, а 7 – уверенность, что Бога нет, Докинз ставит себе оценку 6: «Я не могу знать с абсолютной точностью, но я полагаю, что вероятность существования бога очень мала, и я живу, полагая, что его нет».

Антирелигиозная аргументация Докинза следует образцу, заложенному еще в классическом эссе Бертрانا Рассела «Почему я не христианин», опубликованном в 1927 году⁴⁰. Во-первых, следует дискредитировать традиционные доводы в пользу того, что Бог есть. (Бог понимается здесь как иудео-христианское верховное божество, которое считается вечным, всемогущим, всеблагим Творцом всего сущего.) Во-вторых, следует выдвинуть два-три аргумента в пользу противоположной гипотезы, что Бога нет. В-третьих, надо посеять сомнения в трансцендентном происхождении религии, показав, что это объясняется исключительно естественными причинами. Наконец, нужно продемонстрировать, что наша жизнь может быть счастливой и осмысленной и без поклонения божеству и что религия отнюдь не служит столпом морали, а на самом деле порождает больше зла, чем добра. Первые три шага призваны подорвать веру в истинность религии, а четвертый – ее прагматическую ценность.

Докинз лишь добавляет к этому подходу несколько свежих аргументов, и это отнюдь не заурядное достижение, если учесть, насколько подробно и с какой страстью эти вопросы обсуждались столетиями. Книга буквально искрится живостью и новизной. Однако читать ее – все равно что смотреть фильм Майкла Мура. На ее страницах вдоволь крепких метких замечаний о глупости религиозных фанатиков и мошенников всех мастей, но тон ее надменный, а логика подчас хромает. Поклонники Докинза, привыкшие к изящной прозе, вероятно, удивятся, натолкнувшись на вульгаризмы вроде «подхалимство, вылизывание сапог [Богу]» или «Хи-хи, хи-хи, атеисты – дураки» (здесь автор в качестве сомнительного полемического приема воображает противника в богословском споре сопливым детсадовцем). Все это забавно, пока Докинз высмеивает шутов вроде Пэта Робертсона или священников-фундаменталистов вроде того, кто устроил «адские домики», чтобы напугать детей с греховными наклонностями в Хэллоуин. Но это перестает быть поучительным, когда Докинз подвергает сомнениям искренность серьезных мыслителей, которые с ним не согласны, в том числе покойного Стивена Джея Гульда, или подозревает, что получатели премии Темплтона в миллион долларов, которую присуждают за заслуги по примирению науки и духовности, интеллектуально нечестны (и предположительно еще и продажны). Особенно недостойно выглядит обвинение Ричарда Суинберна, специалиста по философии религии и науки из Оксфорда, в попытках «оправдать геноцид

³⁹ Здесь и далее пер. Н. Смелковой.

⁴⁰ Пер. И. Романова.

евреев», в то время как Суинберн пытался понять, как подобные немислимые злодеяния сочетаются с существованием Бога, который есть любовь. Может быть, для пробуждения сознания все средства хороши. Но явная враждебность Докинза приводит не только к риторическим излишества, но и к передергиванию фактов. Более того, когда Докинз палит по религии из дарвинистской пушки, он рискует разрушить мишень побольше, чем та, куда он метит.

Самая неубедительная часть «Бога как иллюзии» – то, как Докинз обращается с традиционными доводами в пользу существования Бога. Онтологический аргумент гласит, что Бог существует по самой Своей природе, поскольку обладает всеми совершенствами, а существовать совершеннее, чем не существовать. Космологический аргумент гласит, что у мира должна быть первопричина, и эта первопричина могла быть лишь вечным богоподобным существом. Аргумент разумного замысла отсылает к особым чертам Вселенной, например, к тому, что она подходит для зарождения разумной жизни, и предполагает, что подобные черты делают существование целеустремленного вселенского Творца более вероятным.

Такова в общих чертах «большая тройка» аргументов. С точки зрения Докинза, они просто смешны. Он отменяет онтологический аргумент как «инфантилизм» и «диалектическое жонглирование», хотя при этом не выявляет недочета в его логике, и поражается, что философ вроде Рассела, «далеко не глупец», как признает сам Докинз, мог воспринимать его всерьез. Докинз как будто бы не подозревает, что хотя этот аргумент зародился в Средние века, сегодня он принимает весьма хитроумные обличья, которые не так-то просто опровергнуть. Нет, Докинз чурается тяжелой интеллектуальной работы и предпочитает сыпать пародийными «доказательствами», почерпнутыми в Интернете, вроде «*Доказательства от эмоционального шантажа*. Бог тебя любит. Неужели ты такой бессердечный, что не поверишь в Него? Следовательно, Бог есть» (если кто-то хочет разобраться в слабостях стандартных аргументов существования Бога, лучшим, насколько мне известно, источником и по сей день остается книга философа-атеиста Дж. Л. Макки «Чудо теизма» (Mackie, J. L., *The Miracle of Theism*)).

Сомнительно, чтобы так уж много людей пришли к вере в Бога под воздействием логических аргументов, а не потому, что их так воспитали или они «услышали зов». Однако подобные аргументы, даже если они не очень убедительны, по крайней мере придают религиозным верованиям привкус разумности, особенно в сочетании с некоторыми научными открытиями. Теперь мы знаем, что наша Вселенная возникла одномоментно около 14 миллиардов лет назад (кстати, теорию Большого взрыва разработал один бельгийский священник), а первоначальные условия были «тонко настроены» так, чтобы впоследствии могла зародиться жизнь. Если вы человек не религиозный по своему складу, то, вероятно, воспринимаете все это просто как грубые факты и считаете вопрос закрытым. Но если вы думаете, что должно быть какое-то конечное объяснение тому, что весь этот гармоничный, подходящий для жизни космос, где мы живем, внезапно возник не просто так, а по какой-то причине, тогда придерживаться гипотезы о Боге в вашем случае более чем рационально.

А вот и нет, говорит Докинз, после чего предъявляет, по его мнению, «центральные аргументы книги». В сущности, они сводятся к завуалированной формулировке детского вопроса: «Мамочка, а кто создал Бога?» Докинз утверждает, что считать Бога первопричиной всего – это тупик, поскольку «любой бог, способный создать Вселенную, а затем точно и предусмотрительно отладить ее для зарождения нашей жизни, должен быть невероятно сложным объектом, объяснить существование которого сложнее, чем изначальную проблему». Поэтому «гипотеза Бога также почти стопроцентно отрицается на основании положений теории вероятности».

Здесь Докинз исходит из двух предпосылок: во-первых, творец должен быть сложнее, а следовательно, невероятнее своего творения (например, не бывает такого, чтобы подкова создала кузнеца), а во-вторых, объяснять невероятное в терминах чего-то еще более невероятного – это вообще не объяснение. По словам Докинза, все это не соответствует «положениям теории вероятности». Первая предпосылка – объект жарких богословских споров: тео-

логи утверждают, впрочем, довольно расплывчато, как свойственно метафизике, что Бог есть квинтэссенция простоты. Ведь он бесконечен во всех отношениях, а следовательно, определить его гораздо проще, чем нечто конечное. Однако Докинз указывает, что Бог вовсе не может быть таким уж простым, если помимо всего прочего способен одновременно следить за мыслями всех своих созданий и отвечать на их молитвы («С таким-то рабочим диапазоном частот!» – восклицает Докинз).

Если Бог и в самом деле сложнее и невероятнее своего творения, разве это вычеркивает его из списка правдоподобных причин возникновения Вселенной? Конечно, красота дарвиновской эволюции, как не устает подчеркивать Докинз, в том и состоит, что она показывает, как из простого возникает сложное. Однако такой модели следуют не все научные объяснения. Например, в физике закон энтропии предполагает, что во Вселенной в целом порядок отступает перед беспорядком; таким образом, если вы хотите объяснить нынешнее положение дел во Вселенной в терминах прошлого, волей-неволей приходится объяснять вероятное (беспорядочное) в терминах невероятного (упорядоченного). И совершенно неочевидно, какая модель объяснения годится для главного вопроса – того, который, как сокрушается Докинз, постоянно задают его религиозные друзья: почему Вселенная вообще существует? Дарвинистские процессы помогают перейти от простого к сложному, но не от Ничего к Чему-то – тут они бессильны. Если есть окончательное объяснение, почему существует наш непротиворечивый смертный мир, оно должно, казалось бы, апеллировать к чему-то одновременно необходимому и бессмертному – к тому, что можно назвать Богом. Разумеется, нельзя сказать наверняка, что такое объяснение существует. Возможно, как думал Рассел, Вселенная просто есть, и все.

Такого рода холодные спекулятивные размышления предельно далеки от затейливых религиозных обрядов, практикуемых во всем мире. Религия есть во всех человеческих культурах – откуда она там взялась, если, как Докинз, по его мнению, доказал, она опирается на иллюзию? Многие мыслители – Маркс, Фрейд, Дюркгейм – пытались создать естественную историю религии и утверждали, что она возникла ради каких-то социально-психологических функций, например, как считал Фрейд, для воплощения подавленных желаний, направленных на отцовскую фигуру.

Естественная история религии, которую пишет Докинз, по сути своей дарвиновская, но не с той точки зрения, с какой вы думаете. Докинз скептически относится к тому, что религия ценна для выживания: она требует столько крови и чувства вины, что это перевешивает любую мыслимую пользу. Напротив, Докинз считает, что религия – это «губительный побочный эффект» полезного адаптивного механизма, а именно склонности ребенка верить родителям, которая возникла в ходе эволюции. Докинз полагает, что религиозные идеи – это вирусоподобные «мемы», которые размножаются, заражая податливый мозг ребенка. (Понятие «мем» Докинз ввел тридцать лет назад для обозначения элементов культуры, которые, по его мнению, воспроизводятся и конкурируют так же, как гены.) Каждая религия, по мнению Докинза, представляет собой комплекс взаимно совместимых мемов, которые сумели выжить в процессе естественного отбора. («Ислам, к примеру, можно сравнить с группой генов хищников, буддизм – с группой генов травоядных», – пишет он с характерной любовью к провокациям.) Согласно этому представлению религиозные верования не полезны ни нам, ни нашим генам, они полезны самим себе.

Докинз признает, что гипотеза о податливом мозге ребенка – это всего лишь одна из множества спекулятивных дарвинистских гипотез, стремящихся объяснить существование религии. (Например, есть гипотеза, которая гласит, что религия – побочный продукт нашей генетически запрограммированной склонности влюбляться.) Вероятно, какая-то из этих гипотез правдива. Если так, что это говорит об истинности религиозных представлений как таковых? Все, что Докинз пишет о религии, можно сказать и о науке или этике. Все идеи можно рассматривать как мемы, которые размножаются, перескакивая из одного мозга в другой. Одни идеи,

замечает Докинз, распространяются, поскольку полезны для нас, в том смысле, что они повышают вероятность, что наши гены перейдут к следующему поколению, другие, например, по его словам, религия, распространяются как вредный побочный продукт деятельности полезных в остальном частей нашего сознания. Этические ценности, по его представлениям, подпадают под первую категорию. Например, альтруизм полезен нашим эгоистичным генам, когда направлен на благо близким родственникам, с которыми у нас общие гены, или не-родственникам, которые имеют возможность отплатить нам услугой за услугу. Но как же тогда быть с бескорыстными добрыми поступками, достойными доброго самаритянина? И это тоже побочные продукты, утверждает Докинз, правда, тут же спешит добавить: это «драгоценные, прекрасные» побочные продукты, не то что плохая, нехорошая религия.

Однако логика Докинза подрывает объективность не только религии, но и этики. Биолог-эволюционист Э. О. Уилсон в статье, написанной совместно с философом Майклом Рьюзом в 1985 году, высказывается прямо по существу: этика – это «иллюзия, навязанная нам генами, чтобы заставить сотрудничать», а «биология заставляет нас действовать в ее интересах, вынуждая думать, будто существует объективный высший кодекс чести, которому мы должны соответствовать». Таким образом, сводя идеи к «мемам», которые распространяются благодаря разного рода «побочным продуктам», Докинз волей-неволей становится на сторону так называемого дарвинистского нигилизма.

Кроме того, он чересчур поспешно заявляет, будто религия лишена всякой практической пользы. Исследования показали, что верующие живут дольше (вероятно, потому, что ведут более здоровый образ жизни) и чувствуют себя счастливее (возможно, благодаря социальной поддержке церковной общины). Судя по статистике рождаемости в США и Европе, они еще и размножаются активнее неверующих, что по Дарвину несомненное преимущество. С другой стороны, Докинз, вероятно, прав, когда утверждает, что с точки зрения нравственного поведения верующие ничем не лучше неверующих. Одно классическое исследование показало, что «рабы Божии» списывают на экзаменах точно так же, как атеисты, и не больше последних склонны к альтруистической добровольческой деятельности.

Как ни странно, Докинз не дает себе труда процитировать подобные эмпирические данные; вместо этого он, что не слишком научно, полагается на интуицию. «Подозреваю, что атеистов не так много среди заключенных» (ручаюсь, представителей унитарной церкви там еще меньше). Показательно, однако, что когда Докинз называет библейского Яхве «отвратительным образцом для подражания», поскольку тот призывает к насилию и геноциду, он еще и подробно разбирает возражение, которое ему, очевидно, уже наскучило слушать, что главные злодеи прошлого века Гитлер и Сталин были атеистами. Гитлер, замечает Докинз, «никогда публично не отрекался от католицизма», а что касается Сталина, который учился в духовной семинарии, «не существует доказательств того, что его жестокость мотивировалась именно атеизмом». Такой же кровожадный негодяй Мао вовсе не упоминается, но, вероятно, можно было бы сказать, что он сам был объектом религиозного поклонения.

В книге «Бог как иллюзия» много блестящих пассажей, однако Докинз так и не сумел понять, насколько на самом деле сложными могут быть философские вопросы о религии, поэтому читать его труд – только мучиться и злиться. Поскольку неопровержимых доводов за или против существования Бога не существует, определенное количество умных людей будут и дальше верить в него, точно так же как умные люди склонны умозрительно верить и в другие вещи, не обоснованные железными философскими аргументами, например, в свободу воли, в объективные ценности, в существование других сознаний. Докинз утверждает, что «Наличие или отсутствие мыслящего сверхъестественного творца однозначно является научным вопросом». Но какие данные в принципе могли бы подтвердить или фальсифицировать гипотезу о Боге? Учение, что нами руководит любящее божество, стало таким округлым и эластичным, что никакое земное зло или стихийное бедствие, похоже, не в силах его опровергнуть. Точно

так же неочевидно, какого рода событие могло бы поколебать убежденность атеиста в противоположном. Когда Рассел в 1953 году в интервью журналу *Look* спросили об этом, он ответил, что пришел бы к убеждению, что Бог есть, «если бы услышал глас с небес, который предскажет все, что произойдет со мной в ближайшие 24 часа».

Пока таких чудес не происходит, ответ на этот вопрос может дать разве что посмертный опыт, который теологи не без пафоса называют «эсхатологической верификацией». Если после смерти нас ждет либо видение блаженства (Бог), либо полное забвение (Бога нет), горько и обидно думать, что верующие так и не узнают, что заблуждались, а Докинз и его собратья-атеисты так и не узнают, что были правы.

Что же касается всех, кто в промежутке, от агностиков до «высокодуховных», для кого религия не столько метафизическая теорема, сколько образ жизни, проиллюстрированный легендами и подкрепленный ритуалами, – пусть они утешаются мудрыми словами преподобного Эндрю Макреля из юмористического романа «Макрель-плаза» Питера де Фриза (Peter De Vries, *The Mackerel Plaza*, 1958): «Окончательное доказательство всемогущества Божия – то, что ему не нужно даже существовать, чтобы спасти нас».

Глава двадцать вторая. О святости в миру

Представьте себе, что вам хочется достигнуть в чем-то совершенства, однако никаких особых талантов к чему-то конкретному у вас нет. Вы не настолько умны, чтобы стать великим ученым, у вас не хватает творческого духа, чтобы сделаться великим художником, нет ни природной проницательности будущего выдающегося государственного деятеля, ни утонченного вкуса (и огромного наследства) легендарного гедониста. Так неужели вы обречены на заурядность? Существует философская школа, которая отвечает на этот вопрос «Нет». Идея в том, что даже если вы не слишком умны, красивы и талантливы, вы все равно можете одним лишь усилием воли стать очень-очень хорошим. Вы можете возвыситься над повседневными морально-этическими нормами – быть добрым к людям, не лгать, время от времени жертвовать в «Оксфам» – и все свои силы посвятить помощи ближнему и утешению страждущих. Иначе говоря, вы можете стать святым в миру.

Разумно ли это – стараться стать как можно добрее и самоотверженнее? Можно ли считать «моральную святость» – термин философа Сьюзен Вольф – совершенством, к которому человек должен стремиться? И неужели стремиться к этому – и вправду наш долг?

Философы в последние 2000 лет предложили две причины стремиться к моральным высотам: нужно улучшать мир и совершенствовать себя. Эти причины не слишком хорошо сочетаются друг с другом, поскольку одна направлена наружу, а другая внутрь. Можно ли усовершенствовать себя, если забывать о себе ради служения ближнему? Более того, есть основания полагать, что быть как можно лучше – это вредно и для мира, и для души.

Начнем с души. Действительно ли те, кто посвящает свою жизнь служению ближнему, обладают чудесным характером в духе Сократа? Свойствен ли им эротический магнетизм? Многие из нас не любят благодетелей человечества и не стесняются об этом говорить. Мы искренне считаем, что благодетели человечества при всей своей «хорошести» люди безыumorные, назойливые, лицемерные и душные. Конечно, во многом это просто обида – ведь блистательный пример благодетелей человечества делают наши собственные моральные притязания просто смешными. Но ведь в душе идеального благодетеля человечества налицо перекося. Неестественно развитые нравственные добродетели – терпение, щедрость в делах и в мыслях, постоянное стремление облегчить чужие страдания – зачастую лишают человека добродетелей не-нравственных: юмора, интеллектуального любопытства и авантюризма.

Сьюзен Вольф выделила два типа моральных святых: «любящий святой», которому приносит счастье только и исключительно помощь ближним, и «рациональный святой», которого делает счастливым все то же самое, что и прочим – друзья, родные, материальные блага, искусство, книги, спорт и секс, – но он жертвует своим счастьем ради чувства долга. Любящий святой не видит ничего, что предлагает ему жизнь, и его душа, как ни парадоксально, скучна и бесплодна. А душа рационального святого, который вынужден постоянно подавлять или отрицать свои самые сильные желания, выжжена дотла постоянной фрустрацией.

Именно об этом часто говорят, когда речь идет о великих гуманистах, поражающих воображение широкой публики: это Флоренс Найтингейл, Махатма Ганди, Альберт Швейцер, Мать Тереза. В книге Литтона Стрейчи «Выдающиеся викторианцы» (Lyttton Strachey, *Eminent Victorians*) Флоренс Найтингейл изображена до нелепости негуманной. Джордж Оруэлл уловил исходивший от Ганди дух мелочного тщеславия и заключил, что «святость – это то, чего человеку следует избегать». Альберта Швейцера обвиняли в том, что он самодур и расист, играющий в Бога. Кристофер Хитченс бросил камень в огород Матери Терезы – оказалось, что она намеренно отучила себя принимать чужие страдания близко к сердцу. Интересно, что подобного ревизионистского очернительства пока что избежала Дороти Дэй, героиня Движе-

ния католических рабочих. Ее святость, как видно, уравновешена пикантными подробностями ее богемно-вольнодумного прошлого. У нее есть искупительные пороки.

И все же, если смотреть только на великих благодетелей мира сего, легко поддаться искушению предвзятого отбора. Что будет, если самый заурядный человек решит с бескомпромиссным рвением творить добро? Этот вопрос – отправная точка сатирического романа Ника Хорнби «Как быть хорошими» (Hornby, N., *How to Be Good*). Рассказчица – Кэти Карп, ей за сорок, она врач и работает в клинике депрессий на севере Лондона. Кэти считает себя достаточно хорошим человеком – она не просто лечит больных («Надо быть хорошим человеком, чтобы осматривать нарывы в ректальной области»), но и придерживается гуманных либеральных взглядов на проблему бездомных, расизм и сексизм, читает «The Guardian» и голосует за лейбористов. Даже внебрачную связь, с которой начинается книга, первую измену за долгую историю брака Кэти, она организует сноровисто и с большим достоинством. Муж Кэти Дэвид меньше достоин восхищения – он ленив, язвитель, ворчлив. Дэвид журналист и ведет нарочито желчную колонку под названием «Самый злобный человек в Холлоуэе», а на досуге сочиняет сатирический роман «про британскую культуру вечно обиженных в эпоху после принцессы Дианы».

Этот брак загнивает по обычным причинам – измены, накопившаяся взаимная горечь, скука. Но как раз в тот момент, когда все, казалось бы, вот-вот рухнет, у Дэвида случается озарение, как у Савла на пути в Дамаск. Измученный болью в спине, Дэвид обращается к юному целителю-экстрасенсу по имени Ди Джей Хорошие Новости, а тот прикасается к его вискам теплыми пальцами и вытягивает из него «черную дымку». В образовавшийся вакуум потоком врывается чистое желание творить добро, и Дэвид превращается в святого. «Я думаю то же самое, что и ты. Но я добьюсь, чтобы слова у меня не расходились с делом», – объявляет он ошарашенной жене, опасавшейся, что у него опухоль мозга. Поначалу Дэвид просто раздает милостыню кому попало – пытается накормить прохожих воскресным жарким, дарит компьютер одного из детей приюта для женщин, пострадавших от домашнего насилия. Но вскоре ему приходит в голову проект в масштабах их квартала: он хочет, чтобы все, у кого есть гостевые комнаты, приютили там бездомных.

Мотивы, стоящие за внезапно проснувшимся у Дэвида стремлением творить добро, остаются непроясненными. Он много говорит о необходимости улучшить мир, но при этом выражает и стремление к самосовершенствованию. «Я не верю в Рай и вообще, – говорит он. – Но все равно я хочу стать тем, кого туда пустили бы». Даже если душа Дэвида становится все прекраснее, на Кэти это не производит особого впечатления. Теперь ей кажется, что ее муж – человек, в котором нет «ни следа остроумия, ни грана самоиронии – все это словно исчезло». Прежний Дэвид со всеми его недостатками хотя бы мог ее рассмешить, а ради этого, если вдуматься, она и вышла за него замуж. Она замечает в нем самодовольство, желание похвалиться своими добрыми делами, и победоносно вспоминает в связи с этим слова из одного из Посланий св. Павла Коринфянам: «Любовь не превозносится, не гордится, не бесчинствует, не ищет своего». Но когда она цитирует этот стих мужу, тот напоминает ей, что именно его читали на их венчании, а слово «любовь» здесь – перевод латинского *caritas*, от которого произошло и слово *charity* – «милосердие». «Любовь и милосердие – можно сказать, однокоренные слова, – размышляет Кэти. – Как же так вышло, что все в нашей недавней истории указывает, что они не могут сосуществовать, что они прямо-таки антонимы, что если их посадить в один мешок, они будут кусаться, царапаться и визжать, пока от одного из них не останутся рожки да ножки?»

Подобные размышления подводят Кэти к озарению (видимо, автор с ним согласен). Подлинный образец прекрасной души – не самоотверженный благодетель человечества, а тот, кто живет «прекрасной насыщенной жизнью», умеет наслаждаться величайшими произведениями искусства и сложными взаимоотношениями, кто-то вроде, скажем, Ванессы Белл, чью биографию Кэти как раз читает. А если подобная утонченность нам больше не доступна («их род

прервался», думает Кэти), можно хотя бы ощутить этот вкус, читая книги Блумсберийского кружка и слушая изысканную камерную музыку. А еще надо помогать друзьям и родным, а не печься обо всем человечестве, «потому что жизнь и так дьявольски трудна». Вот и весь секрет, как быть хорошим.

Решение Хорнби прекрасно вяжется с нашей неискоренимой склонностью к моральной лени. Но достаточно ли это хорошо? Вероятно, благодетели из литературных произведений (сразу вспоминается нелепая миссис Джеллиби из «Холодного дома») не совсем полно описывают своих реальных прототипов. Лариса Макфаркуар в своей книге «Тонушие незнакомцы» (MacFarquhar, L., *Strangers Drowning*) рисует точные и подробные портреты самых разных людей, решивших посвятить свою жизнь высоконравственным добрым делам. Одна семейная пара взяла на воспитание двадцать неблагополучных детей, в том числе инвалидов, другая основала лепрозорий в Индии, кто-то отдал почку чужому человеку и так далее. Крайние альтруисты, которых описывает Макфаркуар, служат ближнему с таким практически мазохистским рвением, что нам от этого становится неловко, но они хотя бы похожи на людей – да, они неприятные, странные, вздорные извращенцы, однако в целом все-таки в здравом уме, а при беспристрастном рассмотрении даже достойны восхищения. Похоже, сердце у них на месте. И резонно заметить, что делать как можно больше добра – долг каждого из нас, даже если это не приносит особой пользы душе и даже если «жизнь и так дьявольски трудна». Представьте себе, что у вас на глазах в мелком пруду тонет маленькая девочка. Неужели вы не почувствуете, что спасти ее – ваш долг, даже если вода погубит ваши туфли за двести долларов? Увы, во всем мире в аналогичной ситуации оказывается множество детей. Они умирают от голода или от легко предотвращаемых болезней вроде диареи, а между тем в мире полно международных благотворительных организаций, через которые вы вполне в силах им помочь. Более того, по оценкам, на спасение одного ребенка требуется как раз около двухсот долларов. Все, что нужно, – набрать бесплатный номер, держа в руке кредитную карточку. Где принципиальная разница между нежеланием это сделать и решением не спасти девочку? А если ее нет, вам что, жалко двести долларов? И совесть вас не мучает?! Неужели ваши нравственные убеждения не велят вам спасти столько детей, сколько позволит ваш банковский счет?

Философы вроде Питера Сингера из Принстона и Питера Анджера из Нью-Йоркского университета применяли такие простые, но интуитивно очень значимые «примеры со спасением», чтобы подтвердить неприятный вывод: мы, богатые жители Запада, должны основную часть своих денег отдавать в международные благотворительные организации. И не ради похвалы – этого требуют этические принципы, которые мы имплицитно разделяем. Сам Сингер говорит, что отдает пятую часть дохода и сомневается, что этого достаточно. Как же так? Даже если американская семья среднего класса отдавала бы в «Оксфам» четыре пятых своих доходов, дополнительное пожертвование в двести долларов позволило бы спасти еще одного ребенка, погибающего от голода или отсутствия медицинской помощи, причем это не стало бы особо тяжким бременем для донатора. Что касается приятного сибаритства – забудьте о нем. Что такое бутылка «Дом Периньон» по сравнению с жизнью ребенка?

Если таковы требования морали, скажете вы, пошла она куда подальше. И Саймон Блекберн, кембриджский философ, с вами, вероятно, согласится. В своей книге «Быть хорошим» (Simon Blackburn, *Being Good*), кратком введении в философию морали, Блекберн утверждает, что подобная излишняя требовательность саботирует этику как таковую. «Центральную часть этики должны составлять поступки, которых мы вправе требовать друг от друга», – пишет он. Долг помогать ближнему имеет свои пределы. Моральные принципы, которые мы принимаем, не должны низводить нас до роли рабов обезличенного добра. Да, отдать все свои деньги на спасение голодающих детей за океаном достойно похвалы, как и бросить медицинскую практику на Парк-авеню и пойти работать в организацию «Врачи без границ» или пригласить к себе жить толпу бездомных, – но это не обязательно.

Эти выводы Блекберна очень утешают и вполне соответствуют заключениям, к которым приходит рассказчица в романе Хорнби. Но как же сопротивляться доводам этих «примеров со спасением»? Об этом Блекберн особенно не распространяется, но, наверное, реагировать следует примерно так. Сингер считает себя утилитаристом. Утилитаризм в самой рафинированной форме учит, что надо стремиться своими действиями повышать уровень счастья в мире. Один из критериев этического принципа – он должен быть «универсализируемым». Мы задаемся вопросом, каким был бы мир, если бы все соблюдали этот принцип. Что будет, если все посвятят себя счастью ближнего? Тогда в среднем все станут менее счастливыми, поскольку каждый станет жертвовать собственным счастьем ради чужих потребностей. И если все отдадут все свои деньги в «Оксфам», потребительский спрос в итоге упадет, а это приведет к коллапсу мировой экономики, а следовательно, к колоссальным страданиям. Поэтому такие принципы благодеяния, думается, коллективно вредят сами себе.

Критерий универсализации дает способ количественно измерить наш долг помогать ближним. Вероятно, этика минимального самопожертвования требует от нас всего лишь «вносить свою лепту» – такое количество, что если каждый им поделится, это обеспечит, чтобы в мире было как можно больше счастья и как можно меньше страданий. Этот принцип делает бремя милосердия, возлагаемое на каждого, вполне логичным: если вы уже пожертвовали скромную сумму на борьбу с голодом и немножко пошевелили поварешкой в благотворительной столовой при местной церкви, идите и покупайте себе приглянувшуюся банку икры без малейших угрызений совести (ну не совсем без малейших, ведь нужно помнить об охране исчезающих пород рыб). А любые добрые дела, которыми вы занимаетесь помимо своей «лепты», специалисты по этике называют «избыточными» – то есть заниматься ими похвально, но никто вас не упрекнет, если вы от них уклонитесь.

А теперь представим себе, что мы решили все же не просто исполнять свой долг, но и делать что-то еще. Даже если наши усилия приведут к чему-то хорошему, никто не знает, каковы будут отдаленные последствия нашего альтруизма. Знаем мы только одно – что эти последствия будут сказываться еще очень и очень долго, и мы над ними не властны. Поскольку причинно-следственные связи неизбежны и хаотичны, для того, чтобы добро перевешивало зло, нужно идти по случайной траектории с непредсказуемыми поворотами на каждом этапе (вспомните хотя бы врача, который благополучно принял четвертого ребенка Клары и Алоиса Гитлер после того, как несчастная пара потеряла первых троих детей).

Именно непредсказуемость отдаленных последствий наших действий и заставила Дж. Э. Мура в «Принципах этики»⁴¹ указать, что «до сих пор не было найдено доказательства, достаточного для того, чтобы считать один поступок более правильным либо более неправильным, чем другой». Кстати, этот вывод дал определенную свободу Ванессе Белл и Блумсберийскому кружку, которые считали Мура своим духовным наставником. Под его влиянием члены Блумсберийского кружка решили, что достоинства «я», те достоинства, которые способствуют «прекрасной насыщенной жизни», по выражению рассказчицы из «Как быть хорошими», важнее старых викторианских добродетелей милосердия и самопожертвования.

Разумеется, стоит покинуть Блумсбери, как сталкиваешься с незаурядными обстоятельствами, в которых можно совершать незаурядно добрые дела. Вспомните «добрых немцев», которые, рискуя жизнью, спасали евреев во время «окончательного решения еврейского вопроса», или единственного солдата из роты лейтенанта Келли, который во время расстрела крестьян во вьетнамской деревне Милаи подозрительно опустил дуло. Что нужно, чтобы быть хорошим в таких экстремальных обстоятельствах? Поможет, конечно, мастерство в некоторых областях, как показывает пример Оскара Шиндлера, Рауля Валленберга и Фредерика Кьюни, но это не всегда обязательно. Достаточно ли доброй воли? Нет: нужно, чтобы она сочеталась

⁴¹ Пер. Л. Коноваловой.

с другим трудноопределимым качеством характера, которое мы, разводя руками, называем мужеством и решимостью. Так или иначе, именно этого качества и недостает большинству тех, у кого вроде бы есть добрая воля, и именно поэтому они молча попустительствуют великим злодеяниям. Разумеется, в обычных обстоятельствах всегда остается вариант «Оксфама», но и здесь нет никакой устойчивой пропорции между стремлением творить добро и добром, которое человек совершает в действительности. Лепта вдовы, сколько бы желания творить добро за ней ни стояло, ничто по сравнению с миллионами, которые жертвует на благотворительность бессердечный капиталист ради поддержания репутации.

Итак, незаурядная доброта всегда требует особых качеств – либо сильнейшего желания отстаивать правое дело, либо поразительной храбрости в сочетании с незаурядными обстоятельствами, которые пробуждают в человеке нравственный героизм. Если ни того, ни другого вам недостает, вы, вероятно, сойдете с дистанции. Оказывается, вакансия святого – одна из тех профессий, которые вроде бы открыты для всех, но приносят доход лишь отдельным счастливым: не все же сколотили миллионное состояние на интернет-магазинах.

Помимо необходимых организационно-технических навыков альтруистические подвиги, похоже, требуют какого-то нечеловеческого творческого начала. Флоренс Найтингейл, посвятившая жизнь уходу за ранеными солдатами, совершила колоссальное количество добрых дел (хотя ее реформы, снизившие потери в живой силе на войне, возможно, повысили вероятность войн в будущем). Однако Найтингейл, как показал Стрейчи потрясенным эдвардианцам, была вовсе не нежным ангелом милосердия, отрекшимся от себя ради других: это была злобная, язвительная, саркастичная, заносчивая женщина, обладавшая железной неукротимой волей. Можно сказать, у нее был артистический темперамент. Ивлин Во как-то заметил: «Смирение – добродетель, вовсе не подобающая художнику. Ведь зачастую именно гордость, дух соперничества, алчность и злопыхательство – черты одиозные – и заставляют человека завершать, оттачивать, совершенствовать, уничтожать и восстанавливать свое произведение, пока он не создает что-то, что удовлетворяет его гордыню и жадность. И при этом он дарит миру больше, чем добрые и щедрые, хотя в процессе, возможно, утрачивает собственную душу. Таков парадокс достижений в искусстве».

Возможно, таков и парадокс достижений в альтруизме. Хочешь быть святым – забудь о том, чтобы быть ангелом.

Глава двадцать третья. Истина и референция: философские междоусобицы

«Представьте себе следующую ситуацию – откровенно вымышленную: предположим, автором теоремы о неполноте Гёделя был не Гёдель. На самом деле ее создал некто Шмидт, чье тело было найдено в Вене при подозрительных обстоятельствах много лет назад. Его друг Гёдель каким-то образом завладел рукописью, и впоследствии заслугу приписали ему... а тогда, поскольку неполноту арифметики открыл на самом деле Шмидт, мы, говоря о “Гёделе”, на самом деле всегда ссылаемся на Шмидта. Но мне кажется, что все-таки нет. Попросту нет... Многим из вас наверняка покажется, что это очень странный пример».

Такие слова произнес Сол Крипке перед слушателями в Принстонском университете 22 января 1970 года. Крипке было тогда 29 лет, он работал на философском факультете Рокфеллеровского университета и читал вторую из трех лекций – без заранее подготовленного текста и даже без заметок. Эти лекции были записаны на магнитофон и впоследствии – в 1972 и 1980 годах – опубликованы под названием «Тождество и необходимость». «Они перевернули аналитическую философию, – писал Ричард Рорти в *London Review of Books*. – Одни были в ярости, другие в восторге, третьи в полном недоумении, но равнодушным не остался никто». Лекции Крипке стали называть новой теорией референции – они знаменовали революцию в представлениях философов языка о вопросах смысла и истины. По следам этих лекций появились сотни журнальных статей и диссертаций о «возможных мирах», «жестких десигнаторах» и «апостериорной необходимости». Они привели к возрождению аристотелевского учения о сущностях, что имело далеко идущие последствия. А еще они помогли своему автору, уже ставшему культовой фигурой среди логиков, стать образцом современного философского гения – этот статус подтвердила редакция *The New York Times*, поместившая в 1977 году портрет сурового Крипке на обложку своего воскресного приложения.

А теперь, если угодно, представьте себе другую откровенно вымышленную ситуацию. Предположим, на самом деле новую теорию референции создал не Крипке. На самом деле ее автором была женщина по фамилии Маркус – для вящего правдоподобия назовем ее Рут Баркан Маркус – чье живое и теплое тело и сейчас описывает загадочные траектории по кампусу Йельского университета⁴². В 1962 году юный Крипке посетил доклад Рут Баркан Маркус, в котором содержались все основные идеи теории; а затем, почти десять лет спустя, представил их в подробно разработанном и дополненном виде, но на Маркус не сослался. С тех пор теорию приписывают Крипке. А тогда, поскольку новую теорию референции открыла на самом деле Маркус, мы, говоря о Крипке, на самом деле всегда ссылаемся на Маркус. Но так ли это?

Многим из вас наверняка покажется, что это очень странный пример. Тем не менее именно его отважно предложил большой аудитории философ Квентин Смит прошлой зимой⁴³ на конференции Американской философской ассоциации в Бостоне. Только, по мнению Квентина Смита, профессора из Университета Западного Мичигана, эта ситуация вовсе не откровенно вымышленная. Так все и было.

Когда Квентин Смит выступал перед бостонскими слушателями, это было похоже на философский вариант притчи о Давиде и Голиафе: сорокадвухлетний выскочка, профессор из второстепенного университета на Среднем Западе, попытался переписать интеллектуальную историю и покуситься на репутацию человека, которого Роберт Нозик назвал «единственным гением в нашей профессии». Философский мир узнал об обвинениях Смита осенью 1994 года, когда доклад «Маркус, Крипке и происхождение новой теории референции», с которым он

⁴² Эссе было написано до ее кончины в 2012 году.

⁴³ В 1994 году.

собирался выступить на конференции Американской философской ассоциации, был указан в программе. Вскоре всевозможные философские бюллетени в Интернете запестрели сообщениями, что кто-то собирается обвинить в плагиате великого Сола Крипке – весьма обоснованный вывод, если учесть, в каких пламенных выражениях было составлено резюме доклада Смита.

Доклад был прочитан 28 декабря в отеле «Марриотт» в бостонском торговом центре «Копли-плейс». Получилось не самое поучительное зрелище. Рут Баркан Маркус, интересы которой собирался отстаивать Смит, не приехала. Крипке тоже. Как и большинство его принстонских коллег, если уж на то пошло (одни философы истолковали их отсутствие как знак солидарности с Крипке, а другие – как подозрительную неспособность его поддержать). Зато на доклад пришло довольно много принстонских старшекурсников, которые постарались, чтобы их присутствие не осталось незамеченным: они перебивали Смита сердитыми возгласами (слышали, как один ненавистник закричал: «Это Маркус вас подговорила, да?») и демонстративно покинули зал, когда докладчик приступил к подробному рассказу об «историческом недоразумении», из-за которого Крипке была приписана заслуга, принадлежавшая, по мнению Смита, Рут Маркус.

– С точки зрения истории философии, – объявил Смит, – исправить это недоразумение так же важно, как было бы важно исправить недоразумение в гипотетической ситуации, если бы практически все философы приписывали платоновскую теорию форм Плотину.

Громкие заявления Смита не остались без ответа. Философское сообщество назначило его оппонентом Скотта Сомса, молодого специалиста по философии языка из Принстона; некоторые слушатели, видимо, считали, что Сомс – киллер от философии, которого нанял факультет Крипке. (На самом деле его попросили выступить с комментариями организаторы конференции после того, как два-три других философа отказались.)

– Моя сегодняшняя задача необычна и не особенно приятна, – начал Сомс, после чего отчитал Смита за «гнусные инсинуации» – обвинения Крипке в интеллектуальном воровстве. Он облил презрением утверждение Смита, что Крипке позаимствовал принципы новой теории референции у Маркус, причем сначала неправильно понял их, а потом, разобравшись наконец, решил, что они его собственные, а остальное философское сообщество отчего-то поддалось на этот обман. – Если и произошел скандал, – заключил Сомс, – то лишь потому, что такие легкомысленные и некомпетентные обвинения удостоились такого серьезного внимания.

Но дело этим не кончилось. По правилам Американской философской ассоциации, докладчик имеет право ответить на замечания оппонента. Поэтому Смит поднялся и выступил с вторичным возражением – оно было на 27 страницах (не считая примечаний), почти столько же, сколько первоначальный доклад и замечания Сомса вместе взятые.

– Я не считаю, что уместно и полезно прибегать к таким выражениям, как Сомс в своем ответе, – сказал он слушателям. – Философские разногласия не улаживают, награждая противника всевозможными оскорбительными эмоциональными эпитетами: нужно предлагать разумные аргументы, и я ограничусь аргументами.

На это аудитория устроила ему овацию.

Смит пустился в бесконечное перечисление текстуальных и философских тонкостей, однако некоторое время спустя председатель секции Марк Ричард из Университета имени Тафтса попытался его прервать. Несколько слушателей возразили и закричали, что докладчику нужно дать высказаться. Ричард молча уступил, но затем в нарушение протокола предоставил Сомсу слово во второй раз. («У меня возникло ощущение, что он действует по указаниям Сомса», – вспоминал впоследствии Смит.)

– Если эти идеи сформулировала Маркус еще до Крипке, почему же никто ничего не говорил больше двадцати лет? – задал Сомс риторический вопрос.

– Может быть, женщинам-философам следует задать этот вопрос всему нашему сообществу, – послышался голос представительницы соответствующего гендера, отчего в аудитории повисла неловкая пауза.

Прошло уже больше года⁴⁴, а «скандал Крипке» так и не утих. Материалы конференции – оригинальный доклад Смита, ответ Сомса, возражение Смита – недавно были опубликованы в философском журнале *Synthese*. И сейчас спорщики пересматривают свои аргументы и пишут еще две статьи – еще пространнее: последний черновик Смита приближается к 70 страницам. Тем временем светила философии – Элизабет Энскомб, Дональд Дэвидсон и Томас Нагель – подписали обращение в Американскую философскую ассоциацию, где утверждается, что «сессия национальной конференции Ассоциации – не место для этических обвинений в адрес нашего коллеги, даже если эти обвинения удалось опровергнуть». Обращение было опубликовано в квартальном сборнике Ассоциации, и в нем далее говорится, что Американская философская ассоциация обязана публично извиниться перед Крипке.

Похоже, философское сообщество раскололось на несколько лагерей, которые определяются не только убеждениями касательно интеллектуальной оригинальности и авторского права, но и полным диапазоном сильных чувств к Крипке как к человеку. Ведь он по натуре замкнут, мрачен и вызывает скорее робкое благоговение, чем дружеские чувства. Он склонен к эксцентричным выходам, постоянно порождающим слухи и сплетни. И даже те, кто утверждает, что безмерно восхищается его интеллектуальными достижениями, зачастую жалуются, что он ведет себя как «жандарм» аналитической философии и с высоты своего положения наказывает других философов за глупость и вторичность. А теперь по иронии судьбы «под колпаком» оказался сам полицейский Крипке.

Рут Маркус уклонилась от участия в дискуссии, хотя, чтобы показать, что голос Смита – не «глас вопиющего в пустыне», прислала мне с десяток журнальных статей, написанных за много лет разными философами, где автором новой теории референции называют именно ее. Крипке, напротив, безо всякого стеснения выражает обиду и раздражение.

– Во-первых, то, что утверждает Смит, – неправда, – говорит он. – А во-вторых, даже если бы это была правда, нужно было подойти к вопросу ответственнее.

И в самом деле, здесь есть от чего впасть в раздражение. Если кто-то позаимствовал у кого-то несколько страниц прозы, это сразу видно – достаточно посмотреть на обсуждаемые отрывки и сравнить. Отождествить идеи – задача более сложная. Если кто-то открыл новую идею и выразил ее ясно и эксплицитно, намеки на нее должны как-то проявляться в более ранних текстах. Есть ли они в работах Маркус и Крипке – или мы просто занимаемся исторической подтасовкой? Правда ли, что Оливер Хевисайд вывел формулу $E=mc^2$ до Эйнштейна? Правда ли, что Ферма очертит основную теорему математического анализа еще до Ньютона? Можно ли найти все идеи фрейдизма в «Гамлете»?



Устрашающая сложность идей, вокруг которых ведутся споры в деле Маркус/Крипке, не проясняет их генеалогию. Хотя в основном они касаются философии языка, у них есть более глубокий источник – модальная логика, формальное изучение различных модальностей истины, необходимости и возможности, которыми может обладать то или иное утверждение. Первым ее изучал Аристотель, она была в моде среди средневековых школяров, оказалась забыта их современными преемниками, однако пережила второе рождение в XX веке благодаря трудам философов вроде К. И. Льюиса и Рудольфа Карнапа.

⁴⁴ Эссе впервые опубликовано в феврале 1996 года.

В конце сороковых годов XX века Рут Баркан Маркус, тогда еще незамужняя старшекурсница Рут К. Баркан, добавила к аппарату модальной логики несколько новых формальных черт, чем существенно расширила ее философские следствия. А через десять лет вундеркинд Сол Крипке придал модальной логике то, чего в ней раньше не доставало – толкование, семантику. Опираясь на мысль Лейбница, что реальный мир – лишь один из великого множества возможных миров, миров, где снег зеленый, миров, где Макговерн победил Никсона, – Крипке определил утверждение как необходимо истинное, если оно справедливо для всех возможных миров, и возможно истинное, если оно справедливо для какого-то возможного мира. Затем он доказал, что модальная логика – формально «полная» система, и в 1959 году, в нежном возрасте 18 лет, опубликовал об этом поразительно глубоком заключении статью в *The Journal of Symbolic Logic*.

Вскоре после этого, в феврале 1962 года, Крипке присутствовал на семинаре в Гарвардском клубе преподавателей, который теперь вошел в легенды. Все собрались послушать доклад Рут Маркус «Модальности и содержательные языки». Обстановка была не слишком доброжелательной для докладчицы, поскольку гарвардские философы были склонны довольно мрачно относиться к идее необходимости и возможности как таковой. «Я для них была чужестранка, словно библейская Руфь, в честь которой меня называли», – вспоминала впоследствии Рут Маркус. Особенно холодно доклад встретил оппонент – Уиллард Куайн, который, как сказала Маркус, видимо, полагал, что современная модальная логика «зачата в грехе», причем этот грех – путать слово и то, что оно означает.

Хотя основную часть доклада Маркус посвятила защите модальной логики от враждебных выпадов Куайна, она воспользовалась случаем и развила некоторые идеи философии языка, которые начала разрабатывать в середине сороковых, когда писала диссертацию. Эти идеи касались отношений между именем собственным и объектом, который оно называет. Еще с начала века общепринятая теория имен собственных, которую принято приписывать Готлобу Фреге и Бертррану Расселу, состояла в том, что любое такое имя влечет за собой ассоциации с целой совокупностью описаний, а они составляют его значение или смысл. Референт имени – уникальный объект, который удовлетворяет описаниям. Согласно теории Фреге – Рассела, референт имени «Аристотель» – уникальный предмет, удовлетворяющий ассоциированным описаниям вроде «наставник Александра Македонского», «автор “Метафизики”» и т. д.

Если имена собственные – и в самом деле замаскированные описания, они должны вести себя как описания во всех логических контекстах, в том числе в контексте модальной логики. Однако, как отметила Маркус, это попросту не так. Например, «Аристотель есть Аристотель» – утверждение необходимо истинное, тогда как «Аристотель – автор “Метафизики”» – лишь непротиворечивое, поскольку можно представить себе обстоятельства, в которых исторический Аристотель стал не философом, а, скажем, свинопасом. Подобные соображения подсказали Маркус, что имена собственные привязаны к своим объектам не через участие описательных смыслов. Имена собственные относятся прямо к своим носителям – как бессмысленные ярлыки. Если прибегнуть к более старому выражению Джона Стюарта Милла, у имен собственных есть денотация, но нет коннотации.

Все это, конечно, не более чем жалкая пародия на подлинную аргументацию Маркус – более подробное объяснение вышло бы за рамки жанра: доклад вышел чудовищно сложным и абстрактным. Неудивительно, что на обсуждении, состоявшемся в тот же день в Кембридже, Маркус, Куайн и вундеркинд Крипке, который был еще студентом, судя по всему, сами не понимали, что говорят о разных вещах. Однако сейчас очевидно одно: Маркус применяла модальные рассуждения, чтобы опровергнуть традиционную теорию значения имен, и это стало шагом к новой теории референции, той самой, которая во всей своей полноте родилась из принстонских лекций Крипке десять лет спустя. Но исчерпывается ли этим работа Маркус?



Этот вопрос и задал себе Квентин Смит зимой 1990 года, когда получил письмо от Маркус, с которой не был знаком лично. В письме говорилось, что ссылка, которую он сделал в статье о «теории собственных имен Крипке – Донеллана», не вполне точна, поскольку в создании теории принимала участие и сама Маркус (философ Кит Донеллан из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе тоже занимался разработкой новой теории референции). У Смита мальчишеское лицо, тихий голос и на первый взгляд робкая манера держаться. Он начал свою карьеру как феноменолог, но затем стал отступником и ушел в аналитическую философию. Судя по списку его публикаций, он необычайно плодовит и обладает широким кругозором: его книгу «Язык и время» (Smith, Q., *Language and Time*, 1993) один рецензент назвал «шедевром», а сейчас он готовит к печати «Вопрос этического и религиозного смысла» (*The Question of Ethical and Religious Meaning*) и труд под скромным названием «Объяснение Вселенной» (*Explaining the Universe*)⁴⁵. Однако до появления в Бостоне Смит не был особенно известен среди коллег. Письмо от Маркус он получил, когда только приступал к работе над книгой по истории аналитической философии. Он оторвался от работы и прочитал работу Маркус «Модальности и содержательные языки». Изучил несколько ее ранних статей. С 1990 по 1994 год Смит пытался разобраться в интеллектуальных отношениях между трудами Маркус и Крипке (после выступления в Кембридже и споров с Куайном и прочими Маркус сделала серьезный вклад в философскую логику и написала много весьма авторитетных работ по теории веры и природе моральных дилемм). Смит вступил в регулярную переписку с Маркус, однако, по его словам, так и не получил от нее подробных комментариев. И наконец он пришел к выводу, что практически все основные идеи новой теории референции, те самые, которыми Крипке «перевернул философию», на самом деле принадлежат Маркус.

Это сенсационное заявление Смит и обрушил на своих слушателей на конференции Американской философской ассоциации в 1994 году. Он и сам не ожидал, что оргкомитет включит в программу его доклад из-за его «необычной природы». Сначала Смит выделил шесть основных идей, которые, как он установил, ошибочно приписывают Крипке и прочим, а затем предложил две причины «распространенного заблуждения» относительно исторических корней новой теории референции. Первая была достаточно невинной: несмотря на репутацию Маркус как одного из основоположников логики и философии языка, философское сообщество просто упустило из виду ее ранние работы. Зато вторая внушала некоторую тревогу. Крипке сам не понял, что главные идеи принадлежат Маркус, причем не злонамеренно, а по глупости. Хотя юный Крипке и присутствовал на эпохальном докладе Маркус, он тогда не понял до конца ее мысли – по крайней мере, такой вывод сделал Смит из некоторых его замечаний в стенограмме дискуссии. В предисловии к изданию «Тождества и необходимости» 1980 года Крипке отмечает, что большинство мыслей, вошедших в эту книгу, «были сформулированы примерно в 1963–1964 году». С точки зрения Смита, это свидетельствует, что Крипке сумел разобраться в аргументах Маркус только через год-два после доклада, и новообретенные знания, вероятно, создали у него иллюзию, будто эти идеи абсолютно новы и принадлежат ему. «Подозреваю, что подобные случаи в истории мысли и искусства совсем не редки», – заключил Смит с нарочитой мягкостью.

Скотт Сомс, защищая Крипке от «скандальных» и «карикатурно-неточных» обвинений в докладе Смита, начал с того, что заверил всех присутствующих в своем почтении и дружеских чувствах к Рут Маркус (в конце семидесятых он работал вместе с ней в Йеле, когда пре-

⁴⁵ Первая книга опубликована в 1997 году под названием *Ethical and Religious Thought in Analytic Philosophy*, вторая, насколько мне известно, так и не увидела свет.

подавал там, а в дальнейшем участвовал в сборнике в ее честь). Он оговорился, что его критические замечания относятся исключительно к Смит. Признав, что Маркус действительно предвосхитила некоторые положения новой теории референции, он сделал упор на том, что «это ни в коем случае не умаляет фундаментальных заслуг Сола Крипке». Более того, продолжал он, некоторые идеи, которые Смит приписал Маркус, например, что имена собственные не эквивалентны описаниям, уже были ранее сформулированы другими логиками, особое место среди которых занимает Фредерик Фитч. Об этом утверждении Сомс впоследствии, вероятно, пожалел, поскольку оно дало Смит возможность подчеркнуть, что Фитч на самом деле был научным руководителем Маркус с 1943 по 1945 год, когда она писала диссертацию, и поблагодарил свою аспирантку за идеи и открытия в одной статье, которую Сомс не упомянул.

Однако такие осязаемые улики довольно редки. По большей части продолжающийся и сегодня диспут между Квентином Смитом и Скоттом Сомсом по поводу того, кто на самом деле стал отцом-основателем или матерью-основательницей новой теории референции, требует очень тонкого философствования. Возьмем хотя бы идею жесткости. «Жесткий десигнатор» – это термин, означающий одного и того же индивидуума во всех возможных мирах. (Например, «Бенджамин Франклин» – жесткий десигнатор, а «изобретатель бифокальных очков» – нет, поскольку существуют возможные миры, где эта заслуга принадлежит не Франклину, а кому-то другому.) Термин «жесткий десигнатор» ввел в обращение Крипке, в этом никто не сомневается. Однако Смит настаивает, что открыла это понятие Маркус (установить терминологический приоритет несложно, а понятийный – трудно). «Не может такого быть!» – возражает Сомс: жесткая десигнация предполагает более общую идею референта термина в возможном мире, а у Рут Маркус не было достаточно богатой семантической основы, чтобы обеспечить такое понятие. «Двойная ошибка!» – парирует Смит. На самом деле Маркус располагала семантической основой, столь же богатой, что и у Крипке, но это неважно, поскольку такая основа и не нужна для определения понятия жесткой десигнации. В действительности необходимы лишь основные элементы модальной логики и условное наклонение – и, собственно, с поклоном добавляет Смит, именно этими средствами воспользовался Крипке, чтобы ввести понятие строгого указателя в «Тождестве и необходимости».

Это едва ли не самый простой пример препирательств между противниками (причем Сомс, несомненно, считает, что за ним остался еще один выстрел). Большинство вопросов авторского права опирается на строго научные доводы такой тонкости, что по сравнению с ними, скажем, легендарный ученый спор о правках в тексте «Улисса» в восьмидесятые годы XX века кажется популярным докладом по криминалистике для любознательных школьников. Соберите коллегия из случайно отобранных профессиональных философов и дайте им послушать, как Смит и Сомс отстаивают свои позиции, – и они, вероятно, не будут знать, что и думать. Тем не менее само обвинение совершенно понятно – и очень сурово. Если Смит прав, заслуги Крипке уменьшаются вдвое. Мало того, что его репутация зиждется на достижении, на самом деле принадлежащем другому философу, к тому же женщине, на которую сообщество, состоящее преимущественно из мужчин, посматривает свысока: он еще и не смог этого понять, потому что сначала не разобрался в теории. Для гения есть только одно обвинение хуже плагиата – это глупость.



К счастью, из этого диспута можно кое-что почерпнуть, и не прорабатывая все тонкости аргументации Смита и Сомса. Все-таки жизнь коротка. Начать проще всего с вопроса, что, собственно, такое новая теория референции. Как философское движение ее можно рассматривать как реакцию против нескольких прежних течений в аналитической философии XX века. Возродив к жизни богатую метафизическую идею возможных миров и всерьез рассмотрев наши

интуитивные представления по этому поводу, новая теория референции показала длинный нос логикам-позитивистам, которые утверждали, что дискурс имеет смысл только в том случае, если его можно проверить на опыте в реальном мире. А свободное применение экзотических инструментов позволило ей отринуть приземленные методы философов обыденного языка, которые вдохновлялись трудами позднего Витгенштейна.

Но особенно сильно новая теория референции противоречит традиционным философским представлениям в своем антиментализме: она отказывается ставить семантику в зависимость от разума носителей языка. Смыслы заключены не в голове, гласит теория, они во всем мире – мире, описанном наукой. Антиментализм очевиден и в утверждении, что имена собственные относятся к своим объектам непосредственно, без промежуточного звена из ментальных представлений или описаний. Однако сторонники теории на этом не останавливаются. Они еще и утверждают, что так же устроены и многие имена нарицательные – слова вроде «золото», «тигр» и «теплота». Подобные «естественные виды» не имеют определений в привычном смысле, гласит теория. Например, можно ли считать золотом то или иное вещество, определяется не тем, что перед нами тяжелый мягкий желтый металл, все это лишь его особые качества, которые в другом возможном мире могут быть и иными. Золотом его делает атомная структура, которая во всех возможных мирах одинакова; она и составляет его суть. Разумеется, то, что атомный номер золота 79 – сравнительно недавнее научное открытие, а до этого люди говорили о золоте без особой концепции в голове, которая отличала бы его от других элементов (большинство делают так и сегодня).

Но чем же термины вроде «Аристотель» и «золото» связываются со своими референтами, если не через смыслы в голове носителей языка? Причинными цепочками, утверждает новая теория референции. Сначала термин ставится в соответствие своему объекту при первичном назывании, скажем, если на него указать, а затем причинно переходит на другие через разнообразные коммуникативные акты – разговоры, чтение и так далее. Так, если я сейчас говорю «Аристотель», это становится последним звеном в причинной цепочке, которая тянется назад во времени (и на восток в пространстве) к самому Стагириту в тот момент, когда ему было даровано это блистательное имя.

Так что новая теория референции охватывает массу взаимосвязанных идей. Стивен Шварц, редактор одного из первых и весьма авторитетного сборника статей о новой теории референции «Тождество, необходимость и естественные виды» (*Naming, Necessity, and Natural Kinds*), предлагает вполне рабочую таксономию. Он пишет, что «три основные черты» новой теории – каждая из которых «прямо противоречит основным положениям традиционного мышления о смысле и референции» – таковы: «Имена собственные жестки [относятся к одному и тому же объекту или индивидууму во всех возможных мирах]; естественные виды в отношении референции такие же, как к именам собственным; референция зависит от причинных цепочек».

Сколько из этих трех черт восходят к Крипке? Сам Смит признает, что вторая и третья в том виде, в каком Крипке представил их в своих лекциях в Принстоне в 1970 году, «действительно новы». Все идеи, об авторстве которых ведутся споры, подпадают под первую категорию – жесткость имен собственных. Поэтому Сомс, похоже, справедливо утверждает, что хотя Рут Маркус, вероятно, предвосхитила некоторые из этих идей, это «не умаляет фундаментальных заслуг» Крипке в создании новой теории референции. Даже философы, у которых были серьезные интеллектуальные расхождения с Крипке, в этом, как правило, согласны. «Вероятно, ни одна из этих идей не принадлежит единолично Крипке, да он на это и не претендует, – говорит философ Колин Макгинн из Университета имени Ратджерса⁴⁶. – Однако Крипке первым облек

⁴⁶ В дальнейшем Макгинн работал в Университете штата Майами, а сейчас ушел на покой.

их в привлекательную форму, чтобы их значение стало понятным даже не-логикам, которые смогут делать из них выводы, не замеченные другими».

Впрочем, Квентин Смит в любом случае проявил недюжинный талант, не говоря уже об отваге, решив отстаивать свою позицию, что у истоков новой теории референции стояла Рут Маркус, а не Сол Крипке. Более того, иногда кажется, будто Смит перегибает палку, когда приписывает Рут Маркус не только идеи, которые у нее явно были в более или менее зачаточной форме, но и все логические следствия, которые ему самому удалось вывести с присущей ему изобретательностью. Смит обосновывает свою работу как вполне законное исследование по истории современной философии, беспристрастное представление философских доводов, призванных уточнить генеалогию важной теории. Если это исследование породило жаркие споры, объяснение очень простое: философы, о которых идет речь, живы и продолжают работать.

Критики Смита с этим не согласны. Они утверждают, что высказывать свои обвинения публично ему не следовало. Даже если он не обвинял Крипке в плагиате прямо, все же были затронуты щекотливые проблемы профессиональной этики и заданы интимные вопросы о мыслительных процессах Крипке.

– Мне трудно вспомнить, в каком состоянии были мои мысли тридцать лет назад, – сказал сам Крипке, когда я решил обсудить с ним претензии Смита. – Да, конечно, Рут в своем докладе в 1962 году говорила, что имена собственные не синонимичны описаниям, – продолжает он. – Подмножество идей, которые я потом развил, там прослеживались вчерне, но аргументации применительно к естественным языкам ей очень не доставало. Почти все, что она говорила, я к тому времени уже знал. Я знал о теории имен Милла, о теории логических имен собственных Рассела и надеюсь, что поскольку я работал над семантикой модальной логики, то мог и сам понять, что из этого следует для модальной логики. Определенно не помню, чтобы мне приходило в голову: «Ух ты, какая интересная точка зрения, пожалуй, стоит ее проработать», и сомневаюсь, чтобы у меня появлялись какие-то бессознательные разновидности этой мысли.

Хотя Крипке считал за лучшее не возражать Смицу публично, он все же задумывался, не подать ли в суд на Американскую философскую ассоциацию, но вскоре решил так не делать. А прошлой весной он вышел из этой организации⁴⁷.

– Помню, как раскричалась моя жена [философ из Принстона Маргарет Джилберт], когда увидела резюме статьи Смита в «Трудах АФА» за 1994 год, – рассказывает Крипке. – Формулировки и вправду были хлесткие. Оргкомитету пришлось иметь дело с сотнями заявок, поэтому они не могли тратить время и силы на то, чтобы выяснить, обоснованы ли обвинения Смита. Мне приходило в голову, что стоит подать в суд, но идти этим путем мне не хочется, поскольку тогда придется подавать в суд на АФА. Только представьте себе, как судья и присяжные пытаются разобраться в технических вопросах философии языка! И вообще, я сомневаюсь, что когда-нибудь шел против собственной совести, – заключает Крипке. – Я просто пытаюсь сделать посильный вклад в развитие профессии. И если меня и дальше будут за это подкусывать в спину, я, пожалуй, не буду больше обращать на это внимания.



По мнению многих коллег, Крипке избрал убедительную линию защиты. Однако это заставляет их задуматься, насколько противоречива его роль в своей области. Действительно ли Сол Крипке – гений, не имеющий себе равных? Или он просто вундеркинд, так и не оправдавший надежд? Карьера Крипке во всем зависит от коллег. И ясно, почему.

⁴⁷ В 1995 году.

Если вернуться в прошлое и перечитать все то немногое, что Крипке опубликовал – «Тождество и необходимость» и книгу 1982 года «Витгенштейн о правилах и индивидуальном языке», невозможно не поразиться тому, какое колоссальное удовольствие они доставляют. Крипке с его юмором, ясностью, лукавой изобретательностью, широтой кругозора, любознательностью и блистательной оригинальностью – пожалуй, единственный удобочитаемый автор среди аналитических философов. А еще он страстно любит свой предмет, и это обезоруживает. На страницах «Тождества и необходимости» он между делом замечает: «На самом деле сентенции вроде “Сократа зовут Сократ” очень интересны, и можно, как ни странно, часами говорить об их анализе. Как-то раз я так и поступил. Но сейчас не стану. (Взгляните, как высоко вздымаются морские воды языка. Причем и в низших точках)»⁴⁸.

Однако и с противоречиями Крипке знаком не понаслышке. Коллег он подчас критикует безжалостно. И сам был жестоко бит за книгу о Витгенштейне – это была отдача после восторгов, которые вызвало ее появление. Труды Питера Хакера и Гордона Бейкера «Скептицизм, правила и язык» (Hacker, P. M. S., Baker, G., *Scepticism, Rules, and Language*, 1984) и Колина Макгинна «Витгенштейн о смысле» (McGinn, C., *Wittgenstein on Meaning*, 1984) в конце концов убедили многих философов, что интерпретация Крипке ошибочна. «В его жизни впервые нашлось место способности ошибаться», – замечает Макгинн.

Более того, критики упрекали Крипке в том, что он надменно игнорирует достижения других философов в областях, над которыми работал сам. Яакко Хинтиikka⁴⁹, выдающийся философ из Бостонского университета и редактор *Synthese*, утверждает, что решил напечатать статьи Смита и Сомса, поскольку «они указывают на закономерность в карьере Крипке – закономерность, которая проявляется раз за разом. Другой такой случай произошел в 1982 году, когда Крипке опубликовал свое толкование “аргумента индивидуального языка” безо всякой ссылки на очень похожую работу, которую за шесть лет до этого опубликовал по этой же теме Роберт Фогелин».

Хинтиikka имеет в виду «скептическое решение» парадокса следования правилам, который сформулировал Витгенштейн. Фогелин, философ, преподававший в Йеле, а затем переехавший в Дартмут, опубликовал свою интерпретацию парадокса Витгенштейна в своей книге «Витгенштейн» (Fogelin, R., *Wittgenstein*, 1976). Во втором издании своей книги Фогелин сделал сноску на шесть страниц, где указывал на тесные параллели между своим толкованием и рассуждениями Крипке, однако утверждал, что его собственная интерпретация значительно полнее.

– Я не сомневаюсь, что Крипке действовал из наилучших побуждений, – продолжает Хинтиikka. – Он не присваивает чужих идей, по крайней мере, сознательно. Он не виноват ни в чем страшнее колоссальной наивности и профессиональной незрелости. На самом деле во всем повинно философское сообщество, которое из-за некритичного, романтического представления об этом вундеркинде слишком легко присваивает ему заслуги за новые идеи, пренебрегая вкладом других ученых. Возможно, Крипке получил свои результаты независимо, но зачем же приписывать все достижения ему одному?

Другие философы соглашались, что «культ гения», сложившийся вокруг Сола Крипке, похож, только вредит и самому Крипке, и профессии в целом.

– Учитывая, что большинство сегодняшних философов занимаются довольно скучными вещами, они считают, что философии нужен гений – романтический гений, как в девятнадцатом веке, – замечает Роберт Соломон, философ из Техасского университета, автор, среди прочего, книги «О любви» (Robert Solomon, *About Love*)⁵⁰. – Витгенштейн был последним гением

⁴⁸ Перевод мой. – Прим. перев.

⁴⁹ Хинтиikka скончался в 2015 году на родине, в Финляндии.

⁵⁰ Соломон скончался в 2007 году.

в нашей среде. Его обожал весь Кембриджский университет, все его студенты подражали его странной манере говорить и нервным жестам. А теперь Витгенштейна нет, нам понадобился новый гений, и Сола Крипке, знаменитого своими чудаковатыми выходками, когда приятными, когда и нет, вынудили играть эту роль. Его так балуют, так лелеют, так обожают все вокруг, что удивительно, как он еще сохранил способность различать добро и зло. Он будто идиот-савант, нуждающийся в защите и опеке.

Соломон затрагивает и вопрос гендера.

– Где они, все женщины-философы? – спрашивает он. – Сколько раз за последние две тысячи лет случалось, чтобы талантливого мужчину прославляли за разработку идей, которые открыла талантливая женщина? (Когда я передал это Крипке, тот одновременно с обидой и ехидством ответил, повысив сипловатый голос до фальцета: «Вроде бы Роберт Фогелин никогда не претендовал на то, что он женщина».) Несколько рецензентов сборника статей Маркус «Модальности» (Marcus, R. B., *Modalities*, 1993) вслед за Смитом утверждают, что ее ранние работы по философской логике были незаслуженно обойдены, и называют ее родоначальницей идеи прямой референции. Впрочем, вероятно, большинству философов кажется естественным считать теорию, построенную вокруг понятия «жесткий десигнатор», делом чисто мужским.



Прошла уже четверть века⁵¹ с тех пор, как Сол Крипке взбудоражил англоязычный философский мир новой теорией референции, зачатки которой предвосхитила Рут Маркус еще на четверть века раньше. Вопрос, который задал Смит, очень важен для истории идей. Но остается ли новая теория референции живой областью исследований и поныне?

– Да, конечно, – говорит мне Скотт Сомс. – Тезисы, представленные в «Тождестве и необходимости», играют важнейшую роль в развитии философии. Они положили начало новым областям философии сознания – например, изучению роли веры и желания в объяснении поведения.

Но не все с ним согласны.

– В конце семидесятых и в восьмидесятые в журналах было полно статей о философских аспектах модальной логики и ее выводах относительно истины и референции, – говорит Барри Левер, философ из Университета имени Ратджерса. – Теперь их почти не увидишь.

Роберт Соломон тоже говорит об этом не без желчи:

– Если начинаются споры, кому первому пришла в голову та или иная идея, значит, философскому направлению конец. Сейчас даже стыдно вспоминать все эти рассуждения о возможных мирах, жестких десигнаторах и естественных видах. Они занимают квадратный миллиметр в квадратном сантиметре, составляющем узкую область философии языка, – крошечная точка на гектаре философии в целом.

– Да что он знает?! – вопит Крипке в ответ. – Он же феноменолог!

Но и в самом деле философское мировоззрение, которое предполагает новая теория референции, в сегодняшнем интеллектуальном мире считается самым что ни на есть немодным. Подумать только – считать внешний мир реальным, полным объектов, обладающих сущностями, и об этих сущностях говорят не поэты и не феноменологи, а ученые!⁵²

В последние десять лет о Крипке почти ничего не слышно. В философском мире вокруг него так и роятся слухи, предположения и противоречия, а за его пределами он практически не известен. Когда я упоминал его в разговорах со знакомыми литературными критиками, политологами, учеными и интеллектуалами из других областей, не имеющих отношения к

⁵¹ На сегодня – уже почти полвека.

⁵² Впрочем, мода снова изменилась, и в Париже уже поговаривают о Новой объективности.

философии, обычно мне отвечали: «Крипке? А, да, слышал о таком. Это его портрет сто лет назад напечатали на обложке *The New York Times Magazine*»⁵³. Люди, способные в мельчайших подробностях обсуждать философию Ричарда Рорти, не способны вспомнить ни единой идеи, хотя бы смутно ассоциируемой с именем Крипке. С этим именем собственным почти не связано описаний, в нем нет никакого «смысла по Фреге». Переживет ли Крипке свое время? Запомнят ли потомки его имя?

Все это заставляет вспомнить другой отрывок из «Тождества и необходимости»: «Возьмем, к примеру, Ричарда Фейнмана, на которого многие из нас вполне могут сослаться. Это ведущий современный физик. Все здесь, не сомневаюсь, могут рассказать, в чем заключается суть теорий Фейнмана и чем они отличаются от теорий Гелл-Мана. Однако обычный прохожий, не обладающий такими способностями, тоже может употреблять имя “Фейнман”. Если его спросят, кто это, он скажет: “Какой-то физик вроде бы”. Возможно, он не думает, что таким образом дает описание уникального человека. Я по-прежнему считаю, что он применяет имя собственное “Фейнман” как фамилию Фейнмана»⁵⁴.

Подобным же образом, если новая теория референции верна, первый попавшийся ученый может употреблять фамилию «Крипке» для референции к Крипке, даже если все, что он может сказать, – что это «какой-то философ». А если новая теория референции ошибочна? Если имена эквивалентны описаниям? В этом случае, говоря о «Крипке», мы говорим об «авторе новой теории референции». А тогда мы можем быть абсолютно уверены, что Квентин Смит неправ, ведь тогда то, что автор теории – Крипке, становится необходимой истиной. И лишь в каком-нибудь возможном мире «Крипке» – это на самом деле Маркус.

Постскриптум

Стоит сказать пару слов о последствиях этого диспута и публикации моего рассказа о нем (в *Lingua Franca*). Хотя Рут Баркан Маркус вежливо отклоняла мои просьбы о личном общении, когда я писал эту статью, после ее публикации она оказалась щедрым корреспондентом – и по телефону, и в переписке. Она призналась, что моя статья ей понравилась, хотя не одобрила эпитет «зачаточный» применительно к некоторым ее идеям.

Крипке тоже, по всей видимости, счел мой отчет в целом достаточно точным, судя по последующим телефонным звонкам. Крипке и Маркус относились друг к другу со сдержанной подозрительностью, о которой охотно рассказывали. Мысль, что я, пусть и ненадолго, стал наперсником сразу двух незаурядных личностей, кружила мне голову.

В философском мире в целом мнения об этой истории в основном соответствуют выводу из моей статьи: некоторые ключевые понятия новой теории референции действительно присутствовали в работе Маркус, и ее роль как основоположника этой теории незаслуженно забыта, но Крипке настолько обогатил эти идеи и делал из них такие чудесные метафизические выводы, что это само по себе оригинальное достижение, а не присвоение чужих заслуг. Что же касается Квентина Смита, впоследствии о нем высказывали суждения куда резче моих. В литературном приложении к *The Times* за 9 февраля 2001 года философ Стивен Нил назвал работу Смита по анализу относительного вклада Крипке и Маркус «путаной» и «не стоящей обсуждения» и добавил, что Смит у этой задача с философской точки зрения оказалась «не под силу».

Итак, вопрос в том, кому принадлежит открытие совокупности идей под названием «новая теория референции», ответа пока не получил, но все же со времени скандала приблизился к консенсусу. А как же сами идеи? Сохранили ли они живость и важность? Действи-

⁵³ Любопытно, что ту статью о Крипке с анонсом на обложке написал в 1977 году Тейлор Бранч, который затем получил Пулитцеровскую премию за первый том своей эпической трилогии о Мартине Лютере Кинге и борьбе за гражданские права.

⁵⁴ Перевод мой. – Прим. перев.

тельно ли «Крипковская революция», которой уже полвека, надолго обеспечила философам новый подход к центральным вопросам метафизики и эпистемологии?

Преданные сторонники теории вроде Скотта Сомса утверждают, что обеспечила. В своем объемистом двухтомном историческом труде «Философский анализ в XX веке» (Soames, S., *Philosophical Analysis in the Twentieth Century*), вышедшем через десять лет после диспута, Сомс приписывает Крипке заслугу возвращения в профессиональную философию мысли о важности интуитивных догадок, основанных на дофилософских соображениях, например, интуитивной догадки, восходящей к Аристотелю, что все в мире обладает реальными сущностями. Именно благодаря Крипке, утверждает Сомс, сегодняшние философы могут, не краснея, рассуждать о «естественных видах» и «необходимой истине».

Ричард Рорти в своей рецензии на труд Сомса в *London Review of Books* попытался усомниться в столь громких заявлениях и предположил, что если Крипке и возродил эссенциализм, это будет «краткосрочным реакционистским увлечением». Однако Рорти, возможно, принимает желаемое за действительное, поскольку предпочитает иной стиль философии, не такой профессиональный и технический, и больше склоняется к европейской традиции контакта с широкими культурными вопросами. (Сам Рорти когда-то был заметной фигурой в аналитической философии, но в последнее время коллеги его практически не упоминают.) Даже те философы, которые скептически относятся к ценности вклада Крипке, признают его авторитет. «Пожалуй, все согласны, что труды Крипке (особенно “Тождество и необходимость”) оказали на философию в США и Великобритании больше влияния, чем все остальное, что было написано после смерти Витгенштейна, – заметил Джерри Фодор. – Спросите любого специалиста, появлялись ли в последнее время гениальные философы, и вы обнаружите, что единственные кандидаты – это Крипке и Витгенштейн».

Сегодня Крипке уже под восемьдесят. Он ушел на пенсию из Принстона и сейчас занимает должность почетного профессора в Городском университете Нью-Йорка, где ради сохранения его интеллектуального наследия (в том числе огромного архива неопубликованных рукописей) был создан Центр Сола Крипке. Недавно провели неформальный опрос, кто был важнейшим англоязычным философом в 1945–2000 годах, и Крипке занял второе место – после У. Куайна (которого гением почему-то никогда не называли).

Рут Баркан Маркус умерла в 2012 году в возрасте 90 лет. Помимо строго научных работ по логике и философии языка она интересовалась и более общими вопросами, среди них стоит отметить возможные конфликты между разными моральными обязательствами. Тимоти Уильямсон, уайкхемский профессор логики из Оксфорда, в некрологе Маркус упомянул одно обстоятельство, о котором я не знал: почти весь первый этап своей карьеры, с 1948 года, вскоре после получения докторской степени в Йельском университете, и до 1963 года, год спустя после доклада в Гарварде, который слушал юный Крипке, она официально нигде не работала – «у нее не было постоянной должности ни на одном из крупных философских факультетов, и она к этому не стремилась. Она была женой и матерью и вела жизнь домохозяйки и специалиста по модальной логике». Далее Уильямсон восхваляет ее идеи – «не просто оригинальные, умные, красивые и интересные, не просто далеко опережающие свое время, но – и в этом я убежден – еще и верные».

Глава двадцать четвертая. Говори что угодно

Люди веками говорят чушь, отрицают, что говорят чушь, и обвиняют других в том, что те говорят чушь. «Тупой оратор, это чушь!» – восклицает персонаж английской пьесы XVII века. «Вовсе не чушь – говорить об общем мире, а не о войне», – объявляет государственный деятель той же эпохи. Английское слово *bull* – «чушь» – которым характеризуют дискурс в этих высказываниях, неясного происхождения. Одна освященная древностью гипотеза гласит, что это пренебрежительная отсылка к папским указам – буллам (от слова *bulla* – печать, подвешенная к документу). Другая возводит это слово к Обадии Буллу, ирландскому адвокату, который жил в Лондоне при Генрихе VII и славился нелогичностью своих слов и поступков. Лишь в XX веке слово *bull* в значении «напыщенная скучная глупость» стало семантически связываться с самцом коровы, а точнее, с его испражнениями. Сегодня принято считать, пусть и ошибочно, что это слово – эвфемистическое сокращение от *bullshit*, слова, которое, если верить словарям, вошло в употребление около 1915 года.

Если *bullshit*, в отличие от *bull*, – явное лингвистическое новшество, это, наверное, имеет отношение к другим явным новшествам – рекламе, связям с общественностью, политической пропаганде и педагогическим направлениям. «Одна из самых ярких черт нашей культуры – обилие в ней чуши (*bullshit*)», – говорит Гарри Франкфурт, выдающийся философ-моралист, почетный профессор из Принстона. Он отмечает, что засилье чуши мы приучились воспринимать как должное. Большинство из нас свято верят, что умеют ее распознавать, так что мы, наверное, просто не понимаем, насколько она опасна. К тому, кто пойман на чуши, относятся благосклоннее, чем к тому, кто пойман на лжи. («Никогда не лги, если можешь проложить себе дорогу чушью», – советует отец сыну в романе Эрика Эмбера.) Все это Франкфурта очень тревожит. На самом деле мы не узнаем, какое воздействие оказывает на нас чушь, пока не поймем, что это, собственно, такое. Вот зачем нам нужна теория чуши.

Свои усилия в этом направлении Франкфурт описал в статье, которую представил в виде доклада более тридцати лет назад на факультетском семинаре в Йеле. Затем статья была опубликована в журнале, потом – в сборнике работ Франкфурта; все это время поклонники его таланта распространяли фотокопии. В 2005 году статью напечатали как брошюру «О чуши» (Harry Frankfurt, *On Bullshit*) – в ней всего 67 страниц не слишком убористого текста, но она провела полгода в списке бестселлеров *New York Times*.

Философы по долгу службы склонны гадать о сущности вещей, у которых большинство простых людей и не подозревают наличия сущности, и в этом смысле чушь – весьма показательный пример. Есть ли качество, которым обладают все случаи чуши и не обладают все случаи не-чуши? Казалось бы, дурацкий вопрос, однако он ничем не отличается от вопросов, которые философы задают об истине, по крайней мере, по форме. Одна из самых мощных линий раскола в современной философии – можно ли сказать что-то значимое о сущности истины. Напротив, вопрос о сущности чуши кажется какой-то галиматьей. Однако между истиной и чушью есть параллели, которые приводят к некоторым затруднениям.

Представьте себе, что вы – ученый-философ и ищете сущность чуши. С чего вы начнете? «До сих пор, насколько мне известно, исследований в этом направлении было очень мало», – сухо замечает Франкфурт. Впрочем, он обнаружил, что в прошлом один философ уже пытался анализировать смежное понятие под более интеллигентным названием *humbug* – это слово тоже можно перевести как «чушь, чепуха». Этот философ заключил, что *humbug* – это нарочитая и заведомо неправильная интерпретация, очень близкая ко лжи (приходит на ум политик, разглагольствующий о важности религии в своей жизни). Такое определение Франкфурта не вполне удовлетворило. По его представлениям, разница между ложью и чушью – это скорее вопрос степени. Чтобы придать анализу новое направление, он рассматривает довольно стран-

ный случай с философом Людвигом Витгенштейном. Дело было в 1930-е годы, Витгенштейн пришел навестить знакомую, которая лежала в больнице. Ей только что удалили слюнные железы. Она прохрипела Витгенштейну:

– Чувствую себя как собака, которую переехал автомобиль.

Такое сравнение, вспоминает она, глубоко возмутило Витгенштейна.

– Откуда вы знаете, как чувствует себя собака, которую переехал автомобиль? – воскликнул он.

Разумеется, Витгенштейн мог просто пошутить. Но Франкфурт подозревает, что его отповедь была искренней, а не притворной. Ведь Витгенштейн, в конце концов, посвятил свою жизнь борьбе с коварными разновидностями абсурда. Как замечает Франкфурт, Витгенштейна возмутило не само сравнение, которое привела дама, а легкомыслие этого сравнения: «Ее вина была не в том, что она не сумела правильно сформулировать, а в том, что она даже не попыталась».

Сущность чуши, заключает Франкфурт, в том, что она порождается безо всякой заботы об истине. Чушь – не обязательно ложь: «Тот, кто говорит чушь, подтасовывает факты. Но это не значит, что он обязательно их искажает». Подтасовка фактов в исполнении того, кто говорит чушь, – это не искаженная интерпретация положения вещей, а маскировка безразличия говорящего к тому, истинно или ложно его высказывание. Лжец, напротив, очень даже озабочен истиной, пусть и извращенно: он хочет нас от нее увести. По мысли Франкфурта, лжец и говорящий правду играют в одну и ту же игру по разные стороны, и эта игра определяется авторитетом истины. Тот, кто говорит чушь, в принципе не играет в эту игру. В отличие от лжеца и того, кто говорит правду, слова говорящего чушь никак не связаны с его представлениями о том, как на самом деле все обстоит. Именно это и делает чушь такой опасной, пишет Франкфурт: она лишает человека способности говорить правду.

Статья Франкфурта о чуши примечательна сразу с двух точек зрения. Франкфурт не просто по-новому определяет, что отличает чушь от лжи, он еще и делает на основе этого заявления сильное утверждение: «Чушь – более страшный враг истины, чем ложь». Если это так, тех, кто пойман на чуши, нужно наказывать строже, чем тех, кто пойман на лжи. Лжец, в отличие от того, кто говорит чушь, хотя бы думает об истине, он стремится, чтобы его заявления коррелировали с истиной, пусть и отрицательно, поэтому учитывает подлинную картину, пусть и только для того, чтобы исказить ее до неузнаваемости.

Но не обеляет ли лжеца такой подход? Разумеется, теоретически бывают люди, которые лгут просто из любви к обману. О таком типаже рассказывает Блаженный Августин в своем трактате «О лжи». Тот, кто лжет, чтобы достичь какой-то иной цели, лжет непреднамеренно, утверждает Августин. А чистый лжец, напротив, «наслаждается ложью, радуется самой неправде». Но, как признает Франкфурт, такие лжецы встречаются крайне редко. Даже Яго и тот не был настолько чистосердечен.

Обычные лжецы – вовсе не принципиальные противники истины. Представьте себе, что какой-то не слишком щепетильный торговец подержанными автомобилями демонстрирует вам машину. Он говорит, что раньше ею владела симпатичная старушка, которая ездила на ней только по воскресеньям. Двигатель в прекрасной форме, утверждает он, работает без сучка без задоринки. Так вот, если торговец знает, что все это неправда, он лжет. Но какова его цель? Заставить вас поверить в противоположность истине? Нет, заставить вас купить машину. Он сказал бы все то же самое, если бы это по воле случая было правдой. И даже если бы он не имел ни малейшего представления, кто был прежним владельцем машины и в каком состоянии двигатель.

Как же классифицировать этот случай, исходя из жесткого разграничения между ложью и чушью, которое провел Франкфурт? Франкфурт сказал бы, что этот торговец стал лжецом по чистой случайности. Даже если он знает правду, он решает, что сказать покупателю, без

оглядки на нее. Но тогда практически любой лжец на самом деле не лжет, а говорит чушь. И у лжеца, и у того, кто говорит чушь, как правило, есть цель: продать товар, набрать голоса, удержать жену от развода, если вскрылись неприятные обстоятельства, повысить настроение себе-седнику, сбить со следа фашистов, которые ищут евреев. Лжец вступает в альянс с неправдой из соображений удобства и отказывается от него, как только цель достигнута.

Теоретическая граница между ложью и чушью, которую проводит Франкфурт, оказывается проницаемой, и это ясно из книги Лоры Пенни «Ваш звонок очень важен для нас: вся правда о чуши» (Penny, L., *Your Call Is Important to Us: The Truth About Bullshit*, 2005). Автор – молодая университетская преподавательница из Канады, в прошлом – профсоюзный деятель; она начинает с похвалы в адрес «тонкого и полезного» разграничения, которое предлагает Франкфурт: «Лжеца истина еще заботит. А тот, кто говорит чушь, не обременяет себя подобными заботами». Затем Лора Пенни применяет термин «чушь» к различным трюкам, которые пытаются проделывать с легковверной публикой всевозможные влиятельные силы, преследующие денежные интересы. «Почти все, что подают нам как новости, – на самом деле чушь», – утверждает Пенни; к этой же категории относится и лексикон юристов и страховщиков, и применение рок-песен в рекламах. Пенни даже обобщает это понятие не только на слова, но и на предметы. «Новый товар, который преобразит вашу жизнь, – скорее всего просто очередная дешевая пластиковая чушь», – пишет она. Временами, несмотря на поклон в сторону Франкфурта, Пенни приравнивает чушь к заведомому обману: «Никогда еще не было в истории человечества, чтобы люди высказывали столько утверждений, зная, что это неправда». Но затем Пенни говорит, что Джордж Буш-младший («который войдет в историю за количество сказанной им чуши») и его круг «отличались тем, что сами верили в свою чушь», то есть добросовестно заблуждались. Интересно, сказала бы она такой же двусмысленный комплимент Дональду Трампу.

Франкфурт признает, что в обыденном языке «чушь» применяется как «обобщенное оскорбление без какого-либо конкретного буквального значения». Он утверждает, что намерен выявить сущность описываемого явления. Но есть ли у чуши сущность? В статье под названием «В глубины чуши» оксфордский философ Дж. А. Коэн подчеркивает, что Франкфурт упускает из рассмотрения целую категорию чуши – ту чушь, которая встречается в ученых трудах (Cohen, G. A., *Deeper into Bullshit*). Если чушь в повседневной жизни порождается безразличием к истине, говорит Коэн, то чушь в академических кругах порождается безразличием к смыслу. Такая чушь может быть совершенно искренней, но при этом равным счетом ничего не означать. Коэн специализировался по марксизму и жаловался, что в молодости, в шестидесятые, постоянно становился жертвой подобного рода чуши, когда погрузился в изучение трудов французской марксистской школы, вдохновленных Луи Альтюссером. Попытки выявить какой-то смысл в этих неудобочитаемых невразумительных текстах так его измучили, что к концу семидесятых он основал марксистский дискуссионный клуб, девизом которого стали слова *Marxismus sine stercore tauri* – «Марксизм без бычьих экскрементов».

Всякий, кто знаком с разнообразными «теориями», просочившимися с Левого берега Сены на кафедры английского языка в США, способен привести сколько угодно примеров чуши высшего сорта. Но заклеить любой непонятный дискурс чушью было бы слишком поспешным решением. Коэн предлагает более точный критерий: дискурс должен быть не просто непонятным, но и непрояснимым. То есть чушь – это что-то невразумительное, что невозможно сделать вразумительным. Как защитить философов вроде Гегеля и Хайдеггера от обвинений в том, что их сочинения – чушь? Коэн утверждает, что для этого нужно не доказать, что их заботила истинность собственных выводов (чего было бы достаточно, чтобы оправдать их, если бы их обвинили в чуши по определению Франкфурта), а скорее попытаться показать, что в их сочинениях на самом деле есть смысл. А как доказать обратное – что то или иное утверждение безнадежно мутно и, следовательно, представляет собой чушь? Можно прибегнуть к

такому приему: добавить к утверждению отрицание и посмотреть, станет ли оно от этого правдоподобнее. Если нет, это утверждение – чушь. Кстати, Хайдеггер как-то раз был очень близок к тому, чтобы так поступить. В четвертом издании своего трактата «Что такое метафизика?», вышедшем в 1943 году, он утверждает: «Сущее может быть истинным существом». В пятом издании (1949) эта фраза выглядит иначе: «Истинным существом никогда не бывает то или иное сущее».

Франкфурт признает, что чушь высшего сорта – особая разновидность, но не считает, что она так уж опасна по сравнению с той чушью, которую он изучает. Подлинно бессмысленный дискурс может «приводить в ярость», говорит он, но едва ли его станут воспринимать всерьез достаточно долго, даже в академическом мире. А вот чушь, безразличная к истине, гораздо коварнее, утверждает Франкфурт, поскольку «цивилизованный образ жизни и существование институций, необходимых для его поддержания, фундаментально зависят от уважения к различию между истинным и ложным».

Насколько страшен тот, кто говорит чушь? Это зависит от того, насколько ценна правдивость. Когда Франкфурт отмечает, что без правдивости невозможно сохранить доверие, на котором строится общественная кооперация, он имеет в виду инструментальную ценность истины. А ценна ли она сама по себе – отдельный вопрос. Прибегнем к аналогии: предположим, хорошо функционирующее общество зависит от веры в Бога, и при этом неважно, есть ли Бог на самом деле. Кто-нибудь склонный к мятежным умонастроениям может усомниться в существовании Бога, не слишком заботясь о том, как это скажется на общественной морали. Точно так же можно относиться к вопросу об истине. Как отметил философ Бернард Уильямс в книге, опубликованной в 2002 году, незадолго до его смерти, подозрительное отношение к истине стало заметным течением в современной мысли. Уильямс полагал, что это прискорбно. «Если по-настоящему не убежден в существовании истины, к чему на самом деле влечет тебя страсть к истинности?»

Идея, что можно сомневаться в существовании истины, на первый взгляд дикая. Никто в здравом уме и твердой памяти не сомневается, что истинное и ложное различаются очень четко, если речь идет об утверждениях вроде «У Саддама было оружие массового поражения», «Выбросы углекислого газа влияют на изменения климата» или «Котик сел на коврик». Но когда речь заходит о более интересных предпосылках – утверждениях о том, что хорошо и что плохо, суждениях о красоте, великих исторических нарративах, рассуждениях о возможном, научных утверждениях о том, что невозможно наблюдать, – отстоять объективность истины становится труднее. «Отрицатели» истины, как называет их Уильямс, настаивают, что каждый из нас – пленник своей точки зрения, мы сочиняем истории о мире и пытаемся навязать их другим из стремления к власти.

Линия фронта между отрицателями и поборниками абсолютной истины извита довольно причудливо. На стороне защитников истины можно обнаружить папу римского на покое Бенедикта XVI, который твердо убежден, что моральные истины соответствуют божественным заповедям, и всячески клеймит явление, которое, как ни странно, называет «диктатурой релятивизма». На стороне «сойдет все что угодно» можно обнаружить того члена администрации Джорджа Буша-младшего, который высмеял идею объективных доказательств, заявив: «Теперь мы – империя и своими действиями создаем новую реальность». Из философов на стороне антиистины оказываются европейские постструктуралисты, в том числе Жан Бодрийяр и Жак Деррида. Казалось бы, их непримиримые противники в Британии и США, занимающиеся так называемой аналитической философией, должны оказаться в лагере поборников истины. Однако, как заметил Саймон Блекберн в своей книге 2005 года «Истина. Путеводитель» (Blackburn, S., *Truth: A Guide*), «брендовые» англоязычные философы последних пятидесяти лет – Витгенштейн, У. Куайн, Томас Кун, Дональд Дэвидсон, Ричард Рорти – разработали мощные линии аргументации, которые, по всей видимости, опровергают общепринятое

понятие истинности как соответствия реальности. И в самом деле, пишет Блекберн, «практически все тенденции в последнем поколении серьезных философов всячески поддерживают обстановку “сойдет все что угодно”» – ту самую обстановку, в которой процветает чушь.

Блекберн – профессор философии в Кембриджском университете и стремится быть на стороне поборников истины. Но при этом он хотел бы воздать должное и противнику. В своей книге он скрупулезно разбирает множество форм, которое принимает борьба с истиной, восходящая еще к философу Протагору, чьи знаменитые слова «Человек есть мера всех вещей» приводит Сократ как выражение опасного релятивизма. Релятивизм в его простейшей форме несложно опровергнуть. Возьмем хотя бы вариант, который между делом предложил когда-то Ричард Рорти: «Истина – это то, что вам спустят ваши современники». Беда в том, что современные американцы и европейцы не спустят вам такого описания истины, поскольку оно не может быть истинным по его же стандартам (в том же духе высказывался и Сидни Мордженбессер, когда желчно критиковал прагматизм, который, вообще говоря, приравнивает истину к полезности: «В теории все это прекрасно, но на практике не работает»).

Кроме того, часто слышатся жалобы, что истина в целом от нас всегда ускользает. Верно, говорит Блекберн, но и частичные истины могут быть совершенно объективными. Он цитирует остроумный ответ Клемансо скептикам, которые спросили, что скажут историки будущего о Первой мировой войне: «Они не скажут, что Бельгия захватила Германию».

Если релятивизму нужен броский лозунг, им может послужить афоризм Ницше «Нет никаких фактов, только интерпретации». Ницше был склонен писать так, словно истину создают, а не открывают, и весь вопрос в том, как заставить других разделить наши представления, а не как привести эти представления в соответствие с реальностью. Другое высказывание Ницше гласит: «Истины – иллюзии, о которых мы забыли, что они иллюзии». Если это так, едва ли можно считать того, кто говорит чушь, таким же злодеем, как того, кто искажает истину. Вероятно, перефразируя Ницше, истина – та же чушь, утратившая подозрительный запах коровьего навоза. Блекберн относится к Ницше неоднозначно, поскольку тот, если бы не его «незаурядное остроумие», мог бы считаться «главным занудой в философии». Однако, замечает Блекберн, на сегодня Ницше – самый влиятельный из великих философов, не говоря уже о титуле «покровителя постмодернизма», так что с ним приходится бороться. Среди самых печально знаменитых доктрин Ницше – перспективизм, мысль, что все мы обречены взирать на мир искаженно и ограниченно, со своей точки зрения, определяемой нашими ценностями и интересами. Привела ли эта доктрина самого Ницше к отрицанию истины, вопрос спорный: в его зрелых сочинениях, по крайней мере, он с презрением отзывается лишь об идее метафизической истины, но не о ее исторической и научной разновидности. Тем не менее Блекберн обвиняет Ницше в непоследовательности мышления. Нет никаких причин, говорит он, утверждать, что все мы навеки обречены на одну-единственную точку зрения или что разные точки зрения нельзя ранжировать по степени точности. А если мы можем перейти с одной точки зрения на другую, что нам мешает свести свои частичные представления во вполне объективную картину мира?

Самым заметным отрицателем истины в американском философском сообществе последних лет стал, вероятно, Ричард Рорти (он умер в 2007 году). Такой выдающейся фигурой сделали Рорти ясность и красноречие, с которыми он развенчивал идею истины, а следовательно, и всю западную философскую традицию. Он утверждал, что наш разум – не «отражение» мира. Идея, что мы можем как-то выпрыгнуть из собственной шкуры и исследовать отношения между своими мыслями и реальностью – иллюзия. Мы можем построить теорию об этих отношениях, но теория – это лишь очередная мысль. Язык – механизм приспособления, слова, которыми мы пользуемся, – инструменты. Для разговоров о мире есть много конкурирующих лексиконов, одни относительно удобные, другие не очень – все зависит от потребностей и интересов человечества. Однако никакой лексикон не соответствует Тому, Как Все На

Самом Деле. Исследования – это процесс достижения консенсуса по вопросу о том, как лучше всего обращаться с миром, а «истина» – просто комплимент результату. Рорти обожал цитировать американского прагматика Джона Дьюи: поиски истины – это лишь часть поисков счастья. Еще он любил цитировать Ницше: истина – суррогат Бога. Спрашивать, любит ли человек истину, говорил Рорти, все равно что спрашивать, спасен ли он. В своих рассуждениях о морали мы больше не тревожимся, соответствуют ли наши выводы Божьей воле, так и во всех остальных исследованиях нам нужно перестать беспокоиться о том, соответствуют ли наши выводы реальности, не зависящей от сознания.

Служат ли аргументы Рорти оправданием тем, кто говорит чушь? Блекберн считает, что да. Ведь серьезные ученые, работающие в лабораториях, тем и занимаются, что пытаются добиться консенсуса между коллегами. Но ведь того же добиваются и креационисты, и те, кто отрицает Холокост. Рорти всячески подчеркивал, что хотя различие между истиной и консенсусом недоказуемо, мы вполне способны отличать «легкомысленное» от «серьезного». Есть люди «сдержанные, порядочные и достойные доверия», а есть «неразговорчивые, нелюбопытные и замкнутые». Блекберн считает, что единственный способ их различать – отношение к истине: серьезные люди о ней заботятся, легкомысленные – нет. Однако из работ Рорти можно сделать и другой вывод: серьезные люди заботятся не только о том, чтобы добиться всеобщего согласия, но и о том, чтобы обосновать свои методы обеспечения согласия (в частности, именно это делают астрофизики и не делают астрологи). В сочетании с верностью какому-то трансцендентному представлению об истине это и составляет критерий Рорти, позволяющий отличить серьезных исследователей от тех, кто говорит чушь.

Впрочем, прагматики и перспективисты – не единственные враги, которых принимает в расчет Блекберн. Большая часть его книги посвящена современной аргументации против провокационных терминов вроде холизма, несопоставимости и «Мифа о данности». Возьмем последний из них. Казалось бы, разумно предположить, что наши представления о мире основаны на причинно-следственных связях между нами и объектами в мире. Молекулы и фотоны, сталкиваясь с нашим телом, вызывают различные ощущения, а эти ощущения порождают основные представления вроде «Сейчас я вижу что-то красное», которые служат данными для более сложных суждений о мире. Узкое место этой схемы – связь между ощущениями и представлениями. Как «сырое чувство» преобразуется во что-то вроде логической предпосылки? Как писал Уильям Джемс, «Ощущение – это скорее клиент, который поручил свое дело адвокату, а теперь должен пассивно слушать в зале суда описание своих дел, как бы адвокат ни счел нужным его подать – благоприятно или неблагоприятно». Идея, что ощущение может перейти непосредственно в процесс рассуждения, получила названия Мифа о данности. Американский философ Дональд Дэвидсон, оказавший непревзойденно сильное влияние на англоязычный философский мир, выразился сухо: «Причиной придерживаться того или иного убеждения не может служить ничего, кроме другого убеждения».

Такое направление мысли, как замечает Блекберн, грозит разорвать всякий контакт между знанием и миром. Если убеждения можно проверить только другими убеждениями, единственным критерием истинности набора убеждений становится вопрос о том, образуют ли они непротиворечивую сеть: такая картина знания называется холизмом. И разные люди, взаимодействуя с потоком причинно-следственных связей, из которых складывается мир, вполне могут получить разные, но одинаково непротиворечивые сети убеждений – такое положение дел называется несопоставимостью. Кто вправе судить, что истина, а что чушь, при таких обстоятельствах? Но Блекберн не намерен такое терпеть. Лозунг «Причиной придерживаться того или иного убеждения не может служить ничего, кроме другого убеждения» не может быть истинным, утверждает он. Ведь если «Джон приходит домой и чувствует, что там крепко пахнет псиной, у него появляется причина считать, что Ровер дома. Если Мэри смотрит в холодильник и видит масло, у нее появляется причина считать, что в холодильнике есть масло».

Не надо спешить, сказал бы на это последователь Дэвидсона. Ощущения не поступают к нам с пометкой «пахнет псиной» или «видно масло», такие описания предполагают, что уже многое сделано для формирования понятия. На самом деле причина считать, что Ровер дома, появляется у Джона из-за другого убеждения: запах, который он ощущает, подпадает под категорию «пахнет псиной». Блекберн, очевидно, прав, когда считает, что такие убеждения возникают от причинно-следственного взаимодействия с миром, а не просто из голосов в голове. Но чтобы обосновать эти убеждения, определить, хорошо или плохо у нас получается их формировать, можно лишь сравнить их с другими убеждениями. Все-таки Деррида говорил не совсем чушь, когда утверждал, что *il n'y a pas de hors-texte* – «нет ничего вне текста».

Хотя Блекберн заключает, что объективная истина может и должна выдержать нападки своих критиков, сам он вынужден приуменьшить то, что защищает. Резонно полагать, что он и его единомышленники должны быть готовы дать какой-то ответ на вопрос, который «шутник Пилат» задал Христу: что есть истина? Самый очевидный ответ – что истина есть соответствие фактам – рушится из-за того, что трудно сказать, какую, собственно, форму должно принять это «соответствие» и какие, собственно, могут быть «факты» помимо самих истин. И в самом деле, едва ли не единственное, с чем все могут согласиться, – так это с тем, что каждое утверждение задает свои собственные условия того, что оно истинно. Утверждение «снег белый» истинно тогда и только тогда, когда снег белый, утверждение «смертная казнь – это плохо» истинно тогда и только тогда, когда смертная казнь – это плохо, и так далее.

С точки зрения Блекберна, любая попытка выйти за пределы этого простого наблюдения, попытавшись создать общую теорию того, что делает вещи истинными или ложными, – это заблуждение. А это делает Блекберна, по его собственному выражению, «минималистом» в вопросе об истине. Он сводит истину к чему-то «маленькому и скромному», рассчитывая тем самым спровоцировать врагов снять осаду. Беда этой минималистской стратегии в том, что она не оставляет нам почти ничего, о чем стоит беспокоиться. Если истина неизбежно ускользает от нашей теоретической хватки, откуда мы знаем, что она обладает какой-то ценностью, не говоря уже о том, что она есть абсолютное благо? Зачем нам тревожиться, достойны ли наши убеждения звания «истинных»? Вероятно, в глубине души мы предпочли бы верить во что угодно, лишь бы это позволяло достичь наших целей и процветать независимо от того, что истинно, а что нет. Вероятно, мы были бы счастливее, если бы верили в Бога, даже если его нет. Вероятно, мы были бы счастливее, если бы считали, что мы настоящие мастера своего дела, даже если это заблуждение. (Исследования показывают, что те, кто точнее всего оценивает собственные способности, склонны к депрессии).

Итак, истина, возможно, не абсолютное благо. Не исключено, что даже ее практическое значение преувеличено. И все же в ее защиту можно сказать одно: она гораздо эстетичнее чуши. Чушь по большей части уродлива. Какое бы обличье она ни приняла – политическая пропаганда, бодрые речевки менеджеров, уловки специалистов по связям с общественностью – она всегда перегружена клише, эвфемизмами, поддельной «народной мудростью», неискренними эмоциями и выспренними абстракциями. Однако чушь не обязательно уродлива. Ведь большая часть того, что мы зовем поэзией, состоит из банальных или ложных идей, облеченных в цветистые выражения – идеи вроде «красота есть истина, истина есть красота», красивые, но не истинные (Оскар Уайльд в своем диалоге «Упадок искусства лжи» предполагает, что «подобающая цель Искусства» – «рассказы о неверном прекрасном»⁵⁵).

В эссе Франкфурта почти ничего не говорится об эстетической стороне чуши. Однако он признает, что в том, чтобы говорить чушь, есть элемент искусства: чушь открывает возможности для «импровизации, колорита, игры воображения». Беда в том, что обычно чушь имеет

⁵⁵ Пер. А. Махлиной.

низменные мотивы. Если ее цель – продать товар или манипулировать избирателями, поневоле приходится ожидать отвратительного насилия над языком.

Но если чушь говорят ради нее самой, это может привести к рождению настоящего чуда. Ярчайший пример – сэр Джон Фальстаф, величайший комический гений, какого только может предложить литература. В мрачном шекспировском мире политики и войн, интриг и предательства Фальстаф – настоящий светоч свободы. Он отказывается становиться рабом всего, что может помешать его легкомыслию, а особенно ему претит авторитет истины. Поток прелестной чуши, который извергает этот толстый рыцарь, делает остроумцем его самого и пробуждает остроумие у ближних. Он – враг всего чопорного и респектабельного, образец жизнерадостности и духа товарищества, и водиться с ним куда приятнее, чем с унылым занудой Витгенштейном. Нам всем следует как можно суровее обходиться с теми, кто говорит чушь – политическую, коммерческую, ученую. Но не надо прогонять милягу Джека.

Дополнительная литература

1. Когда Эйнштейн прогуливался с Гёделем

John S. Rigden, *Einstein 1905: The Standard of Greatness* (Harvard, 2005).

Rebecca Goldstein, *Incompleteness: The Proof and Paradox of Kurt Gödel* (Norton, 2005).

Palle Yourgrau, *A World Without Time: The Forgotten Legacy of Gödel and Einstein* (Allen Lane, 2005).

2. Время – великая иллюзия?

Paul Davies, *About Time: Einstein's Unfinished Revolution* (Simon & Schuster, 1995).

J. Richard Gott, *Time Travel in Einstein's Universe: The Physical Possibilities of Travel Through Time* (Houghton Mifflin, 2001).

Huw Price, *Time's Arrow and Archimedes' Point: New Directions for the Physics of Time* (Oxford, 1996).

3. С числами в ладу, или Нейрофизиология математики

Stanislas Dehaene, *The Number Sense: How the Mind Creates Mathematics*, rev. ed. (Oxford, 2011).

Stanislas Dehaene, *Consciousness and the Brain: Deciphering How the Brain Codes Our Thoughts* (Viking, 2014).

Brian Butterworth, *What Counts: How Every Brain Is Hardwired for Math* (Free Press, 1999).

4. Дзета-гипотеза Римана и смех простых чисел

Karl Sabbagh, *The Riemann Hypothesis: The Greatest Unsolved Problem in Mathematics* (Farrar, Straus and Giroux, 2003).

Marcus du Sautoy, *The Music of the Primes: Searching to Solve the Greatest Mystery in Mathematics* (Harper, 2003).

V. S. Ramachandran and Sandra Blakeslee, *Phantoms in the Brain: Probing the Mysteries of the Human Mind* (Morrow, 1998).

5. Сэр Фрэнсис Гальтон, отец статистики... и евгеники

Martin Brookes, *Extreme Measures: The Dark Visions and Bright Ideas of Francis Galton* (Bloomsbury, 2004).

Daniel J. Kevles, *In the Name of Eugenics: Genetics and the Uses of Human Heredity* (Knopf, 1985).

Stephen M. Stigler, *The History of Statistics: The Measurement of Uncertainty Before 1900* (Belknap, 1986).

6. Роман с математикой

Э. Френкель. «Любовь и математика. Сердце скрытой реальности» (СПб.: Питер, 2016). – Пер. Е. Шикаревой.

E. T. Bell, *Men of Mathematics* (repr., Touchstone, 1986).

7. Аватары высшей математики

Г. Г. Харди. «Апология математика». (Ижевск: Научно-издательский центр «Регулярная и хаотическая динамика, 2000). – Пер. Ю. Данилова.

Michael Harris, *Mathematics Without Apologies: Portrait of a Problematic Vocation* (Princeton, 2015).

8. Бенуа Мандельброт и открытие фракталов

Benoit Mandelbrot, *The Fractalist: Memoir of a Scientific Maverick* (Pantheon, 2012).

Benoit Mandelbrot and Richard L. Hudson, *The (Mis)behavior of Markets: A Fractal View of Financial Turbulence* (Basic, 2006).

9. Геометрические создания

Э. Эбботт. «Флатландия». Д. Бюргер. «Сферландия» (М.: Мир, 1976). – Пер. Ю. Данилова.

Edwin A. Abbott, *The Annotated Flatland: A Romance of Many Dimensions*, with an introduction and notes by Ian Stewart (Perseus, 2002).

Lawrence M. Krauss, *Hiding in the Mirror: The Quest for Alternate Realities, from Plato to String Theory* (Viking, 2005).

10. Комедия красок

Robin Wilson, *Four Colors Suffice: How the Map Problem Was Solved* (Princeton, 2003).

Ian Stewart, *Visions of Infinity: The Great Mathematical Problems* (Basic, 2013).

11. Видения о бесконечном. Георг Кантор против Дэвида Фостера Уоллеса

David Foster Wallace, *Everything and More: A Compact History of ∞* (Norton, 2003).

Shaughan Lavine, *Understanding the Infinite* (Harvard, 1994).

12. Обоожествление бесконечности. Почему русские ей поклоняются, а французы нет

Loren Graham and Jean-Michel Kantor, *Naming Infinity: A True Story of Religious Mysticism and Mathematical Creativity* (Belknap, 2009).

Rudy Rucker, *Infinity and the Mind: The Science and Philosophy of the Infinite* (Princeton, 1995).

13. Опасная идея бесконечно малого

Amir Alexander, *Infinitesimal: How a Dangerous Mathematical Theory Shaped the Modern World* (Scientific American / Farrar, Straus and Giroux, 2014).

Michel Blay, *Reasoning with the Infinite: From the Closed World to the Mathematical Universe*, trans. M. B. DeBevoise (Chicago, 1998).

Joseph Warren Dauben, *Abraham Robinson: The Creation of Nonstandard Analysis, a Personal and Mathematical Odyssey* (Princeton, 1995).

14. Парадокс Ады. Была ли дочь Байрона первым кодировщиком?

Dorothy Stein, *Ada: A Life and Legacy* (MIT, 1987).

Benjamin Woolley, *The Bride of Science: Romance, Reason, and Byron's Daughter* (McGraw-Hill, 1999).

15. Алан Тьюринг. Жизнь, логика и смерть

Ходжес, Эндрю. «Вселенная Алана Тьюринга» (АСТ, 2015).

David Leavitt, *The Man Who Knew Too Much: Alan Turing and the Invention of the Computer* (Norton, 2006).

Martin Davis, *Engines of Logic: Mathematics and the Origin of the Computer* (Norton, 2000).

16. Доктор Стрейнджлав изобретает мыслящую машину

George Dyson, *Turing's Cathedral: The Origins of the Digital Universe* (Pantheon, 2012).

Norman MacRae, John von Neumann: *The Scientific Genius Who Pioneered the Modern Computer, Game Theory, Nuclear Deterrence, and Much More* (Pantheon, 1992).

17. Умнее, счастливее, производительнее

Карп, Н., «Пустышка. Что Интернет делает с нашими мозгами». (BestBusinessBooks, 2012). – Пер. П. Миронова.

Steven Johnson, *Everything Bad Is Good for You: How Today's Popular Culture Is Actually Making Us Smarter* (Riverhead, 2006).

Gary Marcus, Kluge: *The Haphazard Construction of the Human Mind* (Houghton Mifflin, 2008).

18. Войны вокруг теории струн. Равна ли красота истине?

Brian Greene, *The Elegant Universe: Superstrings, Hidden Dimensions, and the Quest for the Ultimate Theory* (Norton, 1999).

Lee Smolin, *The Trouble with Physics: The Rise of String Theory, the Fall of a Science, and What Comes Next* (Houghton Mifflin, 2006).

Peter Woit, *Not Even Wrong: The Failure of String Theory and the Search for Unity in Physical Law* (Basic, 2006).

19. Эйнштейн, «призрачное действие» и реальность пространства

George Musser, *Spooky Action at a Distance: The Phenomenon That Reimagines Space and Time – and What It Means for Black Holes, the Big Bang, and Theories of Everything* (Scientific American / Farrar, Straus and Giroux, 2015).

Tim Maudlin, *Quantum Non-Locality and Relativity: Metaphysical Intimations of Modern Physics*, 3rd ed. (Wiley-Blackwell, 2011).

20. Чем кончится Вселенная?

Вайнберг С. «Первые три минуты. Современный взгляд на происхождение Вселенной». (Регулярная и хаотическая динамика, 2000. – Пер. А. Беркова).

Sean Carroll, *From Eternity to Here: The Quest for the Ultimate Theory of Time* (Plume, 2010).

Paul Davies, *The Last Three Minutes: Conjectures About the Ultimate Fate of the Universe* (Basic, 1994).

21. Докинз и божественное

Докинз Р. «Бог как иллюзия» (М.: КоЛибри, 2015). – Пер. Н. Смелковой.

J. L. Mackie, *The Miracle of Theism: Arguments for and Against the Existence of God* (Oxford, 1982).

Richard Swinburne, *Is There a God?* (Oxford, 1996).

22. О святости в миру

Nick Hornby, *How to Be Good* (Riverhead, 2001).

Simon Blackburn, *Being Good: A Short Introduction to Ethics* (Oxford, 2001).

Larissa MacFarquhar, *Strangers Drowning: Grappling with Impossible Idealism, Drastic Choices, and the Overpowering Urge to Help* (Penguin, 2015).

23. Истина и референция: философские междоусобицы

Крипке С. «Тождество и необходимость» (фрагменты) («Новое в зарубежной лингвистике. Выпуск 13. Логика и лингвистика (Проблемы референции)». М.: Радуга, 1982). – Пер. Л. Лебедевой.

Крипке С. «Витгенштейн о правилах и индивидуальном языке». (М. Канон+РООИ «Реабилитация», 2010).

Ruth Barcan Marcus, *Modalities: Philosophical Essays* (Oxford, 1993).

Saul Kripke, *Naming and Necessity* (Wiley-Blackwell, 1991).

A. J. Ayer, *Philosophy in the Twentieth Century* (Vintage, 1982).

24. Говори что угодно

Harry G. Frankfurt, *On Bullshit* (Princeton, 2005).

Simon Blackburn, *Truth: A Guide* (Oxford, 2005).

Richard Rorty, *Truth and Progress: Philosophical Papers*, vol. 3 (Cambridge, 1998).

Благодарности

Длинные эссе из этого сборника выходили в несколько ином виде в следующих публикациях: «Роман с математикой», «Аватары высшей математики», «Бенуа Мандельброт и открытие фракталов», «Геометрические создания», «Комедия красок», «Опасная идея бесконечно малого», «Доктор Стрейнджлав изобретает мыслящую машину» и «Эйнштейн, «призрачное действие» и реальность пространства» – в *The New York Review of Books*; «Когда Эйнштейн прогуливался с Гёделем», «С числами в ладу, или Нейрофизиология математики», «Сэр Фрэнсис Гальтон, отец статистики... и евгеники», «Видения о бесконечном. Георг Кантор против Дэвида Фостера Уоллеса», «Парадокс Ады. Была ли дочь Байрона первым кодировщиком?», «Алан Тьюринг. Жизнь, логика и смерть», «Войны вокруг теории струн. Равна ли красота истине?», «О святости в миру» и «Говори что угодно» – в *The New Yorker*; «Обожествление бесконечности. Почему русские ей поклоняются, а французы нет» и «Умнее, счастливее, производительнее» – в *London Review of Books*; «Докинз и божественное» – в *The New York Times Book Review*; «Чем кончится Вселенная?» – в *Slate*; «Время – великая иллюзия?» – в *Lapham's Quarterly*; «Истина и референция: философские междоусобицы» – в *Lingua Franca*; «Дзета-гипотеза Римана и смех простых чисел» – в сборнике *Year Million: Science at the Far Edge of Knowledge* под редакцией Дэмиена Бродерика (*Atlas*, 2008). Короткие эссе публиковались в *Lingua Franca*, за исключением «Проблема Ньюкома и парадокс выбора» и «Эй, кто-нибудь, поправьте Гейзенберга!» (*Slate*), «Смерть. Так ли это плохо» (*The New York Times Book Review*) и «Сознание камня» (*The New York Times Magazine*).

Я благодарен своим редакторам – покойному Роберту Сильверсу из *The New York Review of Books*, Генри Финдеру и Лео Кэри из *The New Yorker*, Мэри-Кей Уилмерс и Полу Майерско из *London Review of Books*, Джейкобу Вайсбергу, Меган О'Рурк и Джеку Шэферу из *Slate*, Сэму Тэненхаусу и Дженни Шуслер из *The New York Times Book Review*, Льюису Лэпему и Келли Бердик из *Lapham's Quarterly* и Алексу Стару из *The New York Times Magazine* и *Lingua Franca*.