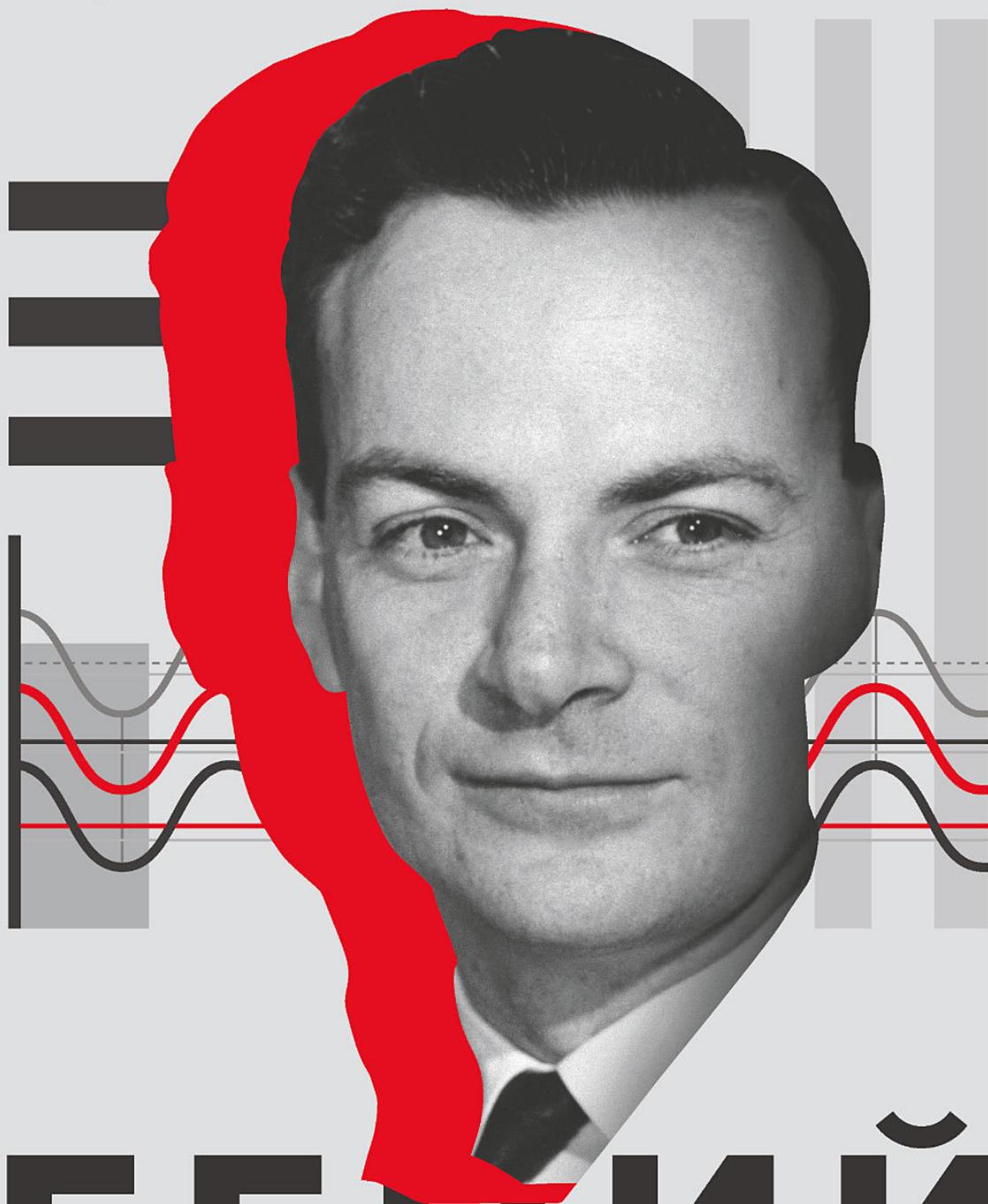


**ДЖЕЙМС
ГЛИК**



ГЕНИЙ

**ЖИЗНЬ И НАУКА
РИЧАРДА ФЕЙНМАНА**

Джеймс Глик

**Гений. Жизнь и наука
Ричарда Фейнмана**

«Манн, Иванов и Фербер (МИФ)»

1992

УДК 82-94
ББК 82-442.3

Глик Д.

Гений. Жизнь и наука Ричарда Фейнмана / Д. Глик — «Манн, Иванов и Фербер (МИФ)», 1992

Эта книга – о жизни и работе нобелевского лауреата по физике Ричарда Фейнмана. Прекрасный язык, доступное описание сложных физических проблем, проступающий сквозь страницы магнетизм личности ученого делают рассказ интересным не только для физиков, но и для всех, кто интересуется историей науки. На русском языке публикуется впервые.

УДК 82-94
ББК 82-442.3

© Глик Д., 1992
© Манн, Иванов и Фербер
(МИФ), 1992

Содержание

Пролог	6
Фар-Рокуэй	17
***	17
Ни город, ни деревня	20
Рождение и смерть	23
Это того стоит	26
Школьные годы	29
Все тела состоят из атомов	34
Век прогресса	37
Ричард и Джулиан	41
Массачусетский технологический институт	45
***	45
Конец ознакомительного фрагмента.	49

Джеймс Глик

Гений. Жизнь и наука Ричарда Фейнмана

Научный редактор *Азат Гизатулин*

Издано с разрешения James Gleick c/o Carlisle & Co

Все права защищены.

Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав.

© James Gleick 1992. All rights reserved.

© Перевод на русский язык, издание на русском языке, оформление. ООО «Манн, Иванов и Фербер», 2018

* * *

Моим отцу и матери, Бету и Донен

*Я родился, ничего не зная, и у меня было лишь немного времени,
чтобы исправить это.*

Ричард Фейнман

Пролог

«МЫ НИ В ЧЕМ НЕ МОЖЕМ БЫТЬ УВЕРЕНЫ, – такое обнадеживающее послание пришло в курортный городок Альбукерке¹ из засекреченного мира Лос-Аламоса². – *Нам скажочно повезло в жизни*».

Придет время, когда создателей бомбы будут терзать демоны. Роберт Оппенгеймер не раз скажет о темной стороне своей души, а его переживания из-за того, что он открыл человечеству путь к самоуничтожению, почувствуют и остальные ученые-физики³. Среди них Ричард Фейнман был самым молодым и не так сильно ощущал ответственность за свои действия. Его скорее угнетала мысль, что знания отдаляют его от мира обычных людей, продолжающих жить так, как они жили раньше, и не замечающих роковой ядерной угрозы, которую несет с собой наука. К чему строить дороги и мосты на столетия? Если бы люди знали о том, что известно ему, вряд ли они стали бы утруждаться. Война закончилась. Начиналась новая эра науки, но это не приносило Фейнману спокойствия. Какое-то время он едва мог работать: днем это был молодой вспыльчивый профессор Корнеллского университета, вечером – страстный любовник, успевающий побывать и на тусовках первокурсников (где девушки косо поглядывали на танцующего, размахивающего ногами парня, утверждавшего, что он ученый, сконструировавший атомную бомбу), и в барах и борделях. Ричард производил неоднозначное первое впечатление на своих новых коллег-ровесников, молодых физиков и математиков. «То ли гений, то ли шут», – писал своим родителям в Англию одаренный молодой ученый Фримен Дайсон. Фейнман поразил его: оглушительный американец, непринужденный в общении и буквально пышущий энергией. Дайсону потребовалось некоторое время, чтобы понять, с какой одержимостью его новый друг погружался в недра современной науки.

Весной 1948 года двадцать семь физиков встретились в отеле в горах Поконо в Северной Пенсильвании, чтобы обсудить проблемы, возникшие в понимании сути теории атома. Мир еще не знал, что это именно они создали бомбу. С подачи Оппенгеймера, ставшего их духовным лидером, ученые собрали чуть больше тысячи долларов. Этого как раз хватало на оплату проживания, билетов на поезд и алкоголя. В истории науки этот случай предпоследний, когда ученые столь высокого уровня встретились без соблюдения церемоний и огласки. Они еще позволяли себе предаваться иллюзиям – надеяться, что их работа останется обычным научным корпоративным проектом, незаметным для широкого круга общественности, как десять лет назад во время исследований в скромном здании в Копенгагене. Они еще не осознавали, насколько успешно им удалось убедить общественность и военных в том, что будущее высоких технологий – за физикой⁴. Встреча была закрытой. На нее пригласили только нескольких ученых, элиту физической науки. Никаких записей. Через год многие из присутствующих встретятся снова, загрузив в фургон Оппенгеймера пару грифельных досок и восемьдесят два бокала для коктейлей и бренди. Но к тому времени уже наступит совершенно новая эпоха физики.

¹ Альбукерке – город в центральной части штата Нью-Мексико. В нем расположен Научно-исследовательский ядерный центр, в котором разрабатывалось ядерное оружие. *Здесь и далее, если не обозначено иначе, примечания редактора.*

² Лос-Аламос – город в центральной части штата Нью-Мексико, в Скалистых горах. Построен на базе Лос-Аламосской национальной лаборатории Комиссией по атомной энергетике в 1943 году. Место создания первой атомной бомбы. В 1943–1957 годах закрытый город.

³ Оппенгеймер был руководителем так называемого Манхэттенского проекта по разработке атомной бомбы. Существует легенда, согласно которой толчком к разработке бомбы послужило письмо, написанное Лео Сцилардом и подписанное самим Эйнштейном. *Прим. науч. ред.*

⁴ Настоящей революцией в квантовой физике стало изобретение полупроводникового транзистора (Нобелевская премия 1956 года). Процессоры современных смартфонов вмещают миллиарды транзисторов. *Прим. науч. ред.*

Наука выйдет на невиданный доселе уровень, а основоположники квантовой физики никогда больше не соберутся в частном порядке – только по работе.

Бомба показала возможности физики. Абстрактные чертежи оказались столь основательными, что смогли изменить историю. Однако в более спокойные послевоенные годы ученые хотя и осознавали хрупкость своей теории, но все же полагали, что квантовая механика позволяет делать пусть и приблизительные, но вполне работоспособные расчеты, касающиеся природы света и вещества. На поверку же теория оказалась неверна. И не просто неверна – бессмысленна. Кому понравится теория, безупречная при выполнении приблизительных расчетов и так нелепо рассыпающаяся при попытке сделать более точные вычисления? Европейцы, создавшие квантовую физику, делали все возможное, чтобы укрепить теорию. Но безуспешно.

Откуда могли они хоть что-то узнать? Масса электрона? Да ради бога! Приблизительные расчеты давали вполне приемлемые значения, при более точных получали бесконечность, – полнейший абсурд. Само понятие массы расплывалось: электрон, массу которого пытались рассчитать, не был полностью ни материей, ни энергией⁵. Фейнман же относился к проблеме крайне несерьезно. Его тонкую записную книжку оливкового цвета из магазина «Всё за доллар» заполняли в основном телефоны женщин и пометки *хорошо танцует* или *не звонит, когда у нее ПМС*. На последней странице этой книжки Фейнман однажды записал короткое хайку:

Правило:

Вы не можете утверждать, что А сделано из Б,

Или наоборот.

Любая масса – это взаимодействие.

Даже когда квантовая физика работала и позволяла предсказывать, как будут протекать те или иные природные явления, ученые все равно испытывали чувство неудовлетворенности: слишком много белых пятен оставалось на картине, призванной, по их мнению, отражать реальность. Некоторые из них полагались на авторитетное мнение Вернера Гейзенберга⁶ «Уравнению лучше знать». Но только не Фейнман. Впрочем, особенно и выбирать-то тогда не из чего было. Ученые не могли даже вообразить, что представляет собой атом, который они только что успешно расщепили. Они создали и сами же потом отбросили планетарную модель атома, в которой мельчайшие частицы вращались вокруг ядра, словно планеты вокруг Солнца. Теперь эту модель нечем было заменить⁷. Можно сколько угодно писать на досках числа и символы. Но картина по-прежнему размыта и неясна.

Ко встрече в Поконо Оппенгеймер достиг пика своей славы. Он уже считался героем – создателем атомной бомбы, но еще не стал злодеем и фигурантом судебных процессов по безопасности 1950-х. Номинально председателем был он, но на встрече присутствовали и более именитые ученые: Нильс Бор, создатель квантовой теории, прибывший из своего института в Дании; Энрико Ферми, разработчик цепной ядерной реакции, прибывший из лаборатории в Чикаго; Поль Дирак⁸, британский физик-теоретик, чье знаменитое уравнение электрона как

⁵ Так описана проблема перенормировки в квантовой электродинамике (КЭД) – проблема, которую Фейнман с успехом решил. *Прим. науч. ред.*

⁶ Вернер Карл Гейзенберг (1901–1976) – немецкий физик-теоретик, один из создателей квантовой механики, лауреат Нобелевской премии по физике (1932).

⁷ До того как Бор сформулировал свои знаменитые постулаты о стационарных орбитах электрона, подобное вращение означало бы, что электроны со временем потеряют энергию и упадут на ядро. Чего, конечно же, не происходило. *Прим. науч. ред.*

⁸ Поль Дирак (1902–1984) – один из создателей квантовой механики. Лауреат Нобелевской премии по физике 1933 года (совместно с Эрвином Шрёдингером).

раз и способствовало возникновению кризиса⁹. Все они были нобелевскими лауреатами. Большинство участников встречи, за исключением Оппенгеймера, либо уже получили премию, либо готовились к этому в будущем. Впрочем, некоторые европейские ученые отсутствовали. Например, Альберт Эйнштейн, привыкший к роли заслуженного пенсионера. В остальном же в Поконо собрался весь цвет современной физики.

Когда слово взял Фейнман, уже стемнело. Стулья сдвинулись. Светила не совсем понимали, что хочет сказать этот порывистый молодой человек. Большую часть дня они слушали виртуозный доклад ровесника Фейнмана Джулиана Швингера из Гарвардского университета. И хотя за рассуждениями Швингера уследить было трудно (опубликованная позднее работа нарушала правила журнала *Physical Review* не использовать формулы, не уместающиеся на ширине страницы), доказательства он представил вполне убедительные. Фейнман же предлагал их вниманию все меньше и меньше столь тщательно выписанных уравнений. Эти люди знали его по работе в Лос-Аламосе, кто-то лучше, кто-то хуже. Сам Оппенгеймер в частных беседах отмечал Фейнмана как самого одаренного молодого физика, участвовавшего в разработке атомной бомбы. Как Фейнману удалось заработать такую репутацию, точно объяснить никто из них не мог. Некоторые из присутствовавших знали, какой вклад он внес в создание ключевого уравнения мощности ядерного взрыва (хотя до сих пор эти данные засекречены, несмотря на то что немецкий шпион Клаус Фукс оперативно передал их своим недоверчивым руководителям в Советском Союзе). Знали они и о его теории преддетонации, оценивающей вероятность того, что ядерная реакция в большей части урана может начаться преждевременно. И хотя никто ничего конкретного о научных достижениях Фейнмана не знал, все признавали его нестандартное мышление. Все помнили, как он спроектировал первый крупномасштабный вычислительный комплекс – гибрид новых электромеханических калькуляторов и команды женщин, использующих перфокарты. Все помнили, как он буквально завораживал своими лекциями по элементарной арифметике, как неистово нажимал кнопку в игре, пытаясь столкнуть два электронных поезда, как мог демонстративно неподвижно сидеть в военном грузовике, освещаемый бело-сиреневой вспышкой мощнейшего взрыва столетия.

И вот теперь, выступая перед своими более зрелыми коллегами, собравшимися в гостиной поместья Поконо, Фейнман понял, что испытывает замешательство, причем это чувство стало усиливаться. Он нервничал, хотя для него это было нехарактерно. Он не выпался. И, конечно же, он тоже слышал прекрасное выступление Швингера и опасался, что его собственное на таком фоне будет выглядеть недоработанным. Фейнман пытался объяснить новый метод, позволяющий делать более точные вычисления, в которых так нуждались физики. Пожалуй, нечто большее, чем метод – новое видение, своего рода танец, потрясающая картина, составленная из частиц, символов, стрелок и пространств. Идеи и предположения выглядели непривычными, а слегка взбалмошный стиль Ричарда раздражал некоторых европейцев. Его пронзительные гласные, напоминавшие городской шум. Согласные, которые он глотал на манер представителей низших слоев общества. Фейнман слегка раскачивался на месте, переминаясь с ноги на ногу, и постоянно крутил кусочек мела между пальцами. До его тридцатилетия оставалось несколько недель, и для мальчика-вундеркинда он был уже слишком стар. Он попытался опустить детали, которые могли вызвать вопросы, но опоздал. Эдвард Теллер, придирчивый венгерский физик, работавший после войны над проектом создания водородной бомбы «Супер», перебил его.

– А как же принцип запрета?¹⁰ – спросил он.

⁹ Уравнение Дирака предсказывало существование электрона с положительным зарядом (известного теперь как позитрон), чего экспериментально тогда еще не наблюдали. Позже Дайсон и Фейнман предположат, что позитрон – это движущийся обратно во времени электрон. Но об этом – далее в книге. *Прим. науч. ред.*

¹⁰ Принцип запрета (принцип Паули) – один из фундаментальных принципов квантовой механики, согласно которому два и более тождественных фермиона (частицы с полуцелым спином) не могут одновременно находиться в одном и том же

Фейнман надеялся избежать этого вопроса. В соответствии с принципом запрета только один электрон мог находиться в определенном квантовом состоянии. Теллер был уверен, что поймал Фейнмана, пытающегося вытащить двух кроликов из одной шляпы. В самом деле, в теории Фейнмана частицы, казалось, нарушали этот чтимый всеми принцип, возникший из ниоткуда.

– Это не важно, – начал Фейнман.

– С чего вы взяли?

– Я знаю, я работал с...

– Как такое возможно?! – заявил Теллер.

Фейнман рисовал на доске непривычные диаграммы. Он показал, что частица антиматерии движется в обратном направлении во времени. Это заинтриговало Дирака, ведь именно он первым заговорил о существовании антиматерии. И вот теперь уже Дирак задал вопрос о причинно-следственной связи.

– Они унитарны?

Унитарны! Да что он хотел этим сказать?

– Я объясню, – начал Фейнман, – и когда вы увидите, как это работает, вы сами решите, унитарны ли они.

Он продолжил, но время от времени в голове у него все еще звучало ворчание Дирака: «Они унитарны?»

Фейнман, блестящий в расчетах, профан в литературе, страстно преданный физике, дерзкий, когда дело касалось доказательств, в этот раз переоценил свою способность произвести впечатление на этих великих ученых и убедить их. Однако, по правде говоря, ему удалось найти то, что безуспешно искали его старшие коллеги – способ вывести физику на совершенно иной уровень. Он заложил теоретические основы новой науки, которая объединила прошлое и будущее в величественном полотне. Дайсон, друг Ричарда по Корнеллскому университету, по этому поводу заметил: «Это удивительный взгляд на мир как на переплетения мировых линий в пространстве и времени, где все находится в свободном движении. Это обобщающий принцип, способный объяснить все или не объяснить ничего».

Физика XX века оказалась в сложной ситуации. Представители старшего поколения искали способы, позволяющие им обойти ограничения при проведении расчетов. И хотя слушатели Фейнмана были открыты новым идеям молодого физика, все же над ними властвовали привычные представления о мире атомов. Нельзя сказать, что ученые придерживались единой точки зрения, их взгляды различались, но четкого понимания происходящих процессов не было ни у кого. Одни были сторонниками волновой теории – «математических волн», движущихся из прошлого в настоящее. Часто, впрочем, волны вели себя как частицы, подобные тем, траектории которых Фейнман рисовал и стирал на доске. Для других же математические расчеты, цепочки сложных вычислений, в которых символы были своего рода камнями, позволяющими пройти по призрачной дорожке в тумане, служили просто прикрытием. Их система уравнений отражала микроскопический невидимый мир, игнорирующий логику поведения простых объектов, таких как движение бейсбольного мяча или волн на поверхности воды. Совершенно обычных явлений, у которых, как написал в своем стихотворении Уистен Оден,

Слава богу, и масса определена,
А не абстрактная бурда,
Которая частично где-то.

Фейнман ненавидел это стихотворение.

Объекты, которые изучала квантовая механика, всегда находились где-то в другом месте. Диаграммы же, напоминающие узоры мелкоячейистой сетки, которые Фейнман вырисовывал на доске, были, напротив, довольно определенными. Траектории выглядели классическими благодаря своей точности и четкости. С места поднялся Нильс Бор. Он знал этого молодого физика еще со времен Лос-Аламоса, они тогда открыто и рьяно спорили, и Бор искал личной встречи с Ричардом, потому что ценил его честность. Но теперь его обеспокоили заключения, которые Фейнман делал, анализируя линии на своих диаграммах. Частицы у него, казалось, двигались по траекториям, четко зафиксированным во времени и пространстве. Но так быть не могло согласно соотношению неопределенностей¹¹.

– Мы уже знаем, что классическое представление о движении частицы по определенной траектории не работает в квантовой механике, – сказал Бор.

По крайней мере, это то, что услышал Фейнман. Мягкий голос и знаменитый датский акцент Бора заставляли всех напрягаться, чтобы понять суть. Бор вышел и произнес долгую уничижительную лекцию о принципе неопределенности. Фейнман, удрученный, стоял в стороне. Но он не показал своего отчаяния. Тогда в горах Поконо одно поколение физиков сменялось другим. И эта смена поколений не была столь очевидной и неизбежной, как оказалось потом.

Создатель квантовой теории, яркий молодой лидер проекта атомной бомбы, разработчик универсальной диаграммы Фейнмана, страстный любитель игры на бонго, прекрасный рассказчик, Ричард Филлипс Фейнман – выдающийся физик современности. В 1940-х годах на основе частично разработанных волнового и корпускулярного подходов он создал понятный инструмент, которым мог пользоваться любой физик. Фейнман обладал невероятной способностью проникать в суть проблемы. В среде ученых, организованной, приверженной традиционной культуре, нуждающейся в героях так же страстно, как в их ниспровержении, имя Ричарда обрело особый блеск. Его называли *гением*. Он оставался центральной фигурой в течение сорока лет, возглавляя послевоенную науку. Сорок лет, которые изменили представление о материи и энергии и направили тех, кто их изучал, в непредсказуемый и таинственный мир. Работа, показавшаяся такой невнятной собравшимся в горах Поконо, в итоге объединила в совершенную концепцию все существовавшие феномены в области света, радио, магнетизма и электричества. За нее Фейнман получил Нобелевскую премию.

Столь же значительны по крайней мере три из его дальнейших достижений: теория сверхтекучести, объясняющая поведение жидкого гелия, способного течь без трения; теория слабых взаимодействий, описывающая реакции радиоактивного распада; теория о существовании гипотетических частиц, находящихся внутри ядра атома, положенная в основу современного представления о кварках.

В основе новых, понятных лишь немногим открытий Фейнмана лежало его видение процессов взаимодействия частиц. Он постоянно искал новые загадки. Он не мог или скорее не хотел по-разному относиться к решению престижных вопросов физики элементарных частиц и случаев более скромных и тривиальных, которые, казалось бы, связаны с наукой прошлого века. Со времен Эйнштейна никто больше не работал над решением такого широкого спектра задач. Фейнман изучал трение на гладко отполированных поверхностях, надеясь (по большей части напрасно) понять принцип трения как таковой. Он пытался разобраться, как ветер образует волны в океане, и позднее заключил: «Мы ставим ногу в трясины, а поднимаем ее уже всю в грязи». Он изучал связь между упругими свойствами кристаллов и энергией атомов, из которых они состоят. Он применил теоретические знания к экспериментальным данным, относя-

¹¹ Соотношение неопределенностей Гейзенберга подразумевает, что невозможно одновременно определить и местоположение, и импульс частицы. *Прим. науч. ред.*

щимся к изготовлению плоских моделей из бумаги, называемых флексагонами. Он добился заметного прогресса – хотя его самого это не удовлетворило – в создании квантовой теории гравитации, которую упустил из виду Эйнштейн. В течение многих лет он пытался проникнуть в суть процесса турбулентности в газах и жидкостях. Фейнман вывел физику на принципиально новый уровень, сделал ее престижной наукой, что само по себе во много раз превосходит все его научные заслуги. Он стал легендой еще до своего тридцатилетия, когда опубликовал разве что докторскую диссертацию (довольно глубокую, но мало кем понятую) и несколько секретных документов по проекту в Лос-Аламосе. Мастер вычислений, он впечатлял тем, что буквально прорубал путь к решению сложных проблем. Выдающиеся ученые, считавшие себя беспрекословными авторитетами, увы, безнадежно проигрывали в сравнении с Фейнманом. Таким загадочным обаянием, как у него, мог обладать разве что гладиатор или чемпион по армрестлингу. Проявлению его личных особенностей не препятствовали ни звания, ни соблюдение внешних приличий, что подчеркивало его незаурядный ум. Английский писатель Чарльз Сноу, изучавший сообщество физиков, полагал, что Фейнману не хватает «солидности», свойственной его старшим коллегам. «Немного странно... – писал Сноу. – Он бы усмехнулся, если бы уличил себя в величественной недоступности. Он ведет себя как шоумен и наслаждается этим... Словно сам Граучо Маркс¹² внезапно возникает перед учеными». Он напоминал Сноу Эйнштейна, к тому времени такого вылизанного и великого, что мало кто помнил, каким «веселым мальчишкой» тот был во времена своих открытий. Возможно, и Фейнман бы вырос в столь же монументальную фигуру. А возможно, и нет. Сноу писал: «Молодым было бы интересно встретиться с Фейнманом, когда он достигнет преклонного возраста».

Команда физиков, собранная для работы над «Проектом Манхэттен», пообщалась с Фейнманом в Чикаго, где тот решил задачу, над которой они безрезультатно бились уже месяц. «Мы видели только вершину айсберга величайшего ума», – заметил один из них позже. Однако их не могла не поразить непринужденная манера общения Фейнмана и его достижения. «Его, в отличие от большинства молодых ученых, явно не сдерживали довоенные стереотипы. У него была впечатляющая осанка танцора, быстрая речь с бродвейским выговором, куча заготовленных выражений дамского угодника и невероятно энергичная манера разговаривать». Физики быстро распознавали его театральный стиль, когда он, переступая с ноги на ногу, читал лекции. Все знали, что он не способен долгое время высидеть на месте. А если такое случалось, он комично ссутуливался, чтобы через мгновение выпрыгнуть с каким-нибудь неудобным вопросом. Европейцам вроде Бора его голос казался типично американским, напоминающим скрип наждачной бумаги, самим же американцам слышался грубый нью-йоркский выговор. Но как бы там ни было, «у нас у всех оставалось неизгладимое впечатление, будто мы столкнулись со звездой, – заметил другой молодой физик. – Слова лились из него как свет. Разве не это блестящее качество древние греки называли арете?¹³ Так вот, он обладал им».

Новизна и оригинальность манили Фейнмана. Он считал, что должен создавать новое исходя из основных принципов, – опасное по своей сути качество, приводящее зачастую к неудачам или пустой трате времени. Он часто ошибался, испытывая непреодолимое желание ухватиться за глупую идею, выбрать неверный путь. Эта черта характера компенсировалась с лихвой блистательным интеллектом. «Дик мог достичь чего угодно, потому что был чертовски умен, – заметил один из теоретиков. – Он мог бы даже на Монблан взойти босиком». Исаак Ньютон говорил, что стоял на плечах гигантов¹⁴. Фейнман же предпочитал стоять на своих двоих, извиваясь так и эдак. По крайней мере, так со стороны казалось математику Марку Кацу, который пересекался с ним в Корнеллском университете.

¹² Граучо Маркс – американский актер-комик. *Прим. перев.*

¹³ Арете – термин древнегреческой философии, означающий «доблесть», «совершенство», «превосходство». *Прим. перев.*

¹⁴ Галилея и Коперника. *Прим. науч. ред.*

«Есть два типа гениев, – говорил он, – обычные и непостижимые. Обычным гением, в общем-то, мог бы стать каждый из нас, будь в сто раз способнее. В том, как работает их ум, нет ничего загадочного. Стоит понять, как они пришли к своим открытиям, и мы начинаем думать, что тоже могли бы сделать это. С непостижимыми гениями всё иначе. Говоря математическим языком, они лежат в области ортогонального дополнения нашей с вами реальности. И нам ни при каких условиях и обстоятельствах не дано постичь, как работает их ум. Даже если мы понимаем, что они сделали, нам никогда не понять, как они к этому пришли. Они редко берут студентов, потому что им невозможно подражать. А талантливым молодым умам невероятно досадно иметь дело с таким таинственным сознанием. Ричард Фейнман – непостижимый гений высшего уровня».

У Фейнмана вызывали негодование приукрашенные мифы, которыми изобилует история науки, мифы, вынуждающие делать ложные шаги и препятствующие прогрессу своими старомодными утверждениями. Но сам он создал собственный миф. Когда Фейнман вознесся на вершину научного пантеона, истории о его гениальности и похождениях стали своего рода видом искусства в среде ученых. Искромётные и смешные, все они постепенно сложились в легенду, от которой их главному герою редко удавалось отступить. Многие из них были записаны и опубликованы в 1980-х годах в двух книгах «Вы, конечно, шутите, мистер Фейнман!»¹⁵ и «Какое тебе дело до того, что думают другие?»¹⁶. Неожиданно эти книги стали бестселлерами.

После смерти Фейнмана в 1988 году бывший когда-то его другом, коллегой, компаньоном, но в то же время и соперником американец Мюррей Гелл-Манн¹⁷ возмутил семью Ричарда своим высказыванием на поминальной службе, заявив: «Ричард окружил себя пеленой мифов. Он тратил уйму времени и сил, рассказывая анекдоты о себе. В этих историях, – добавил Гелл-Манн, – он должен был выглядеть, по возможности, умнее остальных». Фейнман представал в них наглецом, бабником, шутом и простодушным ребенком. Во время работы над проектом атомной бомбы он стал «занозой в заднице» у военных цензоров. Во время расследования взрыва космического шаттла в 1986 году за ним закрепилась репутация отщепенца, вечно просачивающегося за ограждения в поисках истины. Он терпеть не мог напыщенности, условностей, шарлатанства и лицемерия. Он был тем самым мальчиком, закричавшим, что король голый. Но в то же время и Гленн-Ман по-своему прав. Легенды, ходившие о Фейнмане, породили неверное представление о его достижениях, стиле работы и убеждениях. Его собственное мнение о себе скорее скрывало, чем обнажало его гениальность.

Его репутацию, не говоря уже о личности, можно сравнить с монументальным сооружением, возведенным среди остальных декораций современной науки. Диаграммы Фейнмана, интегралы Фейнмана, правила Фейнмана, сдобренные историями о Фейнмане, стали притчей во языцех среди физиков. Если молодой физик подавал надежды, о нем говорили: «Не Фейнман, конечно, но все же». Стоило ему войти в помещение, где собрались физики, – будь то студенческая столовая Калифорнийского технологического института или аудитория, в которой происходило научное совещание, – тут же всюду расплзался шепот. Пространство словно колебалось от исходящих от него волн, нес ли он поднос или сидел в первом ряду. Даже старшие коллеги смотрели на него лишь украдкой, а на молодых физиков фейнмановское грубоватое обаяние оказывало неизгладимое впечатление. Они пытались подражать его манере письма и тому, как небрежно он бросал формулы на грифельную доску. В одной из групп даже провели полусерьезную дискуссию по вопросу, человек ли он. Они завидовали вдохновению, которое приходило к нему (во всяком случае, так им казалось) как вспышка. Восхищались и другими

¹⁵ Фейнман Р. Вы, конечно, шутите, мистер Фейнман! М.: КоЛибри, 1985.

¹⁶ Фейнман Р. Какое тебе дело до того, что думают другие? М.: Регулярная и хаотическая динамика, 2001.

¹⁷ Мюррей Гелл-Манн (род. 1929 г.) – американский физик, лауреат Нобелевской премии по физике за 1969 год «за открытия, связанные с классификацией элементарных частиц и их взаимодействий».

его качествами: верой в простые истины природы, скептическим отношением к официальным данным и нетерпимостью к посредственности.

Его считали великим педагогом. В реальности же редко у кого из физиков даже средней руки было так мало студентов, которыми он непосредственно руководил: Фейнман постоянно уклонялся от обычных обязанностей преподавателей. Хотя научная стажировка оставалась одной из основных областей, где студенты могли совершенствовать свои знания, мало кому повезло проходить ее у Фейнмана. У него не хватало терпения, чтобы руководить студенческими исследовательскими работами, и перед теми, кто надеялся, что он будет их научным консультантом, Фейнман воздвигал огромные барьеры. В тех же редких случаях, когда Фейнман кого-то учил, он оставлял глубокий след. И хотя сам он не написал ни одной книги, в 1960-х годах были изданы его книги «Теория фундаментальных процессов»¹⁸ и «Квантовая электродинамика»¹⁹, оказавшие большое влияние на науку, которые по сути представляли собой немного отредактированные лекции Фейнмана, записанные его студентами и коллегами. В течение нескольких лет Фейнман читал свободный курс под названием «Физика Икс». Лекции проходили в подвальном помещении и предназначались только для студентов. Позже некоторые физики вспоминали его семинары как самый насыщенный интеллектуальный опыт за весь срок обучения. Помимо всего прочего, в 1961 году Фейнман пересмотрел и стал читать вводный курс физики в Калифорнийском технологическом институте. Два года первокурсники и второкурсники вместе с командой преподавателей-аспирантов изо всех сил старались постигнуть невероятную вселенную законов Фейнмана. В результате были опубликованы и стали знаменитыми «красные книги» – трехтомник «Фейнмановские лекции по физике»²⁰. В них кардинально переосмысливался сам предмет изучения. Коллеги, составлявшие их, позже, несколько лет спустя, сочли эти книги слишком сложными для предполагаемых читателей. Профессора и практикующие физики, напротив, говорили, что эти три тома способны перевернуть их собственное представление о предмете. Они более чем авторитетны. Ученый, написавший множество знаменитых работ, мог просто сухо сослаться на них в манере «Книга вторая, глава 41, абзац 2».

Не менее авторитетны и взгляды Фейнмана на квантовую механику, научные методы, связь науки и религии, на то, какую роль играют красота и неопределенность в получении новых знаний. Свое мнение по этим вопросам Фейнман высказывал спонтанно, по большей части в техническом контексте. Они отражены и в двух небольших научных работах, опять же написанных по материалам его лекций: «Характер физических законов»²¹ и «КЭД – странная теория света и вещества»²².

Хотя Фейнман редко давал интервью, в научной среде его часто цитировали. Он ни во что не ставил философию, считая, что она зависит от веяний и недоступна для проверки. «Философы всегда делают свои глупые замечания со стороны», – сказал он однажды, и то, как он произнес само слово «философы», прозвучало насмешливо «фигософы». Но в то же время его влияние было философским, особенно если дело касалось молодых ученых. Вспоминается, например, его высказывание в стиле Гертруды Стайн²³ о продолжавшейся нервозности по отношению к квантовой механике, а точнее, «о взгляде на мир, который представляет квантовая механика»:

¹⁸ Фейнман Р. Теория фундаментальных процессов. М.: Наука, 1978.

¹⁹ Фейнман Р. Квантовая электродинамика. Новокузнецк: Новокузнецкий физико-математический институт, 1998.

²⁰ Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Вып. 1, в 9 т. М.: Мир, 1965.

²¹ Фейнман Р. Характер физических законов. М.: АСТ, Астрель, Neoclassic, 2011.

²² Фейнман Р. КЭД – странная теория света и вещества. М.: Астрель, Полиграфиздат, 2012.

²³ Гертруда Стайн (1874–1946) – американская писательница, теоретик литературы.

«Я еще не уверен на сто процентов, что реальной проблемы не существует. Я не могу определить реальную проблему, и поэтому предполагаю, что реальной проблемы нет. Но я все еще не могу точно сказать, что ее нет».

Позже самой цитируемой его метафорой стало выражение: «Постарайтесь не спрашивать себя „Как такое возможно?“, потому что с этим вопросом все ваши труды пойдут прахом. Ведь никто не знает до сих пор, как такое возможно».

Когда Фейнман оставался один, он с карандашом и листком бумаги часто работал над афоризмами, которые потом во время лекций казались отличной импровизацией.

«Чтобы сплести свои узоры, природа использует только самые длинные нити, поэтому в любом маленьком кусочке этой ткани раскрывается структура целого полотна».

«Почему мир такой, какой есть? Почему наука такова? Как нам удастся открыть новые законы, описывающие царящее вокруг нас многообразие? Постигаем ли мы простую суть природы или просто отшелушиваем кожицу с луковицы с бесконечным количеством слоев?» Иногда Фейнман отходил от практических принципов и давал ответы на эти вопросы, хотя знал, что они философские и ненаучные. Немногие замечали, но его объяснения фундаментальных метафизических понятий простоты, доступности и сути всех вещей претерпевали изменения в течение его жизни.

Фейнмановское переосмысление квантовой механики не столько объясняло, каким был мир и почему он такой, какой есть, оно скорее учило, как смотреть на мир. Это был не ответ на вопросы «что» или «почему». Это был ответ на вопрос *как*. Как вычислить излучение света возбужденным атомом. Как оценивать экспериментальные данные. Как делать предположения. Как создать достаточно продуктивный инструментарий для выявления новых семейств частиц.

Существуют различные виды научных знаний, но Фейнмана интересовала исключительно практическая сторона. По его мнению, знание не должно быть описательным, оно должно быть эффективным и действенным. В отличие от многих своих коллег, воспитанных в европейских традициях, Фейнман не интересовался живописью, не слушал музыку, не читал книг – даже научных. Он не позволял никому из ученых что-то подробно объяснять ему, чем приводил их в немалое замешательство. Он учился иначе, предпочитал получать знания, не опираясь на заранее составленное мнение. Во время работы над диссертацией он достаточно хорошо изучил биологию, что позволило ему внести пусть и небольшой, но довольно оригинальный вклад в понимание процессов генетических мутаций в ДНК. Однажды он предложил (а затем и выплатил) премию в одну тысячу долларов за разработку электромотора размером меньше полмиллиметра. Более позднее увлечение, когда Фейнман заинтересовался микромашиностроением, сделало физика интеллектуальным отцом целого сонма ученых, называющих область своих исследований нанотехнологиями. В юности он в течение многих месяцев подряд изучал на себе, что происходит с сознанием на стадии засыпания, а в зрелом возрасте экспериментировал, вызывая внетелесные галлюцинации, находясь в камере сенсорной депривации, с использованием марихуаны и без нее.

На его глазах физика распадалась на отдельные области знаний. Тем, кто изучал природу элементарных частиц, выделялась большая доля финансирования, и в то же время именно их деятельность вызывала основную часть жарких общественных дебатов. Они утверждали, что именно физика элементарных частиц стала самой фундаментальной наукой, вытеснив с пьедестала даже физику твердого тела (которую Гелл-Манн вообще называл убогой). Фейнман не признавал ни раздутых определений Теории Великого объединения²⁴, ни пренебрежительного отношения к другим наукам.

²⁴ Теории Великого объединения – в физике элементарных частиц группа теоретических моделей, описывающих единым образом сильное, слабое и электромагнитное взаимодействия. Предполагается, что при чрезвычайно высоких энергиях (выше 1014 ГэВ) эти взаимодействия объединяются.

Никогда не ставя какой-то из навыков выше или ниже остальных, Фейнман научился играть на ударных, делать массаж, рассказывать истории, клеить девушек в барах, считая, что всем этим можно овладеть, если знаешь правила. С легкой подачи своего куратора по Лос-Аламосу Ханса Бете, удивившегося, что Ричард не может извлекать корень из чисел в районе 50, он освоил некоторые хитрости умения считать в уме, хотя давно уже овладел более сложным искусством брать в уме производные и интегралы. Он научился пристраивать гальванизированные металлические палочки к пластиковым предметам – как кнопки радио. Он контролировал время в уме и заставлял муравьев двигаться в нужном направлении. Он без труда мог сыграть на наполненных бокалах и играл весь вечер на приеме в честь несравненного Нильса Бора. Даже всецело поглощенный решением научных задач и конструированием атомной бомбы, он не упускал возможности научиться «обходить» механизм старого автомата по продаже лимонада, подбирал отмычки к замкам и даже вскрывал сейфы. Он умом понимал, как сделать это. Коллеги ошибочно полагали, что Фейнман кончиками пальцев способен уловить волны от падающего стакана. И небезосновательно, ведь день за днем они наблюдали, как Ричард крутится вокруг офисного сейфа.

Размышляя о том, как использовать атомную энергию в ракетах, Фейнман разработал реактивный двигатель ядерного реактора, не настолько совершенный, чтобы использовать его на практике, но достаточно убедительный, чтобы заинтересовать правительство и патентное бюро и тут же быть похороненным под грифом секретности. С не меньшим усердием, много позже, когда обзавелся семьей, домом и садом, он тренировал собаку выполнять нелогичные команды. Например, приносить носок, лежавший рядом, но идти к нему не кратчайшим путем, а через сад, переднюю дверь и назад. (Он проводил тренировку поэтапно, пока для собаки не становилось очевидным, что ей не надо двигаться напрямик.) Он учился искать людей так, как это делали охотничьи псы, улавливая следы тепла и запахов. Научился имитировать иностранные языки, издавая странные звуки губами и языком. (Друзья потом спрашивали, почему же он в таком случае не попытался смягчить свой грубый нью-йоркский выговор.) Фейнман создавал островки практических знаний в областях, расположенных в океанах своего невежества. Не умея рисовать, он научился чертить идеальные окружности на доске. Ничего не понимая в музыке, он поспорил со своей девушкой, что научится играть «Полет шмеля», но в этот единственный раз проиграл спор. Намного позже Ричард все-таки научился рисовать, когда стало модным изображать обнаженное женское тело. Как он сам говорил, это увлечение помогло ему обрести гораздо более интересный навык – умение уговорить девушку раздеться. Но за всю свою жизнь он так и не научился отличать лево и право, пока мама не показала ему родинку на его левой руке, и даже уже став взрослым, он всегда сверялся с этим ориентиром. Он научился держать публику во время исполнения своих далеко не джазовых и не этнических импровизаций на ударных. Он мог выдать двумя руками не обычный размер три вторых или четыре третьих, каким были обучены классические музыканты, но невообразимую, впечатляющую полиритмию в семь шестых или тринадцать двенадцатых. Он научился писать по-китайски. Причем исключительно для того, чтобы насолить своей сестре, и поэтому знания его ограничивались фразой «Старший брат тоже может говорить». В эру, когда ускорители частиц высоких энергий стали играть такую важную роль в теоретической физике, он научился читать самые современные «иероглифы» – напоминающие кружева фотоизображения вспышек, возникающих при столкновении частиц в камерах Вильсона и пузырьковых камерах. Он не только «видел» новые частицы, но и отслеживал неуловимые траектории (треки) на грани систематической погрешности эксперимента. Он отшивал поклонников, преследующих его в надежде получить автограф, мастерски отказывался от приглашений прочитать лекции, скрывался от коллег, обращавшихся к нему с административными запросами. Он умел избавиться от всего лишнего и сосредоточиться на главной задаче. Он победил страх старения, который гложет всех ученых, и научился жить с раковой опухолью.

После смерти Фейнмана некоторые его коллеги попытались написать эпитафии. Швингер, с которым некогда они соперничали, выбрал такие слова: «Честнейший человек, обладатель величайшей интуиции нашего времени. Ярчайший пример того, что происходит, когда осмеливаешься не плясать под чужую дудку». Наука, созданная при помощи Фейнмана, совершенно уникальна. Она стала величайшим из его достижений, хотя порой и заставляла физиков следовать по сужающейся дорожке темного тоннеля. После своей смерти Фейнман оставил и еще кое-что. Пожалуй, величайшее его наследие – урок о том, каково знать наверняка хотя бы что-то в наш век самых смутных сомнений.

Фар-Рокуэй

* * *

Когда-то сборка и пайка радиоприемников представляла собой своеобразный творческий процесс. Теперь этого нет. Искусство ушло из радиолюбительства. Дети забыли, какую радость им доставляла возможность пробраться в кабинет родителей и разорить стоящие там радиоприемники. Теперь же беспорядочно расположенные внутри них лампы, переключатели и другие механизмы заменили компактные электронные блоки. Там, где когда-то можно было познавать мир, дергая спаянные провода и глаза на оранжевый румянец электронных ламп, стоят невыразительные готовые спрессованные микросхемы. Кремниевый транзистор, микроскопический и причудливый, вытеснил постоянно выходящие из строя хрупкие лампы. Так мир потерял протоптанную дорожку в науку.

В 1920-е годы, еще до появления твердотельной электроники, можно было, посмотрев на радиосхему, представить, как через ее элементы побежит поток электронов. Сходство электричества с жидкостью, протекающей по трубам, усиливалось за счет того, что в радиоприемниках использовались электронные лампы и клапаны, направляющие потоки электричества в нужном направлении. Один щелчок переключателя – и раздавалось не похожее ни на что шипение, иногда громкое, иногда едва слышимое. Позже кто-то сказал, что есть два вида физиков: одни в детстве увлекались химическими опытами, других же интересовали радиоприемники. У химии, несомненно, есть свое обаяние, но такой мальчик, как Ричард Фейнман, очарованный диаграммами и графиками, видел в радиосхемах нечто совершенно особенное. Едва научившись читать язык проводов, резисторов, детекторных кристаллов и конденсаторов, он понял, что каждая деталь выполняет свою функцию. Он собрал приемник, подключил к нему огромные наушники, купленные на барахолке, и слушал, забравшись под одеяло, пока не засыпал. Иногда родители подходили к спящему мальчику на цыпочках и снимали с него наушники. Если атмосферные условия позволяли, радиоприемник мог ловить сигналы, идущие издалека – из Скенектади, расположенного на севере Нью-Йорка, или даже из Техаса – со станции Уэйко. Приемник реагировал на прикосновения. Чтобы переключить канал, Ричард перемещал контакт через проволочную катушку. Все-таки радио отличалось от часовых механизмов со всеми их колесиками и шестеренками. Оно уже немного выходило за пределы механического мира. И таинство его было невидимым. Кварцевые кристаллы улавливали волны электромагнитного излучения, несущиеся в эфире.

И в то же время никакого эфира не было. Субстанция, в которой могли бы распространяться эти волны, не существовала. Если бы даже ученые захотели представить радиоволны, распространяющиеся с идеальной периодичностью, как круги на поверхности воды, им пришлось бы признать, что эти волны распространяются в среде, которой в природе нет. Во всяком случае, так считали в эпоху создания теории относительности: Эйнштейн показал, что, если бы эфир существовал, он должен был бы оставаться неподвижным относительно любых наблюдателей, даже двигающихся в разных направлениях. Это невозможно. «Казалось, что эфир скрывался в стране призраков в последней попытке ускользнуть от пытливых поисков физиков», – писал математик Герман Вейль в 1918 году, в том году, когда родился Ричард Фейнман. Но тогда в какой среде распространялись радиоволны, преодолевая расстояние от антенны, расположенной в центре Нью-Йорка, до второго этажа небольшого деревянного каркасного дома Фейнманов на окраине?

В любом случае радиоволны лишь один из множества видов колебаний,рывающих каждый клочок пространства. И хаотично взаимодействующие световые волны, по природе

своей идентичные радиоволнам, но имеющие во много раз меньшие длины волн, и инфракрасные волны, воспринимаемые кожей как ощущение тепла; и зловещие рентгеновские волны; и высокочастотные гамма-лучи с длинами волн меньше размера атома, – все это разные ипостаси одного явления – электромагнитного излучения. И если и до изобретения источников электромагнитного излучения пространство сравнивалось с «электромагнитным Вавилоном», то радиопередатчики, созданные человеком, заполнили его еще больше. Обрывки голосов, случайные щелчки, свисты, странные шумы и звуки, вызванные прохождением радиоволн, проносились друг за другом в пространстве. И все эти волны существовали не в эфире, а в более абстрактной среде, понять природу которой физикам никак не удавалось. Они даже представить не могли, что это такое. Все, что у них было, – название. Электромагнитное поле, или просто поле.

Поле представлялось непрерывной поверхностью или объемом, проходя через который менялась какая-то физическая величина. Поле не вещество, но в то же время оно совершало колебания, вибрировало. Физики обнаружили, что колебания иногда проявляли себя как частицы, но это только еще больше все усложнило. Ведь если бы они были частицами, то должны были бы проявлять волновые свойства. Только в этом случае мальчишки вроде Фейнмана смогли бы настроить свои приемники на определенную длину волны (частоту), каждая из которых приносила «Тень», «Дядю Дона»²⁵ или рекламу газировки. Научные обоснования были смутными, лишь узкий круг ученых, большинство из которых говорило по-немецки, имел некоторое представление о радиоволнах²⁶. Однако для любителей, которые читали в газетах про Эйнштейна и размышляли над простотой устройства радиоприемников, суть этой магии была очевидна.

Многие будущие физики в юности увлекались радио и собирали радиоприемники. И неудивительно, что в то время когда о профессии *физика* мало кто знал, многие из них мечтали стать инженерами-электриками с хорошими зарплатами. Ритти – так друзья звали Ричарда – был мальчишкой целеустремленным. Он выискивал по окрестностям ламповые приемники и старые аккумуляторные батареи, собирал трансформаторы, переключатели и катушки зажигания. Например, катушка, снятая со старого автомобиля «Форд», могла ярко искриться, прожигая коричневые дырки в газете. Однажды Ритти нашел выброшенный реостат и пропустил через него 110 вольт. Реостат сгорел, а плохо пахнущие дымящиеся остатки Ричард выставил за окно своей спальни, расположенной на втором этаже, так что пепел кружил в воздухе и ложился на газон на заднем дворе. Он всегда так поступал в экстренных случаях. Если едкий запах просачивался в гостиную, где его мама играла в бридж, то это означало, что Ричард вытряхнул содержимое своей мусорной корзины в окно, ожидая, например, когда перестанет вспыхивать то, что осталось от гуталина после его очередного эксперимента. В этот раз он хотел растопить гуталин, чтобы получившейся черной краской покрасить свою «лабораторию» – деревянный ящик размером примерно с холодильник, стоявший в его комнате. К ящику были прикручены разные переключатели и лампочки, которые Ритти соединял последовательно и параллельно. Его сестра, которая была на девять лет младше, с удовольствием подрабатывала ассистентом в его лаборатории за четыре цента в неделю. В ее обязанности входило просовывать палец между электродами и терпеть легкий удар током. Это невероятно забавляло друзей Ритти.

Психологи уже поняли, что дети по сути своей – ученые, которые постоянно пробуют, ошибаются, экспериментируют, исследуют свою маленькую вселенную всеми мыслимыми и немыслимыми способами. У детей и ученых схожие взгляды на жизнь. *Что произойдет, если я это сделаю?* – девиз детских игр и ученых-физиков. Каждый ребенок – наблюдатель и аналитик. Каждый жаждет описать вещи и явления, выстраивает свои познания в цепочки интел-

²⁵ Детские радиопередачи 1930–40-х годов XX века. Прим. перев.

²⁶ Экспериментально электромагнитные волны открыл немецкий ученый Генрих Герц. Прим. науч. ред.

лектуальных открытий, придумывает теории и отбрасывает их, когда они не работают. Непонятное, странное – вот что притягивает детей и ученых. И никто из них не может рассчитывать в полной мере на то, что ему предоставят лабораторию, реостаты или дадут ассистента. Ричард Фейнман был неутомим в желании заполнить свою спальню всеми атрибутами и устройствами, необходимыми для научных экспериментов.

Ни город, ни деревня

Прекрасная жизнь была у детей в Фар-Рокуэй, деревушке с пляжем, расположившейся на юге Лонг-Айленда, где на площади порядка одного квадратного километра выстроились каркасные коттеджи и кирпичные многоквартирные дома. В 1898 году Фар-Рокуэй вместе с более чем шестьюдесятью другими такими же поселениями вошла в состав Куинса – района Нью-Йорка. Город щедро вкладывался в эти маленькие районы, тратил десятки миллионов долларов на подведение воды и канализации, строительство дорог и общественных зданий. Однако в первой половине XX века, до того как линии подземки добрались до заброшенного берега залива Джамейка, Нью-Йорк, казалось, находился далеко-далеко. В центр добирались по железной дороге Лонг-Айленда. К востоку от Фар-Рокуэй находился городок Нассо. На северо-запад через необжитые маленькие заливы Мотс Бейзин и Хэссок простиралась территория, на которой позже будет расположен аэропорт Айдлуайлд, а еще позже – международный аэропорт имени Джона Кеннеди. Пешком или на велосипедах дети из Фар-Рокуэй постоянно курсировали между уютными плющом домами, по полям и свободным просторным участкам земли. В то время никто специально не старался соблюдать условия, при которых ребенок вырастает здоровым и независимым, но они присутствовали.

Город рос, вереницы домов и оград складывались в непрерывную цепь. Передвигаться по городу все чаще приходилось вдоль улиц. Девчонки и мальчишки Фар-Рокуэй просачивались между домами, прокладывая собственные маршруты через задние дворы и пустоши. Дети были свободны, а в играх, скрытых от взгляда родителей, очень изобретательны. Они гоняли на велосипедах где только душе угодно, колесили по полям, приезжали к берегу, брали напрокат лодки и плавали вдоль заливов. По дороге в библиотеку Ричард любил сидеть на каменных ступеньках и наблюдать за проходящими мимо людьми. И хотя казалось, что Нью-Йорк далеко, Ритти всегда чувствовал, что он связан с ним, а на соседей, что жили в Сидархерсте, на Лонг-Айленде, посматривал свысока. Но он также чувствовал, что и его родной городок обособлен.

«В детстве мне казалось, что мы живем на краю света», – вспоминал другой уроженец Нью-Йорка, литературный критик Альфред Казин. Он вырос в Браунсвилле, в Бруклине, более бедном и таком же удаленном еврейском квартале, где дети иммигрантов осваивали и заполняли это своеобразное промежуточное пространство между городом и сельской местностью. «Тогда там была сплошная незастроенная пустошь с гранитными мастерскими, где изготавливали надгробные плиты. На нашей улице располагалась ферма, к которой вела старая, мощенная булыжником дорога, – писал он, – по большей части это была заброшенная местность, ни город, ни деревня... Через нее пролегла дорога, по которой вечерами мы пробирались к океану по тихим улочкам меж старых заброшенных домов, чьи закопченные викторианские фасады давно заросли травой и выглядели, словно на них запеклась кровь, смешанная с сажей».

Пляж был любимым местом Ритти Фейнмана. Длинная коса с широкими тротуарами, отелями, летними домиками и тысячами кабинок для переодевания простиралась почти непрерывно до самого востока Лонг-Айленда. Фар-Рокуэй считался летним курортом со множеством клубов, таких как Arnold, Ostend Baths или Roche's²⁷, который, как долгое время думал Ричард, называли в честь насекомого. Это было место выставочных павильонов и сезонного жилья со сверкающими замочками и ключами. Местные дети играли на пляже круглый год. Они плескались в слабом прибое, который приходил к берегу уже смягченный волнорезом. В разгар сезона розовые и зеленые точки фигур в купальниках облепляли пляж, словно остатки жевательной резинки. Ричард любил бывать здесь. Он проезжал на своем велосипеде от дома чуть больше километра (расстояние, которое в более поздних воспоминаниях увеличилось до

²⁷ Слово, сходное по звучанию с английским *goach* – таракан. *Прим. перев.*

трех километров). Он ездил один или с друзьями. Небо там казалось больше, чем в любом другом месте в городе. Океан будоражил детское воображение. Все эти волны, простор, лодки, тянущиеся призрачными лентами до горизонта в сторону бухты Нью-Йорка. Где-то там, далеко за ними, далеко за линией, отделяющей небо от воды, лежали Европа и Африка. Иногда казалось, что все хорошее сосредоточено здесь, рядом с водой.

Купол неба простирался ввысь. Впереди были километры, залитые солнцем или лунным светом. Ричард плескался в прибое и в разлетающихся брызгах улавливал границу между землей, морем и воздухом. По вечерам он брал свой фонарик. На пляже мальчишки и девчонки могли общаться друг с другом. Ритти старался изо всех сил соответствовать, но все равно часто чувствовал себя неловко. Он много плавал. Когда Фейнману было сорок три и он уже изложил почти все, что знал о физике, в своем историческом двухгодичном курсе, позже получившем название *Фейнмановские лекции по физике*, стоя перед первокурсниками, он попросил студентов представить себя на пляже. «Если мы стоим на берегу и смотрим в море, – говорил он, – мы видим воду, видим, как волны разбиваются в пену, слышим плеск воды, чувствуем ветер, наблюдаем за облаками, солнцем и небом. Свет. Песок. Камни различной твердости и прочности. Цвет. Поверхности. Животные и водоросли. Голод, болезни. И просто наблюдатель на пляже. В этом и счастье, и раздумья». Природа там была простой, можно даже было бы употребить слово «элементарной». Но именно элементарность никогда не означала для Фейнмана простоту и незначительность. Вопросы, которые он поднимал в области физики, были фундаментальными. И многие из них возникли именно на пляже. Песок отличается от камней? А может, песок – это не что иное, как бесчисленное множество мельчайших камней? Что собой представляет Луна? Может, Луна – огромный камень? Если мы поймем, что такое камень, поймем ли мы одновременно и что такое песок, и Луна? Можно ли считать, что ветер – это скольжение воздуха, аналогичное скользящему перемещению воды в море?

Волна эмиграции из Европы в Америку заканчивалась. Воспоминания первого поколения евреев из России, Восточной Европы и Германии, а также ирландцев и итальянцев начинали меркнуть. Окраины Нью-Йорка, процветавшие до Второй мировой войны, постепенно приходили в упадок. В Фар-Рокуэй за шестьдесят девять лет жизни Фейнмана немного изменилось. Когда он вернулся сюда уже со своими детьми, за несколько лет до смерти, все показалось ему каким-то усохшим и унылым. Уже не было тех просторов, что раньше. Но пляж остался прежним, с широким дощатым настилом. Та же школа, к которой он подсоединял провода, чтобы слушать радиопередачи. Дом теперь разделили, чтобы принять больше постояльцев, и он не казался таким огромным. Ричард так и не позвонил в дверь. Главная улица, Централ-авеню, выглядела обшарпанной и узкой. Населяли городок теперь преимущественно ортодоксальные евреи, и Фейнман был раздосадован таким большим количеством ермолок, встречавшихся повсюду. Он называл их «эти маленькие шапочки», что означало, что ему не было никакого дела до их истинного названия. И он преднамеренно не принимал культуру, которая пропитала воздух его детства так же, как дым города или соль океана.

Иудаизм в Фар-Рокуэй стал более либеральным. Настолько, что смог обратить в веру даже таких атеистов, как отец Ричарда – Мелвилл Фейнман. Это был в основном реформистский иудаизм, без абсолютизма и фундаментальных традиций. Многие строгости отвергли ради мирного, гуманистического будущего детей. Новая форма религии подходила для новоприбывших американцев, которые возлагали надежды на то, что их дети пробьют себе дорогу в Новый Мир. Встречались семьи, где не соблюдали священную субботу, или такие – Фейнманы относились к их числу, – где идиш воспринимался как иностранный язык. Фейнманы принадлежали к пастве местного храма. Ричард некоторое время посещал воскресную школу и был членом молодежной группы, которая собиралась после уроков. На основе религии частично сформировались и моральные принципы жителей городка. Из семей вроде той, что была у Фейнмана, проживавших в окрестностях Нью-Йорка в первой половине XX века,

вышло много талантливых мужчин и женщин, добившихся успеха во многих областях, но особенно они отличились в науке. На этом участке планеты площадью всего в пару сотен квадратных километров выросло, по сравнению с остальным миром, непропорционально много нобелевских лауреатов. В семьях, в том числе еврейских, культивировали и поощряли образование и знания. Иммигранты работали и жили ради того, чтобы обеспечить лучшее будущее своим детям. Те, в свою очередь, отлично знали, что пришлось пережить их родителям. Здесь считали, что наука как профессия – дело достойное. По правде говоря, лучшие колледжи и университеты постоянно повышали вступительные требования к абитуриентам-евреям, ограничивая число принятых евреев, и на научных факультетах учились в основном протестанты. Так было до окончания Второй мировой. В науке действовали законы математики, а не скрытые правила личных предпочтений и классовости.

Центру Фар-Рокуэй позавидовал бы даже Сидархерст. Когда мать Ричарда Люсиль шла по Централ-авеню, разглядывая магазины Небенцаля и Старка, ей нравилось все, что ее окружало. Она лично знала учителей своих детей, помогала красить школьную столовую и вместе с соседями коллекционировала посуду, продаваемую в качестве рекламы местным кинотеатром. Городок изнутри был таким же славным, как и местечко²⁸, о котором еще помнили некоторые старожилы. Чувствовалось какое-то постоянство в поведении жителей и устоях. Быть честным, держаться своих принципов, учиться, откладывать деньги на черный день – эти правила не столько запоминали, сколько впитывали с молоком матери. Все здесь трудились. Не было и намека на бедность. Уж точно не в семье Фейнманов. Хотя позже Ричард понял, что они делили дом с другой семьей, потому что никто из них не мог себе позволить содержать собственный. Не замечали бедности и в семье близкого друга Леонарда Мотнера, даже после того, как скончался их отец и старшему брату, чтобы прокормить семью, пришлось ходить по домам и продавать масло и яйца. «Таков был мир, – говорил Фейнман позже. – Но теперь я понимаю, что каждый боролся изо всех сил. Всем было трудно, но люди не подавали виду». Дети в таких местах вырастают в уникальной атмосфере, сочетающей в себе свободу и строгие моральные принципы. Воспитанность была для Фейнмана естественной, словно ему предоставили право быть самим собой, то есть искренним и честным.

²⁸ Местечко – еврейское поселение.

Рождение и смерть

Мелвилл Фейнман (он произносил свою фамилию более традиционно: Файнман или Фаинман) родился в Минске. Его родители Луис и Энни эмигрировали из Белоруссии в 1895 году, так что с пяти лет Мелвилл рос в Патчогге на Лонг-Айленде. Он увлекался наукой, но, как и другие еврей-иммигранты, не имел возможности ею заниматься. Он изучал выходящую за рамки общепринятого новую область медицины – гомеопатию. Потом втянулся в бизнес по продаже полицейского обмундирования и формы для разносчиков почты. Позже стал продавать полироль для автомобилей «Уиз». Одно время гараж Фейнмана был просто забит этим средством, а сам он даже пытался открыть сеть автомоек, но в итоге снова стал вести бизнес по продаже формы с компанией Wender & Goldstein. И на каждом месте ему приходилось бороться.

Его жена выросла в более благоприятных условиях. Люсиль была дочерью успешного галантерейщика, которого ребенком вывезли из Польши и определили в сиротский приют в Англии, где ему дали имя Генри Филлипс. Оттуда отец Люсиль попал в Соединенные Штаты и получил первую работу – продавал иголки и нитки, которые носил в рюкзаке за спиной. Он познакомился с Джоанной Хелински, дочерью немецко-польских иммигрантов, когда та чинила его часы в лавке в Нижнем Ист-Сайде. Генри с Джоанной не только связали себя узами брака, но и начали вести совместный бизнес. У них возникла идея, как рационализировать процесс обрезки при изготовлении утонченных женских шляпок, вошедших в моду до Первой мировой, и их шляпный бизнес процветал. Они открыли галантерейную лавку и переехали в квартиру в Верхнем Ист-Сайде на 92-й улице недалеко от Парк-авеню. Здесь в 1895 году и родилась Люсиль, первая из пяти детей.

Как и большинство детей из обеспеченных еврейских семей, Люсиль посещала культурно-религиозную школу. Ту самую, моральный дух которой впитает в себя вскоре и Роберт Оппенгеймер, который был младше Люсиль на девять лет. Она хотела стать воспитателем в детском саду, но вскоре после выпускного, будучи еще подростком, встретила Мелвилла. Знакомство состоялось благодаря ее подруге, с которой Мелвилл должен был идти на свидание. Та пригласила Люсиль, чтобы составить компанию приятелю Мелвилла. Они поехали кататься, и Люсиль с другом Мелвилла расположились на заднем сиденье. На обратном пути она уже сидела рядом с Мелвиллом.

Через несколько дней он сказал ей: «Не выходи ни за кого другого». Эти слова нельзя было расценивать как предложение, и отец Люсиль не разрешал ей выходить замуж за Мелвилла еще три года, пока ей не исполнился двадцать один год. Они переехали в недорогую квартиру в Верхнем Манхэттене в 1917 году. И уже на следующий год в местной больнице родился Ричард.

Позднее семейная легенда гласила, что Мелвилл заранее объявил: если родится мальчик, он станет ученым. Люсиль неопределенно кивнула: не стоит делить шкуру неубитого медведя. Но отец Ричарда взял все в свои руки. Еще до того как малыш научился ходить, он принес домой россыпь синих и белых паркетных досок и стал раскладывать их, чередуя синий-белый-синий-белый или синий-белый-белый-синий-белый-белый. Таким способом он пытался объяснить ребенку скрытую сторону математики – периодичность. Пошел Ричард рано, а заговорил только после двух. Его мать сильно переживала, но, как это часто бывает с поздно заговорившими детьми, внезапно Ритти стал невероятно болтливым. Мелвилл принес домой «Британскую энциклопедию»²⁹, и Ричард буквально проглотил ее. Отец водил сына в Американский музей естественной истории, где стояли чучела животных в стеклянных коробах и знамени-

²⁹ Энциклопедия Британника (Encyclopaedia Britannica) – старейшая англоязычная универсальная энциклопедия.

тый громадный скелет динозавра. Отец описывал его, словно преподавал урок, переводя все измерения в понятные ребенку единицы: «Семь с половиной метров в высоту, а череп почти два метра в обхвате, – объяснял он. – Если бы этот динозавр стоял у нас на заднем дворе, то смог бы наверняка заглянуть в окно второго этажа. Но не просунул бы голову, потому что она слишком велика и сломала бы раму». Достаточно яркое объяснение, которое мог понять любой мальчишка.

Мелвилл щедро делился с членами своей семьи знаниями и серьезно относился к жизни. Люсиль же обладала чувством юмора и умела рассказывать истории. Во всяком случае, именно так гласят семейные легенды. Мелвилл любил посмеяться над рассказами жены и детей, придуманными ими за обедом или потом, вечером, когда они все вместе собирались за чтением. У него был удивительный, хихикающий смех, который унаследовал его сын. Чувство юмора было особым даром Люсиль. Оно помогало ей не впадать в уныние и переживать несчастья, которые обрушились на ее близких. Ее дед и бабушка оказались в польском гетто, мать страдала эпилепсией, а сестра – шизофренией. Все ее братья и сестра умерли в раннем возрасте. Осталась лишь одна Перл.

Преждевременная смерть не обошла стороной и ее новый дом. Зимой, когда Ричарду было пять, Люсиль родила второго сына. Его назвали Генри Филлипс Фейнман в честь ее отца, умершего за год до этого. Через четыре недели после рождения у малыша поднялась температура, стали кровоточить ногти, и через несколько дней мальчик умер, предположительно, от воспаления оболочек спинного мозга. Горе, столь стремительный поворот от счастья к отчаянию и, конечно, страх самого Ричарда омрачили его жизнь на долгое время. Ритти так ждал появления брата, а получил жестокий урок, увидев, сколь хрупка человеческая жизнь и насколько человек не в состоянии контролировать природу. Позднее он почти никогда не говорил об этом тяжелом событии, печальное воспоминание о котором преследовало их много месяцев. До девяти лет у него не было ни братьев, ни сестер, пока наконец не родилась Джоан. Тень Генри все еще нависала над семьей. Ричард и даже Джоан знали, что мать хранит свидетельство о рождении и шапочку, которую носил мальчик, чьи останки теперь покоились под плитой семейного склепа в восьми километрах от дома. На надгробном камне было написано: «Генри Филлипс Фейнман. 24 января 1924 – 25 февраля 1924».

Фейнманы переезжали несколько раз. Они покинули Манхэттен и перебрались в район на окраине города, сначала в Фар-Рокуэй, потом в Болдуин на Лонг-Айленде, а когда Ричарду было около десяти – в Сидерхерст. Затем они вновь вернулись в Фар-Рокуэй и поселились в двухэтажном доме песочного цвета на Нью-Бродвей, 14, к которому примыкал небольшой участок земли. Этот дом принадлежал отцу Люсиль. Здесь были передний и задний дворы и две подъездные дорожки. Фейнманы делили дом с семьей Перл, сестры Люсиль. Она жила с мужем Ральфом Левайном, сыном Робертом, который был чуть старше Ричарда, и дочкой Фрэнсис, немного младше его. Крыльцо ограждали полукруглые белые перила. На первом этаже были две гостиные. Одна – для игр, другая, с газовым камином, который разжигали в холодные дни, – для общего пользования. Спальни были маленькие, но зато их было восемь. Комната Ричарда на втором этаже выходила окнами на задний двор, где росли фортеция и персиковое дерево. Иногда, возвращаясь вечером домой, родители обнаруживали, что его двоюродная сестра Фрэнсис не спит и дрожит от ужаса, потому что Ричард, оставленный присматривать за ней, рассказывал девочке истории о призраках, придумывать которые его вдохновляли готические лестницы.

В те годы перед Великой депрессией в доме жила еще пара иммигрантов из Германии. Людвиг и Мари, незадолго до этого переехавшие в Америку, подрабатывали у Фейнманов, чтобы сводить концы с концами. Мари готовила, Людвиг же иронично говорил, что был садовником, шофером и дворецким, подававшим еду в белом фартуке. Они придумали серьезную и полезную игру. С подачи Людвига северное окно гаража превратилось в Северный Банк Фен-

стера. Все по очереди были консультантами и клиентами. Таким способом Людвиг с Мари осваивали английский, а дети изучали садоводство и правила поведения за столом. Но если Ричард и получил подобные знания, он благополучно забыл о них в дальнейшем.

Для самой младшей из детей Джоан все в доме шло своим чередом. Однако однажды ночью, когда девочке было три или четыре, брат разбудил ее, нарушив спокойный сон. Он сказал, что ему разрешили показать ей что-то невероятное и прекрасное. Держась за руки, они пошли на маленькое поле для гольфа, которое находилось в стороне от освещенных улиц. «Смотри!» – сказал Ричард. Там, высоко над ними, подрагивало красно-зелеными занавесками северное сияние. Одно из чудес природы. Где-то в верхних слоях атмосферы солнечные частицы, сфокусированные магнитосферой Земли, оставляли мерцающие следы под действием ионизирующего излучения. Это было явление, которое уличное освещение большого города вскоре вытеснит навсегда.

Это того стоит

Увлечения математикой и радиodelом развивались отдельно. Хранящиеся дома запасы для проведения научных экспериментов пополнялись реактивами из наборов для химических опытов, линзами от телескопов и оборудованием для проявки фотопленки. Ритти подсоединил свою лабораторию к электропроводке всего дома, чтобы иметь возможность в любом месте, подключив наушники, вести импровизированные передачи через портативный громкоговоритель. Как-то его отец заявил, что слышал, будто электрохимия стала новой и важной областью науки, но Ритти тщетно пытался понять, что такое эта электрохимия. Он совал провода под напряжением в химические реактивы. Он смастерил мотор, который раскачивал кровать его сестры. Однажды, вернувшись домой поздно вечером, родители открыли входную дверь и услышали пронзительный звук. «Работает!» – закричал Ритти. Теперь у них была домашняя сигнализация. Когда кто-то из приятелей его матери по игре в бридж спрашивал, как она выносит весь этот шум, химический запах и не такие уж незаметные пятна на полотенцах, она спокойно отвечала: «Это того стоит». В еврейских семьях среднего класса Нью-Йорка ничто не могло затмить ценности детских амбиций.

Фейнманы воспитывали своих детей в соответствии с негласными законами, которым следовало большинство соседей. Эти правила редко произносились, но составляли основу жизни. Детям предстояло войти в мир тягот и опасностей, и каждый родитель делал все от него зависящее, чтобы они, как однажды выразился Мелвилл, «были способны принять вызовы судьбы и выстоять в непростой конкурентной борьбе за достойное существование». Ребенку предстоит найти свое место в жизни. Мотивы родителей эгоистичны, ведь ничто так не возвышает в глазах соседей, как успехи детей. «Когда ребенку удастся чего-то достичь, – писал Мелвилл, – родительские сердца наполняются гордостью, отцы и матери всем своим видом говорят соседям (на самом деле не произнося ни слова): “Посмотрите на него! Ну как же он хорош! А что вы можете противопоставить тому, что есть у меня?” И соседи ласкают самолюбие родителей, восхищаясь их ребенком и *ego* успехами...» Жизнь в мире бизнеса и коммерции скучна и изнурительна, так что лучше обратиться к профессии, связанной со знаниями или культурой. Благодаря жертвам, на которые пришлось пойти родителям, у детей не было долгов. Разве что только долг перед собственными детьми, который они выплатят в свое время.

Повзрослев, Ричард Фейнман стал искусным рассказчиком. В его рассказах о себе ярко проступал образ отца – человека, передавшего сыну по наследству все свои знания о науке. Уроки эти были и наивны, и мудры. Мелвилл Фейнман высоко ценил любознательность и не одобрял поверхностность. Он учил Ричарда не доверять жаргону и внешней форме, ведь это была всего лишь форма. А уж о форме он знал много чего, ведь продавал ее и часто видел лишенной всякого содержания. Сам папа римский был всего лишь человеком, облаченным в соответствующую одежду. Когда Мелвилл отправлялся на прогулку с сыном, он мог просто поднять с земли камень и пуститься в рассказы о муравьях и червях, о звездах и волнах. Для него первостепенными были действия, а не факты. Однако желание объяснять подобные вещи порой обнажало его истинные знания, и уже гораздо позже Ричард понял, что его отец, должно быть, иногда что-то придумывал. Но польза этих уроков заключалась в самом взгляде на науку. Фейнман вспоминал об этом в двух своих любимых историях об отце.

Одна из них связана с птицами. Часто по выходным отцы с сыновьями гуляли в Катскилл Маунтинс. Во время одной из таких прогулок какой-то мальчик спросил Ритти:

- Видишь вон ту птицу? Знаешь, как называется?
- Не имею ни малейшего представления, – ответил Ричард.
- Это рыжезобый дрозд, – сказал мальчик. – Ничему-то твой отец тебя не учит!

Но на самом деле все было наоборот. Мелвилл учил сына. Только иначе. Он объяснял: «Видишь ту птицу? Это парусная камышовка, – Ричард знал, что он придумал название, а отец продолжал: – На итальянском звучит как *кутто лапиттида*. На португальском – *бон да пейда*. На китайском – *чунг-лонг-таг*, а на японском – *катано текеда*. Ты можешь выучить название этой птицы на всех языках мира и в итоге совершенно ничего не будешь знать о самой птице. Все твои знания будут только о том, как люди в разных странах ее называют. Так что давай посмотрим на птицу и на то, что она *делает*, – вот что действительно важно».

Вторая история также была поучительной и тоже показывала различия между названием предмета и самим предметом. Ричард как-то спросил отца, почему, когда он толкает свою красную тележку вперед, лежащий в ней мяч катится в обратном направлении. «Этого никто не знает, – ответил Мелвилл. – Общий принцип заключается в том, что движущиеся предметы стремятся продолжать двигаться дальше, а те, что стоят на месте, так и останутся там, если их хорошенько не подтолкнуть. Это называется инерция, но никто не знает, почему так происходит». Мудрый ответ, учитывая знания, которые имел Мелвилл: немногие ученые и педагоги признают, что даже ньютоновское определение силы и инерции не отвечает на все «почему». Такого не должно быть во вселенной. Довольно трудно растолковать ребенку, что мяч на самом деле немного перемещается вперед относительно земли, и в то же время ощутимо передвигается назад относительно тележки. Показать роль трения, когда на мяч воздействуют определенные силы. Непросто объяснить, что *каждое тело остается в состоянии покоя или продолжает двигаться прямолинейно и равномерно до того момента, пока на него не окажут воздействия приложенные к телу силы (если их действие было скомпенсировано)*.

Как трудно растолковать все это, не давая одновременно тонкий урок о природе явления! Законы Ньютона действительно объясняют, почему мячи катятся в направлении, противоположном направлению движения тележки, бейсбольные мячи меняют траекторию полета в зависимости от ветра и даже почему кристаллы улавливают радиоволны. Позднее Фейнман сам убедится в ограниченности подобных определений. Он просто страдал из-за того, насколько сложно объяснить, почему магнит притягивает железо или каким образом земля воздействует силой, называемой гравитацией, на летящий снаряд. Ричард, развивший в себе агностицизм по отношению к таким понятиям, как инерция, в голове у себя мысленно выстраивал собственную физику, ту, которая только зарождалась в Европе в то время, когда отец и сын говорили о тележке. Квантовая механика поставила перед наукой новые вопросы, и Фейнман часто задавал их в различных формах. *Не спрашивайте, как такое возможно. Потому что этого никто не знает.*

Даже в юности, впитывая эту мудрость, Фейнман порой замечал, что научные знания его отца были ограничены. Как-то перед сном он спросил его, что такое алгебра.

– Это способ решать задачи, которые ты не можешь решить с помощью арифметики, – ответил отец.

– Какие, например?

– Например, такие: за дом и за гараж ты платишь аренду 15 тысяч долларов. Сколько из них ты платишь за гараж?

Ричард чувствовал подвох. Когда он перешел в старшие классы, тривиальность вводного курса алгебры его разочаровала. Он зашел в комнату к сестре и спросил: «Джоанни, если два в степени x равняется четырем, ты можешь вычислить x ?» Конечно, она смогла, и Ричард был возмущен тем, что в старших классах ему приходилось учить такие очевидные вещи. В тот же год он с легкостью научился определять x , если два в степени x равнялось тридцати двум. В школе его быстро перевели на следующий курс алгебры, который вела мисс Мур, полная женщина с тонким чувством дисциплины. Ее класс решал задачи, словно напевал песенки, а ученики непрерывным потоком направлялись к доске и обратно. Фейнману было немного не

по себе среди более старших учеников, но он уже дал понять друзьям, что, по его мнению, он умнее. Тем не менее его показатель IQ в школе был весьма впечатляющим – 125.

Школьные годы

Государственные школы Нью-Йорка того времени позднее заработали хорошую репутацию во многом благодаря ностальгическим воспоминаниям знаменитых светил науки. Фейнман же считал старшую школу № 39, в которой он учился, бесплодной пустошью, «интеллектуальной пустыней». Поначалу он больше знаний получал дома, часто из энциклопедий. Он сам разобрался в элементарной алгебре и однажды составил уравнение с четырьмя неизвестными. Показал его преподавателю арифметики вместе с последовательным решением. Та была впечатлена, но озадачена. Ей пришлось отнести уравнение директору, чтобы убедиться, что решение верное. В школе был только один курс естествознания, для мальчиков, и преподавал его грозный коренастый мужчина, которого звали Майор Коннолли, очевидно, по его званию во время Первой мировой. Все, что Фейнман запомнил из этого курса, – количество дюймов в метре (39,37). А еще бесполезный спор с учителем о том, как расходятся лучи света от источника: радиально (что казалось Ричарду логичным) или параллельно, как обычно рисуют в учебниках на схемах прохождения света через линзы. Даже когда он учился еще в начальной школе, он никогда не сомневался в своей правоте, если дело касалось подобных вещей. Для него это были очевидные физически достоверные факты, а не предположения, которые может выдвинуть авторитетный учитель. Дома тем временем он кипятил воду, подавая напряжение в 100 В, и наблюдал, как вспыхивали и гасли синие и желтые искры, когда вырубалось электричество. Его отец иногда описывал красоту потока энергии, пронизывающего наш повседневный мир, – от энергии солнечного света, направленной ко всему живому, до механической энергии, скрытой в заводных игрушках. Как-то в школе задали сочинить стихотворение, и Ричард применил эти знания в причудливом пасторальном сюжете, где фермер вспахивает поле, чтобы получить пропитание, траву и сено:

...Энергия важна
И для каждой работы нужна.
Энергия, да, так велика,
Что не может скрыться никто.
Фермер погиб бы наверняка,
Не будь у него силы такой.
Но ведь грустно думать, что сила его
Всего лишь в лошадке одной.

Потом он написал еще одно стихотворение, в котором осознанно рассуждал о своем увлечении наукой и о концепции науки. Между заимствованными апокалиптическими образами Ричард выразил мнение, что наука ставит под сомнение существование Бога. По крайней мере, того догматического Бога, о котором говорили в школе и с которым у рационального гуманистического Бога семьи Фейнманов было мало общего. «Наука являет нам чудо», – написал он, но потом, подумав, зачеркнул слово «чудо».

Наука являет нам ~~чудо~~ путь,
Идти по нему далеко,
И знай, что в дороге такой
Не прятать глаза нелегко.
Когда-то проснутся вулканы,
Долины зальет огнем,
Человек завязнет в пучине

Иль пронесется конем,
Земля родилась из Солнца,
А мы – эволюции дети.
Росли из существ мы безликих,
А может, из обезьян на планете.
Мы в мыслях научных томимся,
Науку повсюду видим,
Мы все говорим о науке,
И все мы науки боимся.
Мы отдаляемся от Творца,
Все дальше звучит его глас,
Но уже ничего не поделатъ,
Все решено за нас.

Но стихи – для неженков, считал Ричард. И это были не пустые слова. Он невыносимо страдал из-за стереотипов мальчишеского поведения, из-за страха оказаться или показаться кому-то слабаком. Он не считал себя смелым или красавцем. В бейсбол его не взяли. Один вид мяча, катящегося в его сторону, приводил Ричарда в ужас. Занятия по фортепиано нагоняли на него тоску, но не только оттого, что играл он весьма посредственно, а еще и потому, что ему бесконечно приходилось упражняться и наигрывать «Танец маргариток». Порой это граничило с безумием. И ему становилось по-настоящему тревожно, когда мама отправляла его в магазин за мятными пирожными.

Естественно, он был крайне застенчив с девочками, боялся вступать в драку с более сильными мальчишками. Пытался даже снискать их расположение, решая для них школьные задачки и показывая, как много он знает. Но ему приходилось выносить классические издевательства. Например, беспомощно наблюдать, как соседские дети топчут на дорожке перед домом его первый набор для химических опытов, превращая в бесполезный хлам. Он старался быть хорошим мальчиком, а затем волновался, как и все хорошие мальчики, что может прослыть пайнкой. Он вряд ли смог бы из интеллектуала превратиться в атлета, но Ритти казалось, что ему удавалось скрывать свою мягкость за практическими умозаключениями. Практичный человек – именно так он сам себя называл. В школе Фар-Рокуэй он прочел несколько учебников с этим магическим сочетанием слов в заголовке: «Арифметика для практичного человека» (Arithmetic for the Practical Man), «Алгебра для практичного человека» (Algebra for the Practical Man). Ему не хотелось снискать репутацию деликатного, а литература, рисование, музыка – все это было, безусловно, чересчур утонченно. Вот плотницкая работа или техника – это для настоящих мужчин.

Для учеников старших классов, стремление к первенству у которых не могло реализоваться на бейсбольном поле, в Нью-Йорке существовала межшкольная Лига алгебры. Проще говоря, клуб, объединяющий математические команды из разных школ. В Клубе физиков Фейнман с друзьями изучали волновое движение света и феномен образования вихревых колец дыма. Они воспроизвели ставший уже классическим эксперимент калифорнийского ученого Роберта Милликана, измерив заряд электрона с помощью капель жидкого масла. Но ничто так не будоражило Ричарда, как соревнования по математике. В классе собирались команды, каждая из которых состояла из пяти человек. Две команды боролись за победу, сидя в ряд, а учитель задавал им вопросы. Все задачи были составлены очень хитроумно. Для поиска ответов на них даже не всегда нужно было применять стандартные алгебраические расчеты, ведь способы решения, которые традиционно преподавались в школах, требовали слишком много времени. В этих же задачах всегда был какой-то подвох, не разгадав который на решение пришлось бы потратить уйму времени. Иногда ученикам самим предлагалось найти новый способ решения.

Школьные преподаватели в большинстве случаев считали, что использование надлежащих методов важнее получения правильного ответа. Здесь же только правильные ответы имели значение. Можно было исписать всю доску непонятными действиями, а потом обвести ответ. Нужно было проявлять гибкость, выискивая различные варианты. Идти напролом было не так эффективно. Эти состязания стали для Фейнмана настоящей отдушиной. Кто-то был президентом и вице-президентом школы, Ритти же был капитаном команды, и его команда всегда выигрывала. Второй участник сидел прямо за Фейнманом, быстрее остальных производя вычисления карандашом, и боковым зрением он видел, что Ричард ничего не писал – до тех пор, пока ответ просто не приходил ему в голову. Вы плывете в лодке против течения. Скорость течения реки 5 км/час, ваша скорость движения против течения – 7 км/час. Вы роняете шляпу в воду и обнаруживаете, что потеряли ее, только 45 мин спустя. Вы моментально разворачиваетесь. Сколько времени вам придется грести, чтобы добраться до шляпы?

Простейшая задача, решить которую, прибегая к стандартным алгебраическим методам, можно за несколько минут. Но тот, чья голова заполняется цифрами (пять, семь), которые складываются и вычитаются, уже проиграл. Это задача на систему координат. На самом деле совершенно не важно, с какой скоростью течет река. Так же, как неважно и движение Земли вокруг Солнца, или движение Солнца через Галактику. Все скорости – это просто мишура. Не обращай на них внимания. Сконцентрируйся на плывущей шляпе. Стань этой шляпой. По отношению к тебе вода неподвижна, берега – размыты. Теперь наблюдай за лодкой, и тогда ты поймешь, как это понял и Фейнман, что она вернется за те же 45 мин. К лучшим участникам состязаний ответ приходил как озарение где-то за пределами сознания. В такие моменты человек не напрягается, чтобы получить его, а, скорее, просто расслабляется, чтобы увидеть. Довольно часто ответ приходил Фейнману еще во время чтения условия задачи, и соперники, прежде чем приступить к решению, видели, как он пишет цифру и обводит ее кружком. Потом следовал громкий выдох. В старших классах на ежегодном общешкольном чемпионате, проходившем в Нью-Йоркском университете, Фейнман занял первое место.

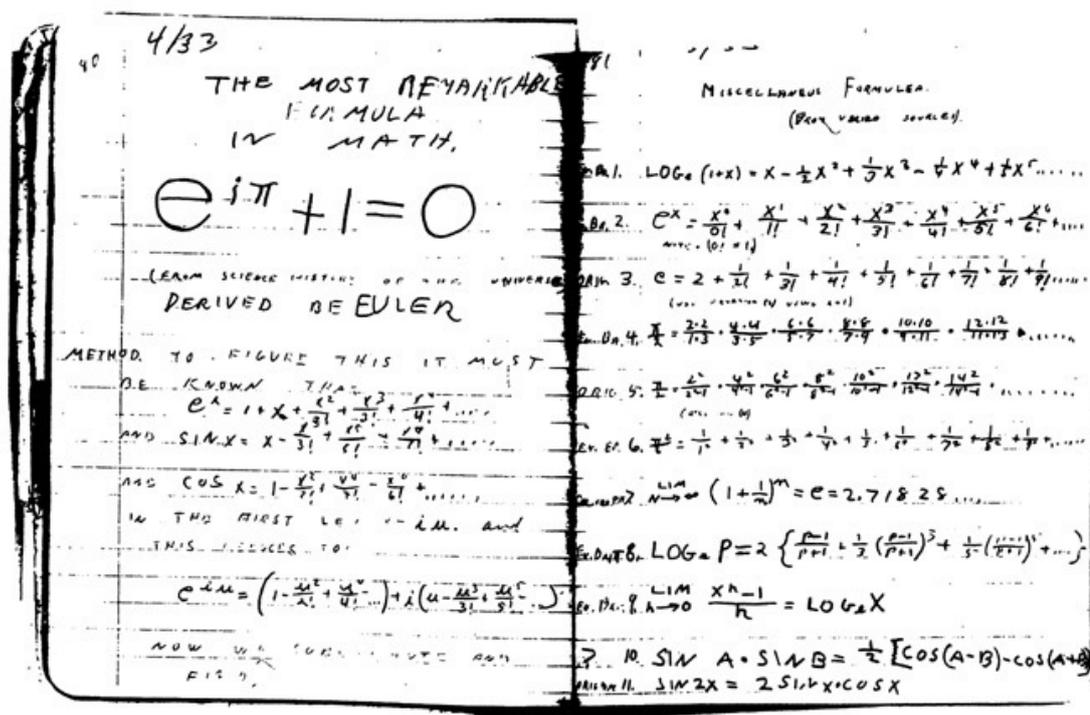
Большинство людей считает математику просто собранием сухих фактов и заученных алгоритмов проведения расчетов, стоящих за разными названиями: арифметика, алгебра, геометрия, тригонометрия. И лишь некоторым удавалось найти путь в более свободный и яркий мир, который позже называли «занимательной» математикой. Мир, в котором нужно было переправлять в одной лодке на другой берег лису и кроликов; где представители одного племени все время врали, а представители другого – говорили лишь правду; где нужно было определить, какие золотые монеты настоящие, а какие – фальшивые, взвесив их всего трижды; где малярам приходилось протискивать трехметровые стремянки в неудобные проемы. Некоторые задачи никогда не исчезнут из учебников. Как разлить поровну семь литров вина, используя только пяти- и трехлитровые емкости. Как обезьяне взобраться по лиане, другой конец которой привязан к грузу (замаскированная физическая задачка). Простые числа и числа в квадрате. Парадоксы и игры с теорией относительности. Подбрасывание монетки и раздача карт до помутнения рассудка. Бесконечности множились, и бесконечность счетных чисел оказывалась гораздо меньше, чем точек на линии.

Мальчик погружался в геометрию как Эвклид, вооружившись циркулем и угольником, чертил треугольники и пятиугольники, вписывал в окружности многогранники, складывал из бумаги платоновы тела³⁰. Фейнман тогда мечтал о славе. Со своим другом Леонардом Мотнером они подумали, что нашли способ разделить угол на три равные части, используя только инструменты Эвклида, – классическая нерешаемая задача. На самом деле они просто неправильно поняли ее условие и разделили на три равные части одну из сторон равностороннего

³⁰ Платоновы тела, или правильные многогранники – выпуклый многогранник, состоящий из одинаковых правильных многоугольников и обладающий пространственной симметрией (куб, додекаэдр, икосаэдр, октаэдр, тетраэдр).

треугольника, ошибочно предположив, что линии, соединяющие эти сегменты с противоположным углом, образуют равные углы. Колеса по округе на велосипедах, Ритти и Лен воодушевленно представляли заголовки газет: «Двое учеников, только начавших изучать геометрию, решили вечную задачу трисекции угла».

Этот удивительный, многообразный мир был создан для игр, а не для работы. И тем не менее, в отличие от своего более старшего флегматичного школьного приятеля, Фейнман постоянно соприкасался с настоящей, «взрослой» математикой. Сначала едва осязаемая, у него появилась тяга к исследованиям, к решению задач, которые считаются нерешаемыми. Он предпочитал активное непосредственное изучение нового пассивному получению мудрости мертвой эпохи. В школе у каждой задачи было решение. В занимательной математике можно было быстро понять условие и найти ответ. Во время математических игр над ними не нависали никакие авторитеты. Обнаружив некоторую нелогичность в системе обозначения тригонометрических функций, Фейнман предложил собственную: \sqrt{x} для синуса, \overline{cx} для косинуса (x), \overline{Tx} для тангенса (x). Он не чувствовал себя стесненным правилами, но в то же время оставался невероятно методичным. Он запоминал таблицы логарифмов и вычислял значения функций в уме. Его записные книжки заполнялись формулами, а также бесконечными рядами, суммы которых равнялись π и e.



Страница из подросткового дневника Фейнмана

За месяц до своего пятнадцатилетия Ричард написал огромными буквами на всю страницу:

Самая невероятная
Формула
В математике

$$e^{i\pi} + 1 = 0^{31}$$

Из «Истории науки о Вселенной» (Science History Of The Universe)

К концу того года Ричард освоил тригонометрию и дифференциальное и интегральное исчисление. Преподаватели могли понять, в каком направлении он движется. Через три дня занятий геометрией преподаватель мистер Огсбери сдался. Он сел на стул, положил ноги на стол и попросил Фейнмана провести урок. Теперь Ричард самостоятельно изучал конические сечения и комплексные числа – тот раздел алгебры, где решение уравнений приобретает «геометрический оттенок», а при решении задач приходится соотносить символы и положение кривых в плоскости или пространстве. И всегда для него была важна практическая сторона знаний. В его блокноте были записаны не просто формулы и законы, но и развернутые таблицы тригонометрических функций и интегралов – не переписанные, а самостоятельно выведенные, часто совершенно новым способом, который служил определенной цели. Своему блокноту он дал название учебника, по которому с таким рвением занимался, – «Вычисления практичного человека». Когда одноклассники придумывали прозвища для ежегодного фотоальбома, Фейнмана называли не «обладателем успешного будущего» или «самым умным», чего бы он, безусловно, хотел. Его прозвищем стало «чокнутый гений».

³¹ Здесь i – мнимая единица (корень из -1); согласно формуле Эйлера, экспонента в степени $i\pi$ дает $\cos\pi$, который равен « -1 ». *Прим. науч. ред.*

Все тела состоят из атомов

Первое квантовое понятие – предположение о том, что все вокруг состоит из неделимых структурных частиц – пришло в голову человеку около двух с половиной тысяч лет назад³². На основе такого представления и начала медленно зарождаться физика, потому что иначе вообще нельзя было что-либо понять о земле или воде, огне или воздухе. Поначалу идея казалась весьма сомнительной. Ничего во внешнем виде земли, мрамора, листьев, воды, плоти или костей не подтверждало эту теорию. Но некоторые греческие философы в V веке до н. э. страстно жаждали найти ей подтверждение. Все изменяется – разрушается, исчезает, увядает, чахнет или растет, – но все же остается неизменным. А само понятие неизменности предполагает существование неделимых частиц, движение и рекомбинация которых способны приводить к изменению внешнего вида вещей. Размышления об этом привели к тому, что отношение к основным элементам материи как к неизменным и неделимым перестало казаться таким уж странным: *атом* – (от греч.) «неделимый». Но единообразны ли атомы? Это был спорный вопрос. Платон представлял атомы как строгие объемные геометрические блоки: кубы, октаэдры, тетраэдры и икосаэдры, из которых состоят основные элементы: земля, воздух, огонь и вода, – то есть строительными блоками стихий были платоновы тела. Остальные же частицы представлялись маленькими крючками, соединяющими атомы. (Но тогда из чего могли бы состоять эти крючки?)

Экспериментирование не тот метод, которого придерживались греки, но некоторые наблюдения поддерживали теорию атомного строения вещества. Вода испаряется, пар оседает конденсатом. Животные способны по оставленным следам почувствовать запахи, которые разносит ветер. В кувшин, заполненный золой, можно еще налить воды, то есть суммарный объем воды и золы не совпадал, а это предполагало, что в веществе есть пустоты. Принцип подобного взаимодействия долгое время оставался непонятным. Как двигаются эти частицы? Как они соединяются между собой? «Непонятно, непонятно, из чего же сделан камень», – писал поэт Ричард Уилбер. Но даже в атомную эпоху все еще трудно было понять, как клубящиеся и собирающиеся в облака физические частицы могут породить предметы с четкими очертаниями, которые мы видим и трогаем каждый день.

Каждый, кто полагается на научные описания обычных вещей, должен постоянно сверять то, что написано в учебниках, с тем, что существует на самом деле, должен сравнивать знания, которые получает, с теми реальными знаниями, которые у него уже есть. Еще в детстве нам говорят, что Земля круглая, что она вращается вокруг Солнца и вокруг собственной наклонной оси. Мы можем либо принять это на веру как хрупкое учение современной светской религии, либо собрать из кусочков общую картину мира, которую не так просто будет отрицать. Мы видим, как снижается траектория Солнца с приближением зимы. Мы можем определить время по тени, отбрасываемой фонарным столбом. Мы катаемся на карусели и отклоняемся в сторону, противоположную направлению силы Кориолиса. Мы пытаемся оправдать свое самочувствие знаниями о циклонах и погоде: Северное полушарие, низкое давление, движение против часовой стрелки. Мы можем рассчитать время, когда мачтовый корабль скроется за горизонтом. Солнце, ветра, волны – все вокруг не позволяет нам вернуться к представлениям о том, что Земля плоская, где мы могли бы наблюдать, как Луна вызывает приливы, и не понимать, почему так происходит.

Все тела состоят из атомов. Непросто соотнести этот факт с нашим повседневным опытом. Глядя на небольшие углубления, образовавшиеся на каменных ступеньках офисного

³² Самым первым атомистом считается древний философ Демокрит, который и ввел понятие атом – «неделимый» – как мельчайшую частицу материи. *Прим. науч. ред.*

здания, мы редко осознаём, сколько невидимых мельчайших частиц были стерты под воздействием десятков миллионов шагов. Мы не можем воспринять геометрически выверенную огранку драгоценного камня как нагромождение атомов друг на друга, словно пушечные ядра. Мы скорее предпочтем вообразить, что они образуют определенную кристаллическую структуру. Но даже если мы считаем, что и мы сами, и все, что нас окружает, состоит из атомов, «живучесть» камня остается для нас загадкой. Ричард Фейнман как-то спросил учителя, как предметам удастся сохранять четкие формы, если атомы постоянно беспорядочно движутся. Он так и не получил удовлетворившего его ответа.

Когда Фейнман повзрослел, его заинтересовали другие вопросы. Если бы все научные данные были утеряны во время мирового катаклизма, то в каком одном утверждении можно было бы наиболее полно передать наше представление о мире? Ричард предложил следующее: «Все тела состоят из атомов – крошечных частиц, пребывающих в постоянном движении; эти частицы притягиваются друг к другу, когда они находятся на небольшом расстоянии, и отталкиваются друг от друга при сжатии тела». И затем он добавил: *«Из одного этого предложения можно бесконечно много узнать о мире, если поразмыслить и включить воображение»*. И хотя со времен первых философов, предложивших атомную модель строения вещества, прошли тысячелетия, Фейнман принадлежал к первому поколению ученых, по-настоящему и всецело верящих в эту теорию не как в некое убеждение, а как в неоспоримый факт. В 1922 году, произнося речь после получения Нобелевской премии, Нильс Бор посчитал своим долгом напомнить присутствующим, что ученые «рассматривают существование атомов как истину, не подвергающуюся сомнениям». Ричард же, тем не менее, вновь и вновь читал в «Британской энциклопедии», что «даже сегодня теоретическая химия не располагает достаточными доказательствами, подтверждающими эту теорию». Более убедительные доказательства предоставляла новая наука, физика. Явление, называемое радиоактивностью, казалось непосредственно связанным с реальным распадом вещества, поскольку можно было регистрировать звуковые сигналы или видимые вспышки. Однако вплоть до восьмидесятых никто не мог сказать, что видел атомы. Даже тогда это было всего лишь косвенное изображение, но, по крайней мере, оно позволило увидеть теньевые пятна на фотографиях, полученных при помощи электронного микроскопа, или мерцающие точки оранжевого света в пересечении лазерных лучей «атомных ловушек».

В фундаментальности представления о том, что вещество имеет зернистую структуру, ученых XVII–XVIII веков убеждало изучение газов, а не твердых тел. После совершенной Ньютоном научной революции они активно начали производить измерения, искать значения постоянных величин и выводить математические формулы, полагая, что только философский подход к изучению природы без конкретных цифровых данных мало что даст. Исследователи получали и разлагали воду, аммиак, углекислый газ, карбонат калия и десятки других веществ. Когда они научились точно определять вес исходных составляющих и конечных продуктов, то обнаружили закономерности. Например, соотношение содержания водорода и кислорода, необходимого для получения воды, всегда поддерживалось на уровне два к одному. Англичанин Роберт Бойль обнаружил, что, хотя при определенной температуре в клапане можно менять давление и объем воздуха, масса его остается неизменной. И при постоянной температуре и массе газа произведение давления газа на его объем – величина постоянная. Результаты этих измерений вызывали множество «почему». При нагревании газа увеличивается или его объем, или давление. Почему?

Тепло, казалось, способно перетекать, как жидкость – «флогистон»³³ или теплород³⁴. Но последователям-натурфилософам пришла в голову куда менее интуитивно понятная идея о

³³ Флогистон – термин, предложенный в 1667 году Иоганном Бехером и в 1703 году Георгом Шталем для объяснения процессов горения. Флогистон представляли как невесомый флюид, улетающий из вещества при сжигании.

том, что тепло – это движение. Это было смелое заявление, так как никто не видел, чтобы предметы двигались. Ученым пришлось вообразить бесчисленное множество мельчайших невидимых частиц-корпускул, сталкивающихся друг с другом и оказывающих давление на лицо при малейшем дуновении ветра. Расчеты подтвердили эту догадку. Швейцарец Даниил Бернулли³⁵ развил закон Бойля, предположив, что давление газов возникает в результате столкновения с поверхностью именно таких шарообразных корпускул. А его заключение о том, что при нагревании происходит увеличение скорости беспорядочно движущихся частиц, связало понятия температуры и плотности. Корпускулярная теория получила новый виток развития, когда Антуан Лоран Лавуазье³⁶, очень тщательно и осторожно проводя опыты, продемонстрировал, что молекулы могут вступать в реакции, а могут образовываться в результате химических реакций, даже в тех случаях, когда газы взаимодействуют с твердыми телами, что и происходит, когда на поверхности железа образуется ржавчина.

«Материя неизменна и состоит из простейших частиц, неделимых при любых условиях, но соединенных между собой». Это значило, что атом сам по себе содержал целую вселенную, которая оставалась загадкой для будущих поколений. Математик XVIII века Руджер Бошкович, директор по оптике военно-морского министерства Франции, был своего рода провидцем в теории атома, и его взгляды эхом отразились в одном-единственном предложении Фейнмана. Представление Бошковича об атоме строилось не столько на том, из чего состоит вещество, сколько на том, что происходит с веществом при воздействии на него, и вызывало множество вопросов. Почему одни вещества способны упруго сжиматься, как каучук, а другие, как, например, воск, – нет. Почему твердые тела так и остаются твердыми, в то время как жидкости могут замерзнуть или испариться? За счет чего происходят процессы кипения и брожения, когда частицы хаотично движутся с разной скоростью, сближаясь и сталкиваясь?

Стремление разобраться в природе частиц привело к необходимости изучить, какие невидимые силы притягивают и отталкивают их друг от друга, что определяет внешние свойства материи. Притягиваются друг к другу, когда они находятся на небольшом расстоянии, и отталкиваются друг от друга при сжатии – так описал это Фейнман. Такую картину уже вполне мог мысленно представить сообразительный старшеклассник в 1933 году. За два века представление о химических свойствах веществ значительно расширилось. Количество открытых элементов заметно увеличилось. Даже в школьной лаборатории можно было пропускать ток через колбу с водой, чтобы выделить легковоспламеняющийся водород и кислород. Химия, упакованная в образовательные наборы для опытов, казалось, ограничивала себя до собрания строгих правил и рецептов. Но основные вопросы все так же волновали пытливые умы. Почему целое остается целым, если атомы постоянно двигаются? Какие силы отвечают за плавное движение воздуха и воды и какие взаимодействия атомов провоцируют возгорание?

³⁴ Теплород – термин, введенный в 1783 году Лавуазье; невесомая материя, присутствующая в каждом теле и являющаяся причиной тепловых явлений.

³⁵ Даниил Бернулли (1700–1782) – швейцарский физик-универсал, механик и математик, один из создателей кинетической теории газов, гидродинамики и математической физики.

³⁶ Антуан Лоран Лавуазье (1743–1794) – французский естествоиспытатель, основатель современной химии.

Век прогресса

Попытки определить, какие силы действуют на атомы, вылились в десятилетие споров. Наука, называемая химической физикой, стремительно уступала место другим наукам, которые вскоре станут известны как ядерная физика и физика высоких энергий. Те, кто изучал химические свойства различных веществ, теперь пытались осознать первые поразительные результаты квантовой механики. Тем летом в Чикаго собралось на очередную встречу Американское физическое общество. Химик Лайнус Полинг говорил о роли квантовой механики в понимании природы сложных органических молекул, элементарных составляющих всего живого. Джон Слейтер, физик из Массачусетского технологического института, отчаянно пытался установить взаимосвязь квантово-механического представления об электроны с теми энергиями, которые могли бы оценить химики. Эта встреча плавно перетекла в выставочный комплекс Всемирной выставки 1933 года «Век прогресса», которая проходила в Чикаго. Сам Нильс Бор говорил на ней о том, какое беспокойство вызывает проблема измерения чего-либо в новой физике. В толпе посетителей, стоявших и сидевших вокруг него, утонченный датский акцент Бора часто заглушался детским плачем или шипением микрофонов. Он предложил вниманию собравшихся принцип, который назвал «комплементарностью», в котором ввел понятие о неизбежной двойственности, свойственной природе всех вещей. Бор заявил о революционном значении этой идеи, потому что она касалась не только атомов, но и всего на свете. «Мы были вынуждены признать, что должны пересмотреть не только наше понимание классической физики, – говорил он, – но и те понятия, что мы используем в повседневной жизни». Позднее он встретится с профессором Эйнштейном (разногласия между ними были куда более значительными, чем Бор потом рассказывал)³⁷, однако они так и не пришли к единому мнению. «Нам нужно пересмотреть представление, основанное на концепции причин и следствий», – говорил он.

Тем же удручающе жарким летом на выставке побывали Мелвилл, Люсиль, Ричард и Джоан Фейнманы. По такому случаю Джоан даже научилась есть бекон вилкой и ножом. А затем Фейнманы загрузили вещи в багажник машины и отправились в кажущееся бесконечным путешествие через полстраны. Их путь пролегал по небольшим дорогам, так как эра скоростных шоссе еще не наступила. На ночлег останавливались на фермах. Выставка располагалась на территории площадью более полутора квадратных километров вдоль берега озера Мичиган, и повсюду здесь была представлена наука. Прогресс в чистом виде: на выставке провозглашалась невероятная польза науки для общества. «Знания – сила», – такой лозунг украшал книгу, которую Ричард взял с собой. Она называлась «Мальчик-ученый» (The Boy Scientist). Наука изобретала и модернизировала, она изменяла сам уклад жизни человека. Фирмы, названные в честь Эдисона, Белла и Форда, связывали страну сетями проводов и мостовых, и это было прекрасно. Так же как и демонстрации фотонов и электронов, зажигающие свет и несущие голоса через сотни километров.

Даже в период Великой депрессии чудо науки вселяло веру в будущее. Быстрые воздушные корабли, способные перевозить грузы по воздуху, высокие небоскребы и способы лечения различных болезней тела и общества уже маячили на горизонте. Кто мог знать, куда тогдашний сообразительный молодой ученик заведет этот мир? Один нью-йоркский литератор описал, как будет, по его мнению, выглядеть город пятьдесят лет спустя. Нью-Йорк 1982 года, по его представлениям, – город, в котором проживает пятьдесят миллионов человек. Ист-Ривер

³⁷ Речь идет о противостоянии копенгагенской (вероятностной) интерпретации волновой функции, сторонником которой был Бор, и теории о скрытых переменных, которую отстаивал Эйнштейн. Время показало, что Эйнштейн был неправ. *Прим. науч. ред.*

и большая часть Гудзона застроены. Машины движутся по многоуровневым развязкам и бесшумным рельсам. Ряды встроенных балконов обрамляют бесчисленные небоскребы. Питание доставляется в спрессованных брикетах. Дамские платья невероятно облегчающие, как купальники из 1930-х. Герой этой фантазии – гений-старшеклассник, знающий куда больше всех остальных. Надежды, возлагаемые на молодое поколение, были как никогда высоки.

Ученые тоже работали над тем, чтобы внедрить в жизнь новые знания, перенося их из лабораторий в реальный мир. «Даже человеческий мозг подпитывается электричеством», – сообщил тем летом исследователь из Университета Чикаго. Мозговой центр использует огромное количество связей для клеток, каждая из которых может рассматриваться как крошечный химический завод или электронная батарея. Представители бизнеса Чикаго также всю использовали знания. В день открытия выставки астрономы, используя телескопы четырех обсерваторий, для включения освещения всей экспозиции уловили слабые лучи света от звезды Арктур, находящейся на расстоянии сорока световых лет, и применили электричество для их усиления. «Здесь собраны плоды человеческих достижений в области физики, доказывающие нашу способность преодолевать любые трудности», – заявил президент корпорации по проведению ярмарок Руфус Дауэс, когда пушки с грохотом выпустили в воздух сотни американских флагов. Динозавр в натуральную величину внушал страх посетителям. Робот читал лекции. Те, кто не очень интересовался наукой, могли за определенную плату посмотреть, как безработная актриса Салли Рэнд танцует с веером из страусиных перьев. Фейнманы прокатились на аттракционе Скай-Райд, который представлял собой кабинку, подвешенную на двух тросах между башнями на высоте 183 метра, и посетили Зал науки, где на стене были записаны имена всех ученых от Пифагора и Эвклида и далее до Ньютона и Эйнштейна.

Фейнманы никогда не слышали о Боре или о других физиках, которые собрались в то лето в Чикаго, но, как и большинство американцев, из газет они отлично знали имя Эйнштейна. Тем летом он путешествовал по Европе, нигде не задерживаясь надолго. Он навсегда покинул Германию в поисках лучшей жизни и собирался прибыть в Нью-Йорк в октябре. На протяжении четырнадцати лет Америка переживала настоящую волну помешательства, восторгаясь этим «математиком». The New York Times, постоянными читателями которой были Фейнманы, превозносила Эйнштейна с не меньшим рвением, чем предыдущее поколение обожествляло Эдисона. Ни один ученый-теоретик ни до, ни после не разжигал в умах такое рвение к знаниям. Часть легенды, самая правдивая ее часть, заключала в себе революционную суть теории относительности, которая должна была перевернуть представления человека XX века об устройстве Вселенной. Другая часть была связана с высказыванием Эйнштейна о том, что лишь двенадцать человек во всем мире способны понять его работу. «Любой свет искажается на небесах», – сообщил в 1919 году заголовок в Times. «Успех теории Эйнштейна». «Звезды не там, где нам кажется, и не там, где должны находиться по расчетам, но беспокоиться не стоит». «Книга для двенадцати умных мужчин». «“Никто в мире не поймет”, – сказал Эйнштейн». Такими были заголовки газет. Один из них гласил: «Абсолют под угрозой». Другой весело заявлял: «Даже надежность таблицы умножения под сомнением».

Предполагаемая сложность теории относительности во многом способствовала ее популярности. Тем не менее, если бы доводы Эйнштейна были настолько непонятны, вряд ли она получила бы столь широкое распространение. Более сотни книг издали, чтобы объяснить таинственную загадку. Тон газетных публикаций, посвященных таинственной теории относительности, варьировался от почтительного до шуточного. В действительности же и авторы статей, и читатели совершенно правильно поняли элементы этой новой физики. Там, где гравитация разрывает невидимое полотно пространства, оно искривляется. С эфиром покончено, так же как и с представлениями об абсолютном определении времени и пространства. Скорость света – величина постоянная, равная примерно 300 000 км/с, и световой луч отклоняется под воздействием гравитационного поля.

Совсем немного времени потребовалось, чтобы общая теория относительности по подвонным кабелям долетела до нью-йоркских газет, а школьники, которые с трудом могли вычислить, чему равна гипотенуза прямоугольного треугольника, наизусть твердили формулу Эйнштейна: E равно произведению M на C в квадрате. А некоторые могли даже объяснить, что из этого следует, что теоретически вещество и энергия взаимозаменяемы, а в атоме заключен новый, не изученный пока источник энергии. Возникло ощущение, что Вселенная сжимается. Она перестала быть просто необъятной, она стала представлять собой невообразимую совокупность всего. Теперь из-за того, что четырехмерное пространство-время искривляется, все стало казаться ненастоящим. Английский физик Джозеф Томсон с прискорбием заметил: «У нас есть пространство Эйнштейна, пространство де Ситтера³⁸, расширяющиеся Вселенные, сжимающиеся Вселенные, раскачивающиеся Вселенные, загадочные Вселенные. Фактически математик может создать Вселенную, лишь написав ее формулу... У него может быть своя собственная Вселенная».

Никогда не будет второго Эйнштейна. Как не будет и второго Эдисона, второго Хейфеца³⁹ или Бейба Рута⁴⁰ – личностей, столь сильно выделявшихся среди своих современников, при жизни ставших легендами, героями, полубогами в представлении общества. Еще будут (и определено уже были) ученые, изобретатели, скрипачи и бейсболисты подобного уровня. Но мир слишком велик для таких исключительных героев. Если есть десяток Бейбов Рут, считайте, нет ни одного. В начале XX века миллионы американцев не задумываясь могли назвать имя одного современного ученого. В конце XX века каждый, кто знает имя хотя бы одного ученого, легко может припомнить еще десяток. Издатели Эйнштейна тоже были весьма наивны. В эпоху развенчания мифов и деконструктивизма труднее создать кумиров. Те, кто оценивал Эйнштейна по достоинству, жаждали и могли изменить распространенное представление о научном гении. Казалось, формулировка Эдисона, ставившая тяжелый труд выше вдохновения, не удовлетворила этого возвышенного непостижимого мыслителя. Гений Эйнштейна в его творческом вдохновении представляется почти божественным даром. Он вообразил свою Вселенную и создал ее. Возникло впечатление, что этот гений оторван от всего мирского, и именно это, казалось, наделяло его мудростью. Эйнштейна, как и практически всех спортивных звезд в дотелевизионную эпоху, видели исключительно на расстоянии. Ничего из того, что присуще реальному человеку, не привносилось в разрастающийся миф. К этому времени Эйнштейн изменился, это уже не тот искренний, аскетичного вида молодой конторский служащий, достигший пика своей работоспособности в первое двадцатилетие XX века. Публика вообще едва ли видела его таким, каков он был на самом деле, и практически ничего о нем не знала. В ее представлении он был колоритным и рассеянным: взъерошенные волосы, одежда не по размеру и легендарное отсутствие носков.

Мифологизация Эйнштейна иногда распространялась и на других ученых. Когда Поль Дирак приехал с визитом в Висконсинский университет в 1929 году, *Wisconsin State Journal*⁴¹ опубликовала насмешливую статью о «парне, который прибыл в Висконсинский университет этой весной... который вытесняет с авансены науки Ньютона и Эйнштейна». «Американские ученые, – как заметил репортер, – обычно заняты и активны, но Дирак совершенно иной. У него, кажется, уйма времени в запасе, и основная его работа – смотреть в окно». Окончание

³⁸ Виллем де Ситтер (1872–1934) – нидерландский астроном. Создал одну из первых релятивистских космологических моделей, названную его именем (модель де Ситтера).

³⁹ Яша Хейфец (1901–1987) – американский скрипач еврейского происхождения. Считается одним из величайших скрипачей XX века.

⁴⁰ Джордж Херман «Бейб» Рут младший (1895–1948) – профессиональный американский бейсболист, выступавший 22 сезона в Главной лиге бейсбола с 1914 по 1935 год.

⁴¹ Ежедневная газета, выпускаемая в Мэдисоне, одно из крупнейших периодических изданий Висконсина. *Прим. перев.*

диалога с Дираком было односложным с его стороны. (Читателю могло показаться, что перед ним древний старик, но на самом деле ему было всего двадцать семь.)

– Доктор, не могли бы вы в нескольких словах объяснить суть ваших исследований?

– Нет.

– Хорошо. Тогда правильно ли будет сказать, что «профессор Дирак решает любые задачи математической физики, но не способен оценить среднюю силу удара Бейба Рута»?

– Да.

– Вы ходите в кино?

– Да.

– Когда были последний раз?

– В 1920 году. Может, еще в 1930-м.

Гений производил впечатление человека не от мира сего. Именно европейцы, такие как Эйнштейн и Дирак, воплощали для американцев чужаковатый образ ученого в значительно большей степени, чем их практичные соотечественники, занятые исследованиями совершенно непонятных устройств и машин.

– Это тот высокий странный парень?.. – спрашивала героиня Барбары Стэнвик в фильме «Леди Ева» (The Lady Eve). Ее интересовал ученый, изучающий змей, которого играл Генри Фонда и который был примерно ровесником Фейнмана.

– Он не странный. Он ученый.

– Ох, так вот в чем дело! Я подозревала, что он не такой, как все.

«Не такой, как все» в данном контексте означало «безобидный»: у одаренных людей в качестве компенсации за их талант всегда обнаруживается какая-либо человеческая странность. В таком распространенном представлении присутствовал элемент самозащиты. И отчасти это соответствовало правде. Действительно, многие ученые казались отрешенными, пребывавшими как будто в других мирах. Они небрежно одевались и порой не могли поддержать светскую беседу.

Если бы репортер из Journal более активно поинтересовался мнением Дирака об уровне американской науки, он добился бы от него более развернутого ответа. «В Америке нет физиков», – горько заметил Дирак в узком кругу. Такая оценка слишком резка, но он ошибся всего на несколько лет. Ведь, говоря о физике, Дирак тогда имел в виду нечто новое. Физика, о которой шла речь, не имела ничего общего с пылесосами, новыми видами тканей или техническими чудесами, произошедшими за последние десять лет. Не имела она ничего общего и с выключателями света, и с радиовещанием. Не имела она ничего общего даже с измерением заряда электрона или определением частотного спектра раскаленного газа в лабораторных опытах. Физика, о которой говорил Дирак, была связана с видением реальности, таким разрозненным, неожиданным и неопределенным, что оно пугало представителей старой школы американских ученых, которые наблюдали за тем, что происходит в науке.

«Я полагаю, что существует вполне реальный мир, который мы способны ощутить с помощью наших чувств, – говорил главный физик Йельского университета Джон Зелени, словно оправдываясь, во время своего выступления в Миннеаполисе. – И я верю в это так же, как в то, что Миннеаполис существует в реальности, а не в моем воображении». То, что Эйнштейн говорил (или не говорил) об относительности, надежно работало в квантовой механике. Но людей, настолько владеющих математическими методами, чтобы это понять, можно было перечесть по пальцам.

Ричард и Джулиан

Лето приносило в Фар-Рокуэй соленую жару, которую ветер разносил по пляжам. Асфальт поблескивал преломленными лучами света. Зимой из низких серых облаков рано выпадал снег. И хотелось, чтобы белые часы тянулись и тянулись и небо оставалось таким ярким и ослепляющим. Свободное дерзкое время. Ричард терял счет часам, погрузившись в свои блокноты или забредая в аптекарскую лавку-закусочную, где жестоко подшучивал над официантками, разыгрывая оптически-гидродинамический трюк с перевернутым стаканом воды и монеткой, лежащей на столешнице.

На пляже он несколько дней наблюдал за девушкой. У нее были теплые голубые глаза и глубокий взгляд. Свои длинные волосы она ловко заплетала в косу и собирала в узел. Когда выходила из воды, она расплетала их, и мальчишки, которых Ричард знал еще со школы, собирались вокруг нее. Ее звали Арлин Гринбаум. Долгое время он думал, что ее имя пишется через «е» как Арлен. Она жила в Сидархерсте на Лонг-Айленде, и мысли о ней полностью поглотили Ритти. Она была красива и восхитительна, но для Ричарда знакомство с девушками в принципе казалось делом безнадежным, к тому же у Арлин уже был парень. Тем не менее Фейнман стал посещать общественный клуб при синагоге, в который ходила Арлин. Когда она записалась на уроки искусства, Ричард последовал за ней. В один прекрасный день он осознал, что лежит на полу и дышит через соломинку, в то время как кто-то из учеников делает гипсовый слепок его лица.

Если Арлин и замечала Ричарда, то не подавала виду. Но однажды она пришла на вечеринку в самый разгар урока поцелуев. Парень постарше как раз проводил обучение. Он объяснял, как соединять губы и что делать, чтобы нос не мешал. И конечно, инструкции сопровождались солидной долей практики. Ричард тренировался в паре с девушкой, которую едва знал. Появление Арлин внесло некоторую сумятицу. Почти все отвлеклись, чтобы поприветствовать ее. Все, как ей показалось, кроме одного ужасного грубияна в дальнем углу, который демонстративно продолжал целоваться.

Время от времени Ричард встречался с девушками. Но ему никак не удавалось избавиться от чувства, что он чужак, вовлеченный в ритуал, правил которого не знал. Мама научила его основным манерам. Однако, несмотря на это, ожидание в гостиных, приглашения на танцы и стандартные фразы типа «Спасибо за прекрасный вечер» заставляли его чувствовать себя нелепо. Словно он никак не мог расшифровать код, который всем остальным был хорошо знаком.

Он не вполне осознавал, какие надежды возлагали на него родители. Как не ощущал он в полной мере и ту пустоту, что осталась после смерти его младшего брата, – мать все еще часто вспоминала о малыше. Не понимал Ричард и причин, вынудивших мать спуститься по социальной лестнице в связи с возникшими трудностями. С началом Великой депрессии Фейнманам пришлось отказаться от дома на Нью-Бродвей и переехать в маленькую квартиру, где гостиная и столовая служили также спальнями. Мелвилл постоянно был в разъездах, что-то продавая, а когда бывал дома, то читал журнал National Geographic. Он коллекционировал подержанные журналы. По воскресеньям отец Ричарда выходил на улицу и рисовал пейзажи или цветы. Бывало, они вместе с детьми ездили в город и посещали музей Метрополитен. Там они ходили в Египетский зал, предварительно изучив информацию об иероглифах в энциклопедии, чтобы попытаться хоть немного расшифровать древние артефакты, привлекавшие внимание посетителей.

Ричард все так же ковырялся в радиоприемниках. Великая депрессия способствовала тому, что количество тех, кто хотел бы недорого отремонтировать радиоприемники, возросло, и Ричард оказался востребован. Прошло немногим более десяти лет с начала массовых продаж

радиоприемников, но они проникли уже почти в половину домов Америки. К 1932 году цена нового приемника упала до 48 долларов, что составляло менее трети от цены трехлетней давности. Появились приемники «Миджет», в которых пять ламп компактно располагались в удивительной двухкилограммовой коробке со встроенной антенной и маленькими колонками размером с долларovou купюру. Некоторые приемники были с круглыми ручками, позволявшими самостоятельно регулировать высокие и низкие тона. Другие же позиционировались как очень стильные, с атласной отделкой под черное дерево, хромированными регуляторами и решетками громкоговорителей.

В сломанных приемниках Ричард находил самые разные виды повреждения схем. Он перепаявал проводку выключателей, карабкался на соседнюю крышу, чтобы установить там антенну. Он искал причину поломки – воск в конденсаторах или остатки угля на обгоревших резисторах. Позже из этого получилась настоящая история, которую Ричард назвал «Он чинит радио силой мысли». Главный герой этой истории – маленький мальчик с огромной, нереальных размеров отверткой, торчащей из заднего кармана. И этот мальчик мог решать невероятно сложные задачи. Последний и лучший из всех сломанных радиоприемников, тот, благодаря которому Ричард приобрел свою репутацию, при включении издавал леденящий кровь вопль. Ричард ходил вокруг него в раздумьях, пока ворчливый скупой владелец приемника доставал его вопросами: «Что ты делаешь? Починить-то сможешь?» Ричард размышлял. Что могло вызывать шумы, изменяющиеся со временем? Это могло быть связано с нагревом ламп: сначала посторонний сигнал нарастал до скрежета, а потом устанавливался нормальный звук. Ричард остановился, подошел к приемнику, вытащил лампу, потом другую, поменял их местами. Затем включил приемник – посторонний звук исчез. *Мальчик, который чинит радио силой мысли*, – так он думал о себе, и так о нем стали думать его клиенты в Фар-Рокуэй. Это сравнение заслуживало доверия. Голова работала. Логическим умозаключениям можно доверять. Упражнения из школьного учебника остались позади. Волнующее желание решать задачи, ощущение мыслительного процесса и того, как идеи сменяют одна другую, пока внешне не сливаются в единый узор, осознание силы и своей правоты, – все эти чувства вызывали состояние, напоминающее зависимость. Воодушевленный этим, Фейнман мог впасть в такое глубокое состояние транса, что это пугало даже его семью.

В те времена знания были в дефиците. Комиссионки были редким явлением. Подростку в Фар-Рокуэй, чтобы найти учебник математики, приходилось приложить немало сил и изобретательности. Каждая радиопередача, каждый телефонный звонок, каждое выступление в местной синагоге, каждый фильм в новом кинотеатре на Мотт-авеню были событиями особенными. И каждая книга Ричарда запечатлелась в его памяти навсегда. Когда что-то в учебнике по основам математики озадачивало его, он начинал прорабатывать формулу за формулой, заполняя блокнот самостоятельно придуманными упражнениями. С друзьями они обменивались книжками по математике, как бейсбольными карточками. И если мальчик по имени Морри Джейкобс говорил ему, что косинус угла 20° , умноженный на косинус угла 40° и умноженный на косинус угла 80° , равнялся одной восьмой, Ритти запоминал это на всю жизнь. Как запоминал и то, где находился в тот момент, когда узнал это, – в каждой галантерейной лавке отца Морри.

Даже в разгар эпохи радио сознание людей не подвергалось воздействию, подобному тому, что принесет впоследствии телевидение, – настоящей бомбардировке визуальными образами и звуками мерцающих вспышек доступных знаний. Истинные знания были тогда редки и потому ценны. То же самое происходило и в среде ученых. Валюта научной информации тогда еще не обесценилась ее доступностью. Для ученика это означало, что за вопросами не придется далеко ходить. Фейнман быстро почувствовал себя вблизи той границы, за которой окружающие его люди не знали ответов. Даже в старшей школе, когда он после полудня приходил в лабораторию, чтобы поэкспериментировать с магнитами и помочь учителю убрать лабо-

раторные принадлежности, ему нравилось задавать вопросы, которые ставили преподавателя в тупик.

Теперь же, оканчивая среднюю школу, он не мог точно сказать, насколько близок к той самой науке, в которой ученые выискивали нетривиальные задачи, словно выкапывали клубни картофеля из земли. Прорыв в квантовой механике обнажил фундаментальные проблемы. Физика тогда считалась наукой молодой, непознанной, покрытой тайнами больше, чем любые человеческие познания дня сегодняшнего, но в то же время чем-то напоминала семейное дело. Несмотря на зарождение новейших теорий, таких как ядерная физика или квантовая теория поля, опубликованных материалов было все еще крайне мало, да и те несколько научных журналов, в которых появлялись такие статьи, издавались в основном в Европе. Ричард, конечно, не знал о них ровным счетом ничего.

В это же время в другой части города еще один не по годам развитый подросток по имени Джулиан Швингер потихоньку познавал мир физики. Он настолько же был городским ребенком, насколько Фейнман – мальчиком с окраины. Младший сын успешного владельца ателье по пошиву одежды, он рос сначала в еврейской части Гарлема, потом на Риверсайд-драйв, где темные величественные дома с каменными стенами тянулись вдоль берега реки Гудзон. Улица была предназначена для автомобилей, но по ней все еще ездили конные повозки, которые развозили контейнеры по лавкам торговцев, расположенных в нескольких кварталах к востоку. Швингер знал, где достать книги. Он частенько рыскал по букинистическим магазинам на Четвертой и Пятой авеню в поисках продвинутой литературы по математике и физике. Он учился в школе Харриса, известной своими связями с Городским колледжем Нью-Йорка, и в 1934 году, еще до выпускного, когда ему было всего шестнадцать, открыл для себя современную физику. У Джулиана было вытянутое серьезное лицо, слегка покатые плечи. Он просиживал в библиотеке колледжа за чтением работ Дирака в *Proceedings of the Royal Society of London* («Труды Лондонского Королевского общества») и статей в *Physikalische Zeitschrift der Sowjetunion*⁴². Он также читал и *Physical Review*, который спустя сорок лет стал издаваться не раз в месяц, а каждые две недели в надежде конкурировать с более известными европейскими изданиями. Учителям Швингер казался слишком застенчивым, хотя держался всегда не по годам достойно.

В тот год он аккуратно напечатал на шести стандартных листах свой первый труд по физике «О взаимодействии нескольких электронов» (*On the Interaction of Several Electrons*), изящество и отточенность которого свидетельствовали о том, что его автор зрел отнюдь не по годам. За основу своей работы Джулиан взял новые положения теории поля: «Две частицы не вступают в непосредственное взаимодействие; их связи обусловлены влиянием поля одной из частиц на поле другой, находящейся в непосредственной близости». То есть электроны не просто отталкиваются друг от друга, они находятся в поле таинственной субстанции, пришедшей взамен эфиру, а волны, образуемые ими, действуют на другие электроны». Швингер не претендовал на то, что совершил прорыв своей работой. Он лишь показал, что понимает «квантовую электродинамику Дирака, Фока⁴³ и Подольского⁴⁴», «представление Гейзенберга»⁴⁵ о потенциалах в вакууме и может применять «единицы Лоренца – Хевисайда» для выражения этого потенциала в относительно компактных формулах. Это была тяжелая артиллерия, размещенная на слабом грунте. Поле Максвелла, в котором столь эффективно объединились электричество и магнетизм, теперь предстояло квантовать, выразив его через волновые пакеты конеч-

⁴² «Физический журнал» – немецкоязычный рецензируемый научный журнал, издававшийся с 1899 по 1945 год издательством S. Hirzel Verlag.

⁴³ Владимир Александрович Фок (1898–1974) – советский физик. Академик АН СССР. Ввел и изучил фундаментальные понятия квантовой механики и квантовой теории поля: пространство Фока, метод функционалов Фока и пр.

⁴⁴ Борис Яковлевич Подольский (1896–1966) – американский физик-теоретик русского происхождения, соавтор парадокса Эйнштейна – Подольского – Розена.

⁴⁵ Представление Гейзенберга – матричный способ описания квантовомеханических явлений.

ного размера, которые невозможно было бы уменьшать далее. Эти волны одновременно были гладкими и динамичными. В начале своей профессиональной деятельности в области физики Швингер рассматривал даже не это сложное электромагнитное поле, а поле еще более абстрактное: он отошел от материального аспекта, работая не с частицами, а с математическими операторами. Он описал эту теорию последовательностью из 28 уравнений. Однажды он был вынужден прервать работу, когда рассматривал уравнение № 20. Часть уравнения выглядела очень громоздкой: появлялись бесконечные величины. И если применять это уравнение к описанию физических свойств, то обнаруживалась тенденция электрона взаимодействовать с самим собой. Взаимодействуя с собственным полем, электрон приобретал (математически) бесконечную энергию. Дирак и другие неохотно соглашались иметь дело с этой частью формулы, Швингер же нашел правильный подход. Он просто игнорировал эту часть уравнения и перешел к формуле № 21.

Джулиан Швингер и Ричард Фейнман, ровесники, одержимые абстрактным миром науки настолько, насколько могут быть одержимы шестнадцатилетние мальчишки, уже в юности выбрали разные дороги. Швингер изучал теории новой физики, Фейнман заполнял свои школьные блокноты математическими формулами. Швингера интересовали мастодонты, Фейнман пытался произвести впечатление на ровесников занимательными фокусами. Швингер стремился к городской интеллектуальной элите, Фейнман бегал по пляжам и мостовым пригорода. Если бы они встретились, то вряд ли могли бы найти тему для разговора. Так они и не встретятся в течение последующих десяти лет, вплоть до Лос-Аламоса. И уже значительно позже, совсем в зрелом возрасте, когда разделят Нобелевскую премию как соперники, на одном из ужинов они поразят собравшихся, соревнуясь, кто первым вспомнит в алфавитном порядке заголовки и определения из «Британской энциклопедии», выпущенной за полвека до этого.

Когда детство закончилось, Ричарду пришлось поработать в разных местах – от местной типографии до небольшого отеля в Фар-Рокуэй, принадлежащего ее тете. Он пытался поступить в колледж. Его оценки по математике и естественным наукам были превосходны, но по другим предметам немного уступали, а у колледжей в 1930-х годах был лимит на зачисление евреев. Он заплатил пятнадцать долларов за вступительные экзамены в Колумбийский университет и долго сожалел о потраченных деньгах, когда его не приняли. Наконец, его согласились зачислить в Массачусетский технологический институт.

Массачусетский технологический институт

* * *

СЕМНАДЦАТИЛЕТНИЙ студент-первокурсник Теодор Велтон на Дне открытых дверей Массачусетского технологического института (МТИ) весной 1936 года помогал студентам старших курсов демонстрировать работу аэродинамической трубы. Как и большинство его однокурсников, поступая в институт, он знал все о самолетах, электричестве, химических веществах и восхищался Альбертом Эйнштейном. Он был родом из маленького городка Саратога-Спрингс, расположенного в штате Нью-Йорк. Проучившись почти год в институте, Велтон не растерял уверенности в себе. Закончив выполнять свои обязанности по обслуживанию аэродинамической трубы, он отправился посмотреть другие научные экспонаты, которые превратили мероприятие в настоящую выставку для родителей и гостей из Бостона. Он подошел к математической секции и там, в толпе, заметил еще одного похожего на него первокурсника с оттопыренными ушами и румянцем на лице. Тот как-то несуразно управлялся со сложным вычислительным устройством величиной с чемодан, которое называлось анализатор гармоник. Парень фонтанировал объяснениями и отвечал на вопросы как конгрессмен на пресс-конференции. Устройство могло разложить любую волну на сумму синусоидальных и косинусоидальных волн. У Велтона прямо уши загорелись, когда он услышал, как Дик Фейнман пылко объясняет принципы работы преобразования Фурье – сложного математического метода гармонического (спектрального) анализа волн. До этого он и подумать не мог, что кто-то из новичков, кроме него, обладает такими знаниями.

Велтон (предпочитавший, чтобы его называли по инициалам Ти Эй) выбрал физику в качестве основного предмета. Фейнман же дважды менял специализацию. Сначала он поступил на математический. По результатам экзаменов его взяли сразу на второй год вычислительного курса, где изучали дифференциальные уравнения и интегрирование по трем переменным. Это было просто, и Фейнман подумывал о досрочной сдаче экзаменов. Но в то же время он сомневался, что хочет посвятить этому свою жизнь. Американские математики в 1930-х годах как никогда оперировали строгими теоретическими понятиями и презирали так называемую прикладную часть. Фейнману же, наконец-то оказавшемуся среди единомышленников и знатоков радио, математика теперь казалась слишком абстрактной и неконкретной наукой.

По рассказам современных физиков, поворотным моментом в их жизни часто бывает тот, когда они начинают осознавать, что математика перестала быть для них интересной. А начинали все, как правило, именно с нее, потому что ни один другой школьный предмет не позволял в полной мере проявить свои способности. Потом или наступал кризис и прозрение, или возникала неудовлетворенность, и они или сразу, или постепенно начинали интересоваться смежными областями науки. Вернер Гейзенберг, который был на семнадцать лет старше Фейнмана, пережил такой кризисный момент, когда работал на знаменитого математика Фердинанда фон Линдемана в Мюнхенском университете. Лохматая, вечно твякающая собака Линдемана почему-то никак не выходила у Гейзенберга из головы. Она напоминала ему пуделя из «Фауста» и совершенно не давала возможности сосредоточиться, когда профессор, застав Гейзенберга за чтением новой книги Вейля о теории относительности, сказал: «Раз так, вы совершенно потеряны для математики». Фейнман, проучившись полгода на первом курсе и прочитав работу Эддингтона о теории относительности, обратился к декану своего факультета с классическим вопросом: «Для чего нужна математика?» И получил ответ: «Если вы спрашиваете, то вам тут не место».

Возникало ощущение, что изучать математику надо лишь для того, чтобы потом преподавать математику. Декан предложил ему сделать расчет вероятностей для страховых компаний. И он не шутил. Незадолго до этого доктор наук Эдвард Мендж провел исследования профессиональной среды, и полученные результаты вошли в его монографию «Возможности карьерного роста для выпускников научных факультетов» (Jobs for the College Graduate in Science). Доктор Мендж писал: «Американцев в большей степени привлекают прикладные, нежели фундаментальные принципы, также называемые “практичными”». И это значительно ограничивало перспективы трудоустройства для тех, кто планировал связать жизнь с математикой, ведь, согласно выводам Менджа, «найти хорошую работу математикам довольно сложно, разве что занять профессорскую должность в университете. Но можно найти и практическое применение знаниям, устроившись экспертом-статистиком в одну из крупных страховых компаний...» Фейнман перешел сначала на электротехнический, а потом снова на факультет физики.

И вовсе не потому, что физики имели больше возможностей в профессиональном плане. Американское физическое общество к тому моменту насчитывало всего две тысячи членов. И хотя их количество увеличилось вдвое за десять лет, но все же оно выглядело отнюдь не впечатляюще. Работая в сфере образования, в Национальном бюро стандартов или в Бюро погоды, физик мог рассчитывать на хорошую зарплату от трех до шести тысяч долларов в год. Однако Великая депрессия вынудила правительство и ведущие исследовательские корпорации сократить почти наполовину штат научных сотрудников. Профессор физики из Гарварда Эдвин Кемпбл перспективы трудоустройства выпускников-физиков назвал кошмаром. И аргументов в пользу того, чтобы специализироваться в этой области науки, не хватало.

Отвлекаясь от своего прагматизма, Мендж, пожалуй, предоставил единственный такой аргумент. «Испытывает ли студент, – спросил он, – непреодолимое желание внести свой вклад в мировую науку? Хочет ли он работать не покладая рук, чтобы его труды были заметны, как круги на водной глади от брошенного камня? Другими словами, настолько ли он увлечен предметом, что не остановится, пока не узнает о нем все, что только возможно?»

Три самых влиятельных американских физика – Джон Слейтер, Филип Морс и Джулиус Страттон – работали в тот период в Массачусетском технологическом институте. Они были выходцами из приличных семей, воспитаны в духе христианских традиций и полностью соответствовали стереотипу ученого, в отличие от всех тех, кому вскоре суждено было затмить их. Иностранцы, например Ханс Бете⁴⁶ и Юджин Вигнер⁴⁷, уже прибыли в Корнеллский и Принстонский университеты. Евреев Исидора Раби и Роберта Оппенгеймера приняли на работу в Колумбийский и Калифорнийский, несмотря на антисемитские настроения и в том, и в другом университетах. Страттон впоследствии возглавил Массачусетский технологический, а Морс стал первым руководителем Брукхейвенской национальной лаборатории ядерных исследований. Слейтер занимал должность декана. Он был представителем американской молодежи, получившей образование за границей. Впрочем, он не особенно глубоко погрузился в пучины европейской физики, как, например, Раби, который учился и в Цюрихе, и в Мюнхене, и в Копенгагене, и в Гамбурге, и в Лейпциге, и снова в Цюрихе. Слейтер прошел краткий курс в Кембридже в 1923 году и почему-то упустил возможность встретиться с Дираком, хотя, как минимум, они оба прослушали один общий курс.

Однако в интеллектуальном плане Слейтер и Дирак в последующие десять лет сталкивались неоднократно. Слейтер постоянно делал незначительные открытия, о которых Дирак сообщал за несколько месяцев до этого. Это раздражало Слейтера. У него создавалось впечатление, что Дирак намеренно скрывает результаты своих исследований, окутывая их пау-

⁴⁶ Ханс Бете (1906, Германия – 2005) – американский астрофизик, лауреат Нобелевской премии по физике (1967).

⁴⁷ Юджин Вигнер (1902–1995) – американский физик и математик венгерского происхождения, лауреат Нобелевской премии по физике (1963).

тиной совершенно лишних запутанных математических формулировок, которым Слейтер не доверял. На самом деле он сомневался в весьма размытых философских концепциях, которые использовали европейские ученые в квантовой механике. Все эти утверждения о дуальности или взаимодополняемости напоминали ему историю доктора Джекила и мистера Хайда. Сомнения вызывали и трактовки времени и вероятности, а также домыслы о влиянии человека как стороннего наблюдателя. «Не люблю мистику, – говорил Слейтер. – Я предпочитаю точность». Большинство европейских физиков откровенно не скрывало свои проблемы. Некоторые из них считали своим долгом принять на себя ответственность за последствия полученных расчетов. Они отказывались внедрять свои новейшие разработки, пока физическая картина не прояснится полностью. Чем больше они манипулировали матрицами, чем больше перетасовывали дифференциальные уравнения, тем больше начинали сомневаться. *Куда девается частица, когда никто не смотрит?* За каменными стенами старых университетов владычествовали старые привычные воззрения. Теорией о спонтанном возникновении фотонов в излучении возбужденных атомов – эффект без причины – ученые как кувалдой могли размахивать в спорах о кантианской причинности природы. В Европе, возможно, но не в Америке. «В наше время физика-теоретика в теориях должно интересовать лишь одно, – безапелляционно высказался Слейтер вскоре после того, как Фейнман поступил в Массачусетский технологический. – Теории должны давать четкие прогнозы о ходе экспериментов. Ничего более».

Слейтер не просто оспаривал философский подход в физике. «Вопросы о теориях, которые не в состоянии правильно предсказать результаты экспериментов, кажутся мне бессмысленными, – говорил он. – И я предпочел бы оставить их тем, кто получает от них хоть какое-то удовольствие».

Высказываясь в защиту здравого смысла и практичности и утверждая, что теория должна быть служанкой эксперимента, Слейтер обращался в первую очередь к своим американским коллегам. Эдисон, а не Эйнштейн, все еще олицетворял для них образ ученого. Упорный труд, а не вдохновение. Математика непостижима и ненадежна. Другой физик, Эдвард Кондон, говорил, что всем известно, чем занимаются физики, использующие математические методы: «Они внимательно изучают результаты экспериментов и переписывают их таким образом, что сами едва могут прочитать свои математические выражения. Физика только тогда оправдывает себя, – добавлял он, – когда позволяет прогнозировать результат эксперимента, и только в тех случаях, когда на предсказание требуется меньше времени, чем на проведение самого эксперимента».

В отличие от европейских коллег, американские физики-теоретики не имели своих кафедр. Они вынуждены были делить помещения с экспериментаторами, вникать в их проблемы и пытаться давать практические ответы на их вопросы. Тем не менее время эдисоновской науки заканчивалось, и Слейтер знал это. По распоряжению ректора МТИ Карла Комптона он создал кафедру теоретической физики, чтобы вывести эту область на передовые позиции американской науки и способствовать тому, чтобы страна выглядела на мировой научной арене более достойно. Он и коллеги знали, насколько не готовы Соединенные Штаты заниматься подготовкой нового поколения физиков. Знали об этом и руководители стремительно развивающихся технологических производств.

Когда Слейтер вступал в должность, кафедра Массачусетского технологического насчитывала едва ли дюжину аспирантов. Шесть лет спустя их количество увеличилось до шестидесяти. Несмотря на Великую депрессию, в Институте появились физическая и химическая лаборатории, финансируемые промышленником Джорджем Истманом. Основная часть исследований касалась возможности использования электромагнитного излучения для определения структуры вещества. Большое внимание уделялось спектроскопии – определению спектрального состава светового излучения различных веществ, а также рентгеновской кристаллографии. (Каждый раз, когда физики обнаруживали новый вид «лучей» или частиц, они использо-

вали рентгеновские лучи для определения расстояния между молекулами.) Новое вакуумное оборудование и отличные зеркала, изготовленные методом травления, позволяли делать точный спектральный анализ. А мощнейшие электромагниты создавали поля, равных по силе которым еще не было.

Джулиус Страттон и Филип Морс читали спецкурс старшекурсникам и аспирантам, который назывался так же, как и работа Слейтера – «Введение в теоретическую физику». Слейтер с коллегами разработал его всего несколькими годами ранее. В нем воплотились основные принципы их новых взглядов на преподавание физики в МТИ. Смысл в том, чтобы объединить в новом курсе дисциплины, которые преподавались до этого отдельно. В их число входили механика, электромагнетизм, термодинамика, гидродинамика и оптика. Студенты изучали эти предметы постепенно, в специальных лабораториях, причем основное внимание уделялось проведению экспериментов. Слейтер же объединил эти предметы, чтобы подготовить студентов к изучению нового направления – современной теории атома. Еще не существовало курса квантовой механики, но студенты Слейтера уже рассматривали атом не с точки зрения классической механики, в которой действуют законы движения твердых тел, а с точки зрения волновой теории, где изучают вибрирующие струны и звуковые волны, существующие внутри полых объектов. Преподаватели с самого начала объясняли студентам, что на начальной стадии изучения теоретической физики их задача будет заключаться не в том, чтобы освоить математические вычисления, но в том, чтобы применить математические методы к реальным явлениям во всем их разнообразии: движение тел и жидкостей, магнитные поля и силы, течение воды и электрический ток, волны на воде и световые волны.

Первокурсник Фейнман жил в комнате с двумя старшекурсниками, посещавшими эти лекции. В течение года он привык к их разговорам и даже иногда принимал участие в спорах, удивляя соседей, предлагая свой способ решения задач. «Почему бы не попробовать уравнение Бернулли?» – спрашивал он. В его произношении фамилия звучала как «Берноули»⁴⁸, ведь он получил знания, читая энциклопедии и немногочисленные учебники, которые находил в Фар-Рокуэй. Ко второму курсу он решил, что и сам готов изучить этот курс.

В первый день все заполняли регистрационные карточки: у старшекурсников карточки были зеленые, у аспирантов – коричневые. Фейнман с гордостью ощущал в своем кармане розовую карточку студента-второкурсника. Кроме того, он носил офицерскую форму ROTC⁴⁹, так как внестроевая подготовка была обязательной для учащихся первых курсов. Он выделялся среди остальных, поэтому к нему подсел еще один второкурсник в форме. Это был Ти Эй Велтон. Он помнил математический талант Ричарда еще со дня открытых дверей, что состоялось весной.

⁴⁸ Фейнман, произнося фамилию ученого, основывался только на ее написании Bernoulli и никогда не слышал, как она звучит. В английском возможны разночтения буквенных сочетаний в иностранных фамилиях. *Прим. перев.*

⁴⁹ ROTC – Reserve Officers' Training Corps – служба вневойсковой подготовки офицеров запаса.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

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

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