

Содержание

Предисловие. Новый взгляд на наследие Альберта Эйнштейна 7
Благодарности 13

Часть I. КАРТИНА ПЕРВАЯ Верхом на луче

- Глава 1 Физика до Эйнштейна 17
Глава 2 Ранние годы 29
Глава 3 Специальная теория относительности
и «год чудес» 57

Часть II. КАРТИНА ВТОРАЯ Искривленное пространство-время

- Глава 4 Общая теория относительности
и «счастливейшая мысль моей жизни» 93
Глава 5 Новый Коперник 117
Глава 6 Большой взрыв и черные дыры 137

Часть III. НЕЗАВЕРШЕННАЯ КАРТИНА
Единая теория поля

Глава 7	Обобщение и квантовый вызов	155
Глава 8	Война, мир и $E = mc^2$	191
Глава 9	Пророческое наследие Эйнштейна	219

Библиография 259

Предметно-именной указатель 263

ПРЕДИСЛОВИЕ

Новый взгляд на наследие Альберта Эйнштейна

Гений. Рассеянный профессор. Отец теории относительности. Легендарная фигура Альберта Эйнштейна — с пышными белыми волосами, развевающимися на ветру, в туфлях на босу ногу, в просторном джемпере, попыхивающий трубкой, не замечающий ничего вокруг — навсегда отпечаталась в нашем сознании. «Поп-идол уровня Элвиса Пресли и Мэрилин Монро — загадочно смотрит на нас с открытой, журнальных обложек, футболькой и огромных плакатов. Одно из агентств в Беверли-Хиллз предлагает его образ для использования в телевизионной рекламе. Ему все это очень бы не понравилось», — пишет биограф Эйнштейна Денис Брайан.

Эйнштейн принадлежит к числу величайших ученых всех времен, это грандиозная вершина, которую по вкладу в науку можно поставить в один ряд с Исааком Ньютона. Неудивительно, что журнал *Time* именно его назвал Человеком

ком столетия. Многие историки видят его среди ста самых влиятельных людей последней тысячи лет.

Учитывая место Эйнштейна в истории, можно назвать несколько причин для того, чтобы попытаться заново вспомнить и переосмыслить его жизнь. Во-первых, его теории столь глубоки и всеобъемлющи, что сделанные несколько десятилетий назад предсказания до сих пор будоражат общественность и мелькают в газетных заголовках, поэтому очень важно попытаться понять корни этих теорий. По мере того как новые поколения исследовательских инструментов, которые в 1920-е гг. даже представить себе было невозможно (среди них можно назвать, к примеру, спутники, лазеры, суперкомпьютеры, детекторы гравитационных волн), зондируют дальний космос и внутренний мир атома, предсказания Эйнштейна приносят Нобелевские премии другим ученым. Даже крошки с эйнштейнова стола открывают в науке новые горизонты. Так, Нобелевская премия 1993 г. досталась двум физикам, которые сумели косвенным образом, проанализировав движение двойной нейтронной звезды, подтвердить существование гравитационных волн, предсказанных Эйнштейном в 1916 г. Нобелевская премия 2001 г. была присуждена трем физикам, подтвердившим существование бозе-эйнштейновского конденсата — нового состояния вещества при температуре, близкой к абсолютному нулю; Эйнштейн предсказал его в 1924 г.

Сегодня подтверждаются и другие предсказания. Черные дыры, когда-то считавшиеся причудой теории Эйнштейна, обнаружены телескопом «Хаббл» и многоэлементным радиотелескопом VLA*. Кольца Эйнштейна и линзы

* Very Large Array — буквально «очень большая решетка». Радиотелескоп построен в американском штате Нью-Мексико и состоит из 27 параболических антенн диаметром 25 м каждая. — Прим. пер.

Эйнштейна не только нашли практическое подтверждение, но и являются теперь основным инструментом астрономов при измерении невидимых объектов в дальнем космосе.

Даже «ошибки» Эйнштейна, по общему признанию, внесли большой вклад в наши знания о Вселенной. В 2001 г. астрономы получили убедительные доказательства того, что «космологическая константа», считавшаяся ранее величайшим просчетом Эйнштейна, в действительности олицетворяет максимальную концентрацию энергии во Вселенной и что именно она определит окончательную судьбу самой Вселенной. Таким образом, мы наблюдаем своеобразный ренессанс наследия Эйнштейна и накопление все большего числа доказательств, подтверждающих его предсказания.

Во-вторых, физики в настоящее время пересматривают наследие Эйнштейна и особенно стиль его мышления. Пока биографы в подробностях изучают его личную жизнь в поисках истоков блестящих теорий, физики все глубже осознают, что теории Эйнштейна основаны не столько на мудрой математике (и уж тем более не на его личной жизни!), сколько на простых и элегантных образах. Эйнштейн любил говорить, что новая теория, вероятно, никудышна, если не базируется на зrimом образе, достаточно простом, чтобы понять его мог даже ребенок.

В этой книге такого рода картины — результат научного воображения Эйнштейна — становятся формальным организующим принципом, вокруг которого выстраиваются описания его мыслительного процесса и величайших достижений.

В первой части используется картина, которую Эйнштейн увидел в своем воображении, когда ему было 16 лет: как выглядел бы луч света, если бы можно было лететь

рядом с ним. Эта картина, в свою очередь, возникла, вероятно, под влиянием детской книги, которую он прочел. Наглядно представив себе, что происходит, если лететь вместе с лучом света, Эйнштейн выделил ключевое противоречие между двумя основными физическими теориями того времени: законами Ньютона и электромагнитной теории Максвелла. В определенном смысле в этой картине заключена вся специальная теория относительности (которая со временем раскроет тайну звезд и ядерной энергии).

Во второй части мы увидим другую картину: Эйнштейн представил планеты в виде шариков, катающихся по искривленной поверхности с Солнцем в центре; это иллюстрация к мысли о том, что гравитация возникает в результате искривления пространства и времени. Заменив ровную поверхность и действующие в ней силы Ньютона искривленным пространством, Эйнштейн получил совершенно новую, революционную картину гравитации. В этих рамках ньютоновы «силы» были всего лишь иллюзией, вызванной искривлением самого пространства. Из этой простой картины со временем возникнут черные дыры, Большой взрыв и конечная судьба самой Вселенной.

В третьей части книги картинка отсутствует — эта часть в основном посвящена неудачной попытке предложить образ-основу для «единой теории поля» — той, что позволила бы Эйнштейну сформулировать итог двух тысяч лет исследования законов вещества и энергии. Здесь его интуиция начала спотыкаться, поскольку в то время о силах, управляющих ядром и элементарными частицами, почти ничего не было известно.

Незавершенную единую теорию поля и 30-летний поиск «теории всего» нельзя назвать неудачей, что признали лишь недавно. Современники же Эйнштейна видели в этих иссле-

дованиях «валяние дурака». Физик и биограф Эйнштейна Абрахам Пайс сетовал: «В последние 30 лет жизни он продолжал вести активную работу, но его слава не уменьшилась бы, а может, наоборот, выросла, если бы он вместо этого занялся рыбалкой». Иными словами, его наследие могло оказаться еще более величественным, если бы он оставил физику в 1925 г., а не в 1955-м.

Однако в последние годы с появлением новой теории, получившей название теории суперструн, или М-теории, ученые занялись переоценкой поздних трудов Эйнштейна и его наследия, поскольку на первое место в мире физики вышел поиск единой теории поля. «Теория всего» стала основной целью изысканий целого поколения молодых амбициозных ученых. Если раньше считалось, что обобщением могут заниматься только стареющие физики на излете карьеры, то сегодня это доминирующая тема теоретической физики.

В своей книге я надеюсь представить новый, свежий взгляд на новаторскую деятельность Эйнштейна и, возможно, более точное описание его непреходящего наследия при помощи простых физических образов. Его озарения, в свою очередь, дали энергию нынешнему поколению революционных экспериментов, которые проводятся в космосе и в передовых физических лабораториях; они дают толчок интенсивным исследованиям, направленным на исполнение его заветной мечты — создание теории всего. Мне кажется, что такой подход к его жизни и работе больше всего понравился бы самому Эйнштейну.

Благодарности

Я хотел бы поблагодарить за гостеприимство сотрудников библиотеки Принстонского университета, где проводились некоторые исследования для этой книги. В этой библиотеке доступны как оригинальные материалы, так и копии всех рукописей Эйнштейна. Я хотел бы поблагодарить также профессоров В.П. Нейра и Дэниела Гринберга из Городского колледжа Нью-Йорка за прочтение моей рукописи и конструктивные критические замечания. Кроме того, очень полезны были беседы с Фредом Джеромом, которому удалось получить из ФБР объемистое дело Эйнштейна. Я благодарен также Эдвину Барберу за поддержку и одобрение и Джесси Коэн за бесценные редакторские замечания и правку, которые заметно улучшили рукопись и помогли расставить акценты. Кроме того, я в глубоком долгу перед Стюартом Кричевски, представлявшему все эти годы многие из моих книг о науке.

ЧАСТЬ I

КАРТИНА ПЕРВАЯ

Верхом на луче

ГЛАВА 1

Физика до Эйнштейна

Однажды какой-то журналист попросил Альберта Эйнштейна — величайшего научного гения со временем Исаака Ньютона — раскрыть свою формулу успеха. Великий мыслитель секунду подумал и ответил: «Если A — это успех, то я бы сказал, что формула его вычисления $A = X + Y + Z$, где X — это работа, а Y — игра». «А что такое Z ? — поинтересовался журналист. «Держать язык за зубами», — ответил Эйнштейн.

Физикам, королям и королевам, да и просто широкой публике очень нравились его человечность, великодушие и юмор, проявлявшиеся во всем, чем бы он ни занимался, — защищал ли дело мира или разгадывал тайны Вселенной.

Даже дети сбегались посмотреть, как великий физик разгуливает по улицам Принстона, а он в ответ шевелил ушами. Эйнштейн любил поболтать с одним пятилетним мальчиком, который часто сопровождал великого мыслителя до Института перспективных исследований. Однажды они неторопливо шли вдвоем, и вдруг Эйнштейн рассмеялся. Когда мать мальчика поинтересовалась, о чем они гово-

рили, сын ответил: «Я спросил у Эйнштейна, ходил ли он сегодня в туалет». Мать была в ужасе, зато Эйнштейн ответил: «Приятно, когда хоть кто-то задает мне вопрос, на который я в состоянии ответить».

Физик Джереми Бернстайн как-то раз сказал: «Всякий, кто действительно общался с Эйнштейном, ощущал ошеломляющее благородство этого человека. Снова и снова звучит в описаниях слово “человечность”... простота и привлекательность его характера».

Эйнштейн, который всегда был одинаково вежлив с братьями, детьми и членами царствующих фамилий, проявляя великодушие и к своим предшественникам по блестательному пантеону науки. Хотя ученые, как все творческие личности, могут быть ревнивы к соперникам и замечательно умеют разводить мелкие дрязги, Эйнштейн, напротив, всегда старался проследить возникновение идей, которые развивал, до самых истоков, до таких гигантов физики, как Исаак Ньютон и Джеймс Клерк Максвелл, портреты которых украшали его стол и стены. Более того, труды Ньютона по механике и гравитации и труды Максвella по теории электромагнетизма в начале XX в. представляли собой два главных столпа физики. Замечательно, что достижения этих двух физиков на тот момент заключали в себе чуть ли не весь объем физического знания.

Трудно представить, что до Ньютона движение объектов на Земле и в небесах почти никак не объяснялось и многие верили, что судьба человека определяется злобными происками духов и демонов. Колдовство, чары и суеверия горячо обсуждались даже в самых ученых центрах Европы. Науки такой, какой мы ее знаем, еще не существовало.

Греческие философы и христианские теологи писали, что объекты движутся под влиянием желаний и эмоций,

подобных человеческим. Для последователей Аристотеля объекты, находящиеся в движении, с течением времени замедлялись, потому что «уставали». Предметы падают на пол потому, что «жаждут» соединиться с землей, писали тогдашние ученые.

Человек, которому суждено было ввести порядок в этот хаотический мир духов, в определенном смысле был противоположностью Эйнштейна по темпераменту и характеру. Если Эйнштейн не жалел времени и всегда готов был дать краткий комментарий, чтобы порадовать прессу, то Ньютон был известен своей замкнутостью и склонностью к паранойе. Он был глубоко подозрителен к окружающим и постоянно конфликтовал с другими учеными по поводу научного приоритета. Его немногословность вошла в легенду: будучи в 1689–1690 гг. членом парламента Британии, он, судя по протоколам, произнес всего одну фразу: пожаловался на сквозняк и попросил пристава закрыть окно. По словам биографа Ричарда Уэстфолла, Ньютон был «раздражительным человеком, крайне невротической личностью и всегда, по крайней мере все свои зрелые годы, балансировал на грани нервного срыва».

Но в вопросах науки и Ньютон, и Эйнштейн были подлинными мастерами; их многое объединяло. Оба были готовы работать одержимо недели и месяцы напролет, ни на что не отвлекаясь, вплоть до физического истощения и обмороков. И оба умели выразить в простом рисунке тайны Вселенной.

В 1666 г., когда Ньютону было 23 года, он «изгнал демонов», населявших аристотелев мир, и ввел новую механику, основанную на силах. Ньютон сформулировал три закона движения, согласно которым тела (объекты) двигались потому, что их толкали или тянули силы, которые можно точно изме-

рить и выразить простыми уравнениями. Вместо рассуждений о желаниях, которые заставляют тела двигаться, Ньютона готов был рассчитать траекторию любых тел — начиная от падающих листьев и заканчивая взлетающими ракетами, пушечными ядрами и облаками — путем сложения действующих на них сил. Вопрос, надо сказать, не был чисто академическим; подобные расчеты помогали закладывать фундамент промышленной революции, в ходе которой сила пара, двигавшая громадные локомотивы и суда, создала новые империи. Мосты, дамбы и высоченные небоскребы теперь можно было строить с полной уверенностью в их безопасности — ведь появился способ рассчитать напряжение в каждом кирпиче и каждой балке. Ньютона теория сил оказалась настолько могучей и победоносной, что автора при жизни вознесли на пьедестал, и Александр Поп провозгласил:

*Закон природы скрыт во тьме
Был много тысяч лет.
«Да будет Ньютон!» — Бог сказал.
И появился свет.*

Ньютона приложил свою теорию сил к самой Вселенной — и предложил новую теорию гравитации. Он любил рассказывать о том, как вернулся в свое родовое имение Вулсторп в Линкольншире после эпидемии чумы, из-за которой был закрыт Кембриджский университет. Однажды, увидев у себя в имении, как с яблони падает яблоко, он задался судьбоносным вопросом: если яблоко падает, то что в таком случае делает Луна? Тоже падает? Может ли сила притяжения, действующая на яблоко на Земле, оказаться той же самой силой, которая управляет движением небесных тел? Вообще говоря, это была настоящая ересь, ведь традиционно счи-

талось, что планеты закреплены на неподвижных сферах, а сферы эти подчиняются идеальным небесным законам, а не тем законам греха и воздаяния, по которым живет испорченное человечество.

В миг озарения Ньютона понял, что можно объединить земную и небесную физику в единую картину. Сила, притянувшая яблоко к земле, — это, должно быть, та самая сила, что притягивает Луну и управляет ее движением. Так Ньютон наткнулся на новое представление о гравитации. Он вообразил себя сидящим на вершине горы и бросающим камень. Ученый понял, что если бросать камень все сильнее и сильнее, то улетать он будет все дальше и дальше. Но затем его озарило: что произойдет, если бросить камень с такой силой, что он никогда не вернется? Ньюトン понял, что камень, падая непрерывно под действием силы тяжести, не упадет на землю, но, обогнув ее по окружности, со временем вернется к хозяину и ударит его сзади по голове. В этой новой картине он заменил камень Луной — и получилось, что она постоянно падает, но никогда не достигает Земли, потому что, как брошенный камень, полностью огибает Землю по круговой орбите. Луна не возлежит недвижно на небесной сфере, как считала церковь, но, подобно камню или яблоку, находитсяечно в свободном падении, ведомая силой тяготения. Так впервые было объяснено движение тел Солнечной системы.

Двумя десятилетиями позже, в 1682 г., весь Лондон в изумлении и ужасе наблюдал за яркой кометой, освещавшей ночное небо. Ньютон тщательно отследил ее движение при помощи телескопа-рефлектора (изобретенного им же) и обнаружил, что она движется в точном соответствии с его уравнениями, если считать, что комета находится в свободном падении под действием силы тяжести. Вместе с астрономами

мом-любителем Эдмундом Галлеем он смог точно предсказать, когда эта комета (позже она была названа кометой Галлея) вновь вернется к Земле. Это было первое предсказание движения комет. Законы тяготения, опираясь на которые Ньютон рассчитал движение кометы Галлея и Луны, — это те же законы, при помощи которых NASA сегодня с невероятной точностью ведет свои межпланетные станции рядом с Ураном и Нептуном.

Согласно Ньютону, эти силы действуют мгновенно. Допустим, если бы Солнце внезапно исчезло, то, по мнению Ньютона, Земля в тот же миг сорвалась бы со своей орбиты, чтобы замерзнуть в дальнем космосе. Во всей Вселенной узнали бы об исчезновении Солнца в тот же самый миг. Следовательно, можно синхронизовать все часы во Вселенной, где бы они ни находились. Секунда на Земле по длительности в точности равна секунде на Марсе и Юпитере. Пространство так же абсолютно, как и время. Метровая линейка на Земле имеет ту же длину, что и метровая линейка на Марсе и Юпитере. Метровые линейки не меняют своей длины нигде во Вселенной. Таким образом, секунды и метры останутся теми же, где бы во Вселенной мы ни путешествовали.

Ньютон основывал свои идеи на здравом смысле и проистекающем из него представлении об *абсолютном пространстве и абсолютном времени*. Для Ньютона из пространства и времени складывалась абсолютная система отсчета, по которой мы можем судить о движении любых объектов. К примеру, если мы путешествуем на поезде, то верим, что поезд движется, а земля под ним неподвижна. Однако если посмотреть на деревья, проносящиеся за окнами вагона, то можно рассудить, что поезд, возможно, стоит на месте, а какая-то сила проносит деревья

мимо наших окон. Поскольку все в поезде кажется неподвижным, мы можем задаться вопросом о том, что на самом деле движется — поезд или деревья? По мнению Ньютона, ответ можно было определить, основываясь на той самой абсолютной системе отсчета.

На протяжении почти 200 лет законы Ньютона служили фундаментом физики. Затем, ближе к концу XIX в., когда новые изобретения, такие как телеграф и электрическая лампочка, начали интенсивно менять жизнь в больших городах Европы, в физике благодаря исследованию электричества возникла совершенно новая теория. Пытаясь объяснить загадочные силы — электричество и магнетизм, — физик шотландец Джеймс Клерк Максвелл из Кембриджского университета разработал в 1860-е гг. теорию света, основанную не на ньютоновых силах, а на новой концепции так называемых *полей*. Эйнштейн писал, что идея поля — «самая глубокая и плодотворная концепция в физике со времен Ньютона».

Максвелловы поля можно визуализировать при помощи рассыпанных на листе бумаги железных опилок. Поднесите снизу к бумаге магнит, и опилки волшебным образом перестроются, образовав узор, напоминающий паутину, где линии будут расходиться от северного полюса магнита и сходиться к южному. Мы увидим, что каждый магнит окружает магнитное поле — совокупность невидимых силовых линий, пронизывающих пространство и целиком его заполняющих.

Электричество тоже создает поле. На научных выставках дети хохочут, когда прикасаются рукой к источнику статического электричества, и волосы на их головах встают дыбом. При этом волосы выстраиваются по невидимым линиям электрического поля, исходящим из источника.

Эти поля, однако, сильно отличаются от сил или взаимодействий, открытых Ньютоном. Силы, утверждал Ньюton,

действуют мгновенно по всему пространству, так что возмущение в одной части Вселенной мгновенно отразилось бы во всех ее уголках. Но одним из блестящих наблюдений Максвелла было то, что магнитное и электрическое действие переносится не мгновенно, как ньютоны силы, а во времени и движется с определенной скоростью. Биограф Максвелла Мартин Гольдман пишет: «Мысль о времени магнитного действия... судя по всему, поразила Максвеля, как гром среди ясного неба». Максвелл показал, к примеру, что если кто-то встрихнет магнит, то близлежащим железным опилкам потребуется время, чтобы выстроиться по-новому.

Представьте себе паутину, колыхающуюся на ветру. Возмущение, как дуновение ветра на одну из частей паутины, вызывает рябь, которая затем распространяется по всей паутине. Поля и паутины, в отличие от сил, допускают колебания, путешествующие с определенной скоростью. Сделав это открытие, Максвелл решил вычислить скорость магнитного и электрического действия. Он использовал эту идею для разрешения загадки света, что стало одним из величайших научных прорывов XIX в.

Из предшествующих работ Майкла Фарадея и других ученых Максвелл знал, что движущееся магнитное поле может порождать электрическое поле и наоборот. Генераторы и двигатели, электрифицирующие наш мир, являются прямым следствием данной диалектики. (Этот принцип используется при освещении наших домов. Вода, падая с плотины, вращает колесо, которое, в свою очередь, вращает магнит. Движущееся магнитное поле приводит в движение электроны, которые затем по проводам попадают в розетки наших гостиных. Аналогично в электровентиляторе электричество, текущее из розетки, создает магнит-

ное поле, которое заставляет вращаться лопасти электродвигателя.)

Гений Максвелла состоит в том, что он догадался соединить воедино оба эффекта. Если изменяющееся магнитное поле способно создавать электрическое поле и наоборот, то, может быть, оба эти поля способны образовать циклический процесс, в котором электрические и магнитные поля постоянно подпитывают друг друга и превращаются друг в друга. Максвелл быстро понял, что такой циклический рисунок породил бы движущуюся цепочку электрических и магнитных полей, колеблющихся в унисон и превращающихся одно в другое и обратно в бесконечной волне. Затем он вычислил скорость этой волны.

К собственному изумлению, он обнаружил, что эта скорость равна скорости света. Более того, Максвелл сделал самое революционное, возможно, заявление XIX в.: он заявил, что эта волна *и есть* свет. Максвелл пророчески заявил коллегам: «Мы едва ли можем избежать вывода, что свет состоит из поперечных колебаний той же самой среды, которая суть причина электрических и магнитных явлений». Ученые, не одну тысячу лет пытающиеся разгадать природу света, наконец проникли в глубочайшие его тайны. В отличие от ньютоновых сил, которые действуют мгновенно, эти поля распространяются с вполне определенной скоростью: скоростью света.

Изыскания Максвелла были сведены в восемь сложных дифференциальных уравнений в частных производных, известных как «уравнения Максвелла». Следующие полторы сотни лет каждому инженеру-электрику и каждому физику приходилось учить их наизусть. (Сегодня можно купить футбольку, на которой эти восемь уравнений представлены во всей красе. Надпись на футбольке начинается с утверж-

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно
в интернет-магазине
«Электронный универс»
e-Univers.ru