

Leonard MLODINOW

Леонард МЛОДИНОВ

Feynman's Rainbow

Радуга Фейнмана

*A Search for Beauty
in Physics and in Life*

*Поиск красоты в физике
и в жизни*



Москва
2015

УДК 519.21
ББК 22.171
М72

*This edition published by arrangement with Grand Central Publishing,
New York, New York, USA. All rights reserved*

*Copyright © 2003 by Leonard Mlodinow.
All rights reserved*

Оформление обложки Владимира Камаева

Л. Млодинов

Донне Скотт

М72 **Радуга Фейнмана. Поиск красоты в физике
и в жизни** / Пер. с англ. Шаши Мартыновой. —
Москва: Livebook, 2015. — 240 с.

ISBN 978-5-904584-91-7

Замысел книги родился в коридорах одного из лучших исследовательских заведений в мире — Калифорнийского технологического университета. Там молодой физик Леонард Млодинов, будущий писатель и популяризатор науки, познакомился с выдающимся ученым и нобелевским лауреатом Ричардом Фейнманом.

По Фейнману, и физика, и сама жизнь управляются интуицией и вдохновением — и презрением к правилам и обычаям.

Погрузитесь в документальный рассказ Леонарда Млодинова о гении науки и провокаторе, Ричарде Фейнмане, его амбициях и фальстартах, верности своей подлинной страсти, мыслях о творчестве и любви.

УДК 519.21
ББК 22.171
М72

© Leonard Mlodinow, 2003

© Шаши Мартынова, перевод
на русский язык, 2014

ISBN 978-5-904584-91-7

© Livebook Publishing Ltd, 2014

Так говорил честный человек,
выдающийся интуитивист нашего времени
и лучший образчик того, что
может ожидать любого, кто рискнет
пойти на зов иных барабанов.

*Джулиэн Швингер, Нобелевский лауреат,
из некролога Фейнмана в «Physics Today»,
февраль 1989 года*

РИЧАРД ФИЛЛИПС ФЕЙНМАН

(1918–1988)

Американский физик, один из создателей квантовой электродинамики Ричард Фейнман внес существенный вклад в квантовую механику и квантовую теорию поля, его имя носит метод диаграмм Фейнмана.

Фейнман – обладатель главной научной награды – Нобелевской премии по физике «за фундаментальные работы по квантовой электродинамике, имевшие глубокие последствия для физики элементарных частиц» (совместно с Дж. Швингером и С. Томонагой).

Ричард Фейнман также стал реформатором методов преподавания физики в вузе. В мире вот уже много лет и учащиеся, и преподаватели пользуются учебником, созданным на базе его курса лекций. Оригинальность мышления и веселый нрав ученого оказали огромное влияние на целое поколение студентов-физиков. Каждую свою лекцию Ричард Фейнман превращал в интеллектуальную игру.

Его разнообразные таланты отнюдь не ограничивались физикой. Фейнман был человеком разносторонним и пробовал абсолютно все, что казалось ему интересным, будь то написание картин или игра на барабанах, биология или изучение письменности Майя.

Достижения:

- Нобелевская премия, премия Альберта Эйнштейна Мемориального фонда Льюиса и Розы Страусс, премии по физике Эрнеста Орландо Лоуренса, международная золотая медаль Нильса Бора;
- Член Американского физического общества, Бразильской академии наук и Лондонского королевского общества, Национальной академии наук США;
- Персональная выставка картин.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Докторскую степень по физике ежегодно получают не более восьмисот американцев. По всему миру, может, несколько тысяч. Но даже такой скромной компании даются открытия и инновации, формирующие нашу жизнь и мышление. Благодаря небольшой группе увлеченных личностей рентген, лазеры, радиоволны, транзисторы, атомная энергия (и ядерное оружие) стали нашей реальностью, равно как и представления о пространстве, времени и природе Вселенной. Быть физиком — значит иметь громадный потенциал к изменению мира, а также — приобщиться к славной истории и традициям.

Важнейший период жизни физика — аспирантура и первые годы после выпуска. Именно тогда физик обретает себя и закладывает фундамент карьеры. Эта книга — о моей жизни по окончании высшего образования в 1981 году, когда я оказался на факультете Калифорнийского технологического института,

одного из лучших исследовательских заведений в мире.

Мой опыт в Калтехе — из не самых обычных. В институт я прибыл сплошь растерянность и комплексы. В свои способности я не верил, и мои представления о будущем оставались чрезвычайно размыты. Однако мне и повезло чрезвычайно: кабинет я получил по соседству с одним из величайших физиков столетия — с Ричардом Фейнманом. Именно Фейнман, участвуя в комиссии по крушению космического челнока, продемонстрировал в 1986 году решение загадки отказавшего уплотнительного кольца, макнув его в ледяную воду и постучав им по столу — оно стало хрупким. Таков был классический Фейнман: победа здравого смысла над компьютерными моделями, прозрения — над уравнениями. Годом ранее великолепные мемуары «Вы, конечно, шутите, мистер Фейнман!» бомбой взорвались в списках бестселлеров. После смерти в 1988 году Фейнман в массовом сознании стал Эйнштейном современности. Однако еще в 1981 году Фейнмана за пределами круга физиков почти никто не знал, хотя внутри этого круга он уже несколько десятилетий слыл легендой.

Место научного сотрудника я получил потому, что неких именитых физиков заинтересовала моя докторская диссертация по квантовой теории бесконечномерных пространств. Уместен ли я был рядом с двумя Нобелевскими лауреатами и самыми блистательными выпускниками страны? Я неделями просиживал у себя в кабинете, размышляя о величайших нерешенных задачах физики. Меня не посетила ни одна яркая мысль. Я уверился, что мой предыдущий труд — чистое везение, и ничего стоящего я больше не открою. Я вдруг понял, почему в Калтехе самый

высокий уровень самоубийств из всех учебных заведений страны.

И вот однажды я набрался смелости, постучался к Фейнману в кабинет — и с изумлением обнаружил, что меня там готовы принять. Он только что перенес вторую операцию в связи со своей раковой опухолью, которая в конце концов свела его в могилу. В следующие два года мы много общались, и у меня была возможность задавать ему вопросы: как увериться, что работа мне по силам? Как именно думают ученые? Какова природа творчества? Этот исследователь на закате своих дней дал мне ответы о природе науки и ученого. Но кроме этого я открыл новый подход к жизни.

Эта книга — история моего первого года в Калтехе, с зимы 1981-го. В этом смысле считайте ее рассказом о молодом ученом, пытавшемся найти свое место в мире, и о знаменитом, старом, умирающем физике, чья мудрость помогла юнцу. Но, кроме того, это повесть о последних годах Ричарда Фейнмана, его соперничестве с другим Нобелевским лауреатом, Марри Гелл-Мэнном, и о зарождении теории струн — ныне ведущей теории границ физики и космологии.

Эта книга излагает историю, но она — не вымысел. Наши разговоры с Фейнманом я записывал вручную и на магнитофон — настолько они меня потрясали. Абзацы, набранные курсивом, основаны на этих записях и расшифровках наших дискуссий. Все, о чем я пишу, происходило со мной в действительности. Однако чтобы как можно ярче представить этот опыт, я объединил и видоизменил некоторые события, а также имена поминаемых мною людей, за исключением тех, чьи работы цитировал, а именно — Фейнмана, Марри Гелл-Мэнна, Хелен Так, Джона Шварца, Марка Хиллери и Ника Папаниколау.

Я благодарен Калтеху за живое и вдохновенное пространство исследования, а также за веру в меня в те далекие годы. И, конечно, я особенно благодарен покойному Ричарду Фейнману — за многочисленные жизненные уроки.

Худощавый мужчина с отросшими волосами входит в свой скромный кабинет в сером бетонном здании среди олив Калтеховского академического городка на Калифорнийском бульваре в Пасадине. Кое-кто из студентов, пробывших на этой планете втрое меньше профессора, останавливается в коридоре и смотрит ему вслед. Никто и слова бы не сказал, не явись он сегодня на работу, однако ничто его не удержит — уж тем более не операция, последствиям которой он не позволит больше нарушать распорядок его дня.

Снаружи пальмы омыты ярким солнцем, но оно уже не иссушает, как летом. Высытятся холмы, бурый на них уступает зеленому, растительность возрождается — грядет зима, куда более мягкое время года. Профессор, вероятно, раздумывает, сколько еще смен бурого на зеленый ему удастся повидать: он знает, что болезнь с ним разделается. Он любил жизнь, но верил в законы природы, а не в чудеса. Когда в 1978 году

у него обнаружили редкую форму рака, он ознакомился с литературой по предмету. Пять лет жизни в менее чем 10 процентах случаев. Десять лет не прожил почти никто. У него шел четвертый год.

Лет сорок назад, когда ему было почти столько же, сколько местным студентам, он отправил несколько статей в престижный журнал «*Physical Review*». Статьи проиллюстрировал странными диаграммами, отражавшими новое восприятие квантовой механики — менее формальное, нежели стандартный математический язык физики. И пусть мало кто верил в этот его новый подход, он все равно думал: вот будет потеха, если в один прекрасный день весь этот журнал запестрит подобными диаграммами. Время показало, что метод тех диаграмм не только верен и полезен, но и революционен, и к тому самому дню в конце 1981 года от таких диаграмм в журнале «*Physical Review*» уже некуда было деться. Вершина популярности любой диаграммы. И вершина популярности ученого — в научном мире, во всяком случае.

Последние пару лет профессор трудился над некой новой задачей. Метод, разработанный им в студенческие годы, оказался крайне успешным применительно к теории под названием «квантовая электродинамика». Это теория электромагнитной силы, управляющей, среди прочего, поведением электронов, окружающих вокруг ядра атома. Электроны сообщают атомам их химические и спектральные свойства (цвет излучаемого и поглощаемого света). И потому исследование этих электронов и их поведения называется атомной физикой. Но со времен студенчества профессора прошло много лет, и физики далеко продвинулись в новой области физического знания — ядерной физике. Она занимается не электронной структурой атома, а потенциально гораздо более яростными

взаимодействиями между протонами и нейтронами внутри ядра. Хотя протоны подчиняются той же электромагнитной силе, что управляет поведением электронов в атоме, взаимодействия внутри ядра обусловлены новой силой, куда мощнее электромагнитной. Эти взаимодействия так и называются — «сильные».

Для описания сильных взаимодействий была предложена грандиозная новая теория. У нее были кое-какие математические свойства квантовой электродинамики, и она получила название, отражающее это сходство, — «квантовая хромодинамика» (вопреки корню «хромо» о цвете в привычном понимании речь не идет). В своей сути квантовая хромодинамика давала точные количественные описания протонов, нейтронов и тому подобных частиц, а также их взаимодействий — как они могут связываться друг с другом и как ведут себя при столкновении. Но как из теории нам извлечь описания этих процессов? Подход профессора в целом опирался на эту новую теорию, но возникали практические затруднения. Квантовая хромодинамика одержала некоторые победы, и все же во многих ситуациях ни профессор, ни кто-либо еще не знали, как с помощью этих диаграмм — или какого угодно иного метода — извлекать из теории точные численные предсказания. Теоретики не могли даже массу протона с ее помощью рассчитать, а она уже была давно и точно известна практикам из эксперимента.

Профессор, возможно, думает, что оставшиеся ему на Земле месяцы или годы он провозится с задачей квантовой хромодинамики — одной из важнейших научных проблем современности. Чтобы пробудить в себе силы и волю, потребные для натиска, он говорит себе, что всем прочим, кто много лет безуспешно брался за решение этой задачи, недоставало

некоторых качеств, какие есть у него. Каковы они, эти качества, Ричард Фейнман точно не знает — может, чудачество. Но какими бы ни были, они служили ему верно: он получил Нобелевскую премию, хотя, возможно, заработал бы и две или три, если учесть широту и важность тех прорывов, что он совершил за свою жизнь в науке.

Меж тем, в 1980 году один гораздо более молодой человек из Беркли, что в нескольких сотнях миль к северу, прислал пару статей с описанием своего подхода к решению нескольких старинных загадок атомной физики. Его метод предлагал ответы на кое-какие сложные задачи, но была в нем и неувязка. Мир, который он исследовал в своем воображении, — пространство с бесконечным числом измерений. В этом мире существовали не только верх–низ, право–лево, вперед–назад, но и бесчисленное множество других направлений. Изучая Вселенную таким способом, можно ли сказать хоть что-то полезное о нашем трехмерном существовании? И можно ли распространить этот метод на другие области изучения — например, на современную ядерную физику? И вот, этот студент получает младшую научную должность в Калтехе, по соседству с кабинетом Фейнмана — как оказалось, к вящей пользе студента.

В тот вечер, получив это предложение, я лежал в постели и вспоминал, каково оно было полжизни назад — накануне моего первого дня в средней школе. Больше всего, помнится, я нервничал из-за спортзала и перспективы душа вместе с остальными мальчишками. На самом же деле я больше всего боялся насмешек. В Калтехе на меня тоже все будут смотреть. В Пасадине у меня не будет факультетского наставника или руководителя, а лишь мои собственные ответы на непрístupнейшие загадки из тех, что

могут удумать лучшие физики. Мне казалось, физик, не выдающий гениальных идей, — живой мертвец. В таком заведении, как Калтех, его будут чураться, а потом и уволят.

Была во мне искра или же нет? А может, я вообще неправильно ставлю вопрос? И я взялся разговаривать с худым, умирающим профессором, с шевелюрой, в его кабинете по соседству. Рассказанное стариком и есть предмет этой книги.

II

Начало этой истории — зима 1973 года. Я жил тогда в киббуце — это такие коллективные фермы в Израиле — у подножья холмов близ Иерусалима. Носил волосы до плеч, а политически был пацифистом, хотя оказался в киббуце из-за Войны Судного дня, названной так из-за того, что началась она в Иом-Киппур. И пусть, когда я приехал, она уже закончилась, последствия все еще ощущались. Войска оставались мобилизованы. А потому сильно не хватало рабочих рук. Я бросил второй курс колледжа и отправился помогать.

В свои тогдашние двадцать я казался себе взрослым. Но на самом деле был еще ребенком — мной руководили, обо мне заботились, меня защищали. В киббуце я получил первый жизненный опыт сразу много в чем: впервые в другой стране, впервые ухаживал за скотиной, первый раз прятался в бомбоубежище, а кругом рвались снаряды. И в первый раз я жил без

некоторых удобств, которые привык воспринимать как должное, — без магнитофона, телевизора, телефона и... туалета в доме.

Вечерами делать было, в общем, нечего — только трепаться с другими добровольцами, глазеть на звезды или навещать маленькую «библиотеку» киббуца с парой десятков книг на английском. Кое-какие оказались по физике, судя по всему — дар одного киббучника, учившегося в колледже в Штатах. У меня в то время была двойная специальность — химия и математика, и все, кто меня знал, считали, что рано или поздно я стану профессором химии в каком-нибудь крупном университете. Я всегда был ребенком-ученым и, по общей памяти, с малолетства увлекался химией и математикой. Курс физики для старших классов показался мне сухим и скучным. Я совершенно не понимал, с чего такой сыр-бор вокруг Исаака Ньютона: кого вообще могла воодушевить скорость шара, катящегося по наклонной плоскости, или сила, с которой падает груз со второго этажа? Никакого сравнения с фейерверками и шутихами, какие я мог мастерить в химической лаборатории, или с искривленными пространствами, какие воображал на занятиях по математике. И все же на книжном безрыбье пришлось взяться за издания по физике.

Одним оказался «Характер физических законов» некого Ричарда Фейнмана — что-то я о нем слышал. То были записи его лекций, прочитанных в 1960-е. Я принялся за эту книжку. В ней объяснялись принципы современной физики, особенно квантовой теории, без применения математики.

«Квантовая теория» на самом деле — не одна конкретная теория, а их тип. Квантовой называется любая теория, основанная на «квантовой гипотезе», которую открыл миру Макс Планк в 1900 году; она

гласит, что некоторые количественные свойства материи — энергия, например, — могут иметь лишь определенные дискретные значения. Допустим, на любой высоте над поверхностью земли ваше тело располагает так называемой гравитационной потенциальной энергией. Это энергия, которая выделится при вашем ударе о землю, если вы упадете с этой высоты (с нулевым сопротивлением воздуха). В квантовой теории гравитации ваша гравитационная потенциальная энергия не может иметь любое значение, а лишь одно из дискретного набора значений энергии. Есть даже минимально возможная энергия, соответствующая пребыванию на малюсенькой высоте над поверхностью земли. Недавно это значение определили в эксперименте с нейтронами: для них минимальная энергия соответствует высоте примерно пяти десятитысячных дюйма. Даже если бы у вашей линейки были деления соответствующей точности, вы бы вряд ли различили такое расстояние. Но при изучении объектов типа нейтронов, атомов или их ядер квантовые эффекты, тем не менее, важны.

Теории, не учитывающие квантовую гипотезу Планка, называются классическими. Очевидно, до 1900 года такими были все физические теории. По большей части, классические теории вполне применимы, пока дело не доходит до особенностей поведения в масштабах атомов или еще мельче. Оказалось, что именно этим масштабам большинство физиков посвятило следующие сто лет.

Первые несколько десятилетий XX века физики разбирались со следствиями квантовой гипотезы Планка. Одно из них — знаменитый принцип неопределенности, согласно которому в природе есть некие пары количественных характеристик, чьи значения нельзя определить одновременно. К примеру, если

определить положение тела с большой точностью, не удастся узнать его точную скорость. Опять же, для большинства предметов, с которыми мы сталкиваемся в повседневности, эти ограничения незаметны, однако для составляющих атома возникающая разница громадна.

Другое следствие квантовой теории физики называют корпускулярно-волновым дуализмом; это означает, что при определенных обстоятельствах частицы вроде электронов демонстрируют волновые свойства — и наоборот. Если, допустим, выстрелить очередью электронов по узенькой щели в стене, они, проходя через нее, оставят на стене картинку из расходящихся кругов, как водная волна, проходящая через небольшое отверстие. А если проделать в стене две щели, можно будет увидеть интерференционные круги — в точности такие же, какие видно при пересечении двух водных волн. Электрон как волна — это частица, размазанная в пространстве, электрон, который ведет себя как колебание некой вездесущей субстанции, а не как конечный объект. С другой стороны, корпускулярно-волновой дуализм говорит нам, что в некоторых обстоятельствах волны энергии ведут себя как частицы. Пример — свет. Столетиями он был нам известен как волна — вспомним, как он изгибается, проходя сквозь линзу, или как расслаивается в призме. Но он же может вести себя как частица, то есть конечный, локализованный в пространстве объект, который мы называем фотоном. Это представление о свете оказалось ключевым для понимания фотоэлектрического эффекта: некоторые металлы при бомбардировке фотонами испускают электроны. Эйнштейн первым признал квантовую гипотезу фундаментальным физическим законом и объяснил в этих понятиях некоторые таинственные свойства

фотоэлектрического эффекта в своей знаменитой статье 1905 года. (Именно за эту статью, а не за противоречивые теории относительности Эйнштейн получил в 1921 году Нобелевскую премию.)

Ныне мы располагаем квантовой версией старых классических теорий: есть квантовая электродинамика, а еще и новые квантовые теории, описывающие силы, не известные в планковские времена, — квантовая хромодинамика, к примеру. Но имеется все-таки одно исключение из этой «квантизации»: гравитационная теория. Никто пока не понял, как встроить квантовую гипотезу в Эйнштейнову теорию гравитации, именуемую общей теорией относительности.

Квантовая механика — мир, поражающий воображение. Я, естественно, ею интересовался, однако всегда считал описания из учебника сухими и техническими. Фейнман сделал их удивительными и волшебными. Я был потрясен. И хотел добавки.

В той же библиотеке нашлось еще три книги Фейнмана — трехтомник «Фейнмановских лекций по физике», обзорный курс для колледжей, который он читал в Калтехе. Был в книге и портрет автора — снимок в движении, а на нем — счастливый малый, играющий на бонгах. Те книги оказались не похожи ни на один учебник из всех, что мне попадались раньше: они были непринужденны и забавны, казалось, что Фейнман — тут, рядом и говорит именно с тобой. Рассуждения о механике включали Ньютона — а также Оболтуса Денниса¹. Раздел по кинетической теории газов включал вопросы фасона «Зачем мы вообще с этим возимся?». В главах о свете автор

рассуждал о «кое-каких очень интересных вещах, касающихся зрения пчелы». Но Фейнман не просто делал физику чарующей. В его устах — без единого слова об этом — физика звучала важной. Так, будто физик, вооруженный идеей, мог единолично изменить мир и воззрения людей на него. Я поймал себя на размышлениях о задачах и идеях из книг Фейнмана, ведя трактор, груженный куриными яйцами, выпасая скот или чистя картошку в общинной кухне.

Приземлившись в Чикаго тем летом, я решил, что желаю изучать физику.

Признав за книгой столь значимое влияние на меня, киббуц разрешил мне забрать «Характер физических законов» с собой — в обмен на старые джинсы. Ближе к концу книги Фейнмана я подчеркнул абзац: «Нам очень повезло жить в эпоху, когда все еще можно делать открытия. Это как с открытием Америки — получится лишь раз. Время, в которое мы живем, — время открытия фундаментальных законов природы, и больше оно не повторится». Я пообещал себе, что когда-нибудь тоже сделаю открытие. И что когда-нибудь познакомлюсь с профессором Фейнманом.

¹ Герой американских и британских комиксов, фильмов и телесериалов с 1951 года (создатель — американский художник Хэнк Кетчэм). — *Здесь и далее примечания переводчика.*

Осень 1981 года. Много воды утекло после моей израильской поездки. У меня возникла еще одна специальность — физика, я окончил вуз, отправился в аспирантуру в Беркли и там получил докторскую степень. На выпускной пришли мои родители. То было последнее событие в моей жизни, на которое мы собрались всей семьей. Детству конец.

Из-за всяких формальностей, связанных с моей диссертацией, а именно — необходимости ее написать, — я прибыл в Калтех, сильно опоздав к началу семестра. Калтех — частный колледж, и ему удалось избежать бюджетных сокращений, которые устроил государственным вузам, особенно Беркли, Роналд Рейган — прежде чем вырос из губернатора в президенты. В Калтехе на каждого студента и сотрудника приходилось больше денег, чем в любом другом колледже страны. И оно было видно. Академгородок — красота и безмятежность. Да и велик он был,

если учесть, что учащимся в Калтехе счет шел всего на сотни. Академгородок в основном располагался компактно, несколькими кварталами, в стороне от городских улиц. Широкие дорожки вились меж ухоженных клумб, кустарников и узловатых седых олив к приземистым зданиям, многие — в средиземноморском архитектурном стиле. Здесь всё продумали для покоя и защищенности, чтобы можно было с легкостью забыть о внешнем мире и сосредоточиться на своих замыслах.

Я считал, что работа — любая работа — в академической физике есть привилегия. Некоторые фыркали, что, дескать, ученым мало платят. Но я видал слишком много «взрослых», тративших слишком много времени на работе, которая им не нравилась, только ради того, чтобы понабрать вещей кажущейся необходимости, а потом, десятки лет спустя, жалевших о «выброшенных» годах. И видел, как вкалывает мой отец, чтобы только сводить концы с концами. Я же поклялся жить лучше. Самый ценный ресурс, какой я мог заработать, — способность тратить время на то, что мне нравится делать.

Поначалу меня обуревал восторг: у меня не только работа ученого, но и место в элитном университете — на научной родине моего героя Фейнмана. И впрямь работа мечты: престижнейшая многолетняя ставка с полной академической свободой. Но по мере того, как приближалось начало моей работы, восторг увядал, зародилась неожиданная мысль: эти люди в Калтехе могут, вообще говоря, чего-то с меня и спросить. До официального принятия моей диссертации я оставался всего лишь многообещающим студентом. В мои задачи входило задавать вопросы, учиться и делать наивные ошибки, от которых профессора улыбались и вспоминали свои беззаботные юные деньки.