ПРЕДИСЛОВИЕ

Название этой книги отличается от названия первой, вышедшей в 1988 году, всего лишь одним словом. «Краткая история времени» оставалась в списке бестселлеров лондонской газеты *The Sunday Times* на протяжении 237 недель — было продано примерно по одному экземпляру на каждые 750 жителей Земли, мужчин, женщин и детей. Это невероятный успех для книги, посвященной одному из самых трудных аспектов современной физики. Но ведь самое трудное — всегда самое интересное, поскольку речь идет о важных, фундаментальных вопросах: что нам, в сущности, известно о Вселенной? откуда мы это знаем? как возникла Вселенная и какая судьба ожидает ее? В этих вопросах суть «Краткой истории времени», и они же остаются в центре внимания этой книги. За годы, прошедшие с появления на полках «Краткой истории», я получил множество писем со всего мира от читателей всех возрастов и профессий. Одна из наиболее частых просьб — написать новую «Краткую историю», сохранив суть прежней, но изложив основные идеи более ясно и неторопливо. Конечно, можно было назвать эту книгу «Чуть менее краткая история времени», но, как я понял, едва ли кто-то захочет получить внушительных размеров том, походящий на университетский курс космологии.

Итак, несколько слов о характере этой книги. При написании «Кратчайшей истории времени» мы придерживались логики первого издания, но расширили его, держа в уме, что новая книга должна легко читаться и быть не слишком длинной. История получилась действительно сокращенной, поскольку я исключил некоторые чересчур сложные, технические моменты, но это удалось с лихвой компенсировать углубленным подходом к материалу, лежащему в основе книги.

Мы также воспользовались возможностью дополнить издание, включив новые наблюдательные и теоретические данные. В «Кратчайшей истории времени» описываются недавние достижения физиков-теоретиков, бьющихся над единой теорией всех физических сил. В частности, мы говорим о прогрессе теории струн, а также дуализме, или о взаимных соответствиях между на первый взгляд совершенно разными физическими теориями, которые можно рассматривать как свидетельство существования единой теории — фундамента всей физической науки. В книге также представлены важные новые наблюдения, сделанные спутником *COBE* (англ. *Cosmic Background Explorer* — «Исследователь реликтового излучения») и космическим телескопом «Хаббл».

Лет сорок тому назад Ричард Фейнман сказал: «Нам очень повезло жить в тот век, когда мы все еще делаем открытия. Это подобно открытию Америки — его совершаешь лишь однажды. Время, в которое мы живем, — эпоха открытий фундаментальных законов природы». Сегодня мы как никогда близко подошли к пониманию природы Вселенной, и на этих страницах мы хотим разделить с читателем восторг от знакомства с этими открытиями и новой картиной мира, которую они формируют на наших глазах.

ГЛАВА 1

РАЗМЫШЛЕНИЯ О ВСЕЛЕННОЙ

Мы живем в странной и удивительной Вселенной. Нужно недюжинное воображение, чтобы понять и оценить ее возраст, размеры, бурный нрав и красоту. И кажется, что мы занимаем совсем незначительное место в этом огромном космосе, и нам хочется понять его и осознать свою роль во Вселенной. Несколько десятилетий назад известный ученый (говорят, это был Бертран Рассел), читая публичную лекцию об астрономии, рассказывал, как Земля движется по орбите вокруг Солнца и как Солнце в свою очередь движется по орбите вокруг центра огромного сборища звезд под названием Галактика. Когда лекция закончилась, маленькая пожилая женщина в самом конце аудитории сказала: «Все, что тут говорили, — полная ерунда. Мир — это плоская тарелка на спине гигантской черепахи». Ученый снисходительно улыбнулся и спросил: «А на чем же стоит черепаха?» «Ну вы же очень умный молодой человек, — сказала пожилая женщина, — черепаха стоит на другой черепахе, та — на следующей, и так до конца!»

В наше время большинство сочтут картину Вселенной в виде бесконечной башни из черепах нелепой. А откуда

мы знаем, что наше представление о мире лучше? Давайте на минутку забудем все, что мы знаем или думаем, что знаем о космосе, и просто взглянем на ночное небо. Ну что сказать об этих светящихся точках? Может, это маленькие огоньки? Нам на самом деле трудно представить себе их истинную сущность, потому что это далеко за пределами нашего повседневного опыта. Если вы любите смотреть на звездное небо, то, возможно, обратили внимание на расплывчатую светлую точку вблизи горизонта во время сумерек. Это планета Меркурий, но она совсем не похожа на нашу Землю. Сутки там длятся две трети местного года. Температура освещенной Солнцем части поверхности планеты достигает 400 °C и выше, а на ночной, не освещенной стороне, падает до –200 °C. Но несмотря на все его отличие от нашей собственной планеты, еще меньше общего у Меркурия с типичной звездой, представляющей собой исполинскую печь, где каждую секунду сгорают миллиарды килограмм вещества, а температура в ядре достигает десятков миллионов градусов.

А еще очень трудно вообразить, насколько далеки от нас планеты и звезды. В Древнем Китае строили каменные башни в надежде рассмотреть звезды поближе. Представлять себе звезды и планеты расположенными гораздо ближе, чем они находятся на самом деле, вполне естественно — в конце концов, в обычной жизни нам не приходится сталкиваться с колоссальными космическими расстояниями. Они столь велики, что нет смысла пытаться их измерить в метрах и сантиметрах, как в случае большинства расстояний и длин в нашей повседневной жизни. Космические расстояния принято измерять в световых годах. Световой год — это расстояние, которое свет проходит за один год. За одну секунду луч света проходит около 300 000 километров. Так что световой год — это очень большое расстояние. Ближайшая к нам после

Солнца звезда — Проксима Центавра (она также известна под названием Альфа Центавра С) — находится на расстоянии около 4 световых лет. Это так далеко, что самому быстрому из реально проектируемых космических кораблей потребуется не менее 10 000 лет, чтобы преодолеть разделяющее нас пространство.

Люди в древности очень старались понять устройство Вселенной, но у них еще не было современной математики и вообще современной науки. Сейчас в нашем распоряжении очень мощные мыслительные инструменты, такие как математика и научный метод, а также технические средства вроде компьютеров и телескопов. Благодаря этому нам удалось многое узнать о космосе. Но что же на самом деле нам известно о Вселенной и откуда мы все это знаем? Как возникла Вселенная? Что ждет ее в будущем? Было ли у Вселенной начало, а если было, то что было до него? Какова природа времени? Закончится ли оно когда-нибудь? Можно ли двигаться по времени вспять? Ответы на некоторые из этих давних вопросов удается получить благодаря последним прорывам в физике, которым мы, в частности, обязаны появлению новых технологий. Когда-нибудь мы сочтем эти ответы такими же очевидными, как то, что Земля обращается вокруг Солнца. А может быть такими же нелепыми, как представление о башне из черепах. Только время (чем бы оно ни было) покажет.

ГЛАВА 2

НАША КАРТИНА ВСЕЛЕННОЙ ВЧЕРА И СЕГОДНЯ

Хотя еще во времена Христофора Колумба многие считали Землю плоской (да и сегодня такие люди встречаются), основы современной астрономии были заложены еще в Древней Греции. Примерно в 340 году до нашей эры греческий философ Аристотель написал трактат «О небе». В нем он изложил множество доказательств того, что Земля имеет форму шара, а отнюдь не тарелки.

Одно из таких соображений основано на наблюдении лунных затмений. Аристотель понял, что причиной этих затмений является прохождение Земли между Солнцем и Луной. При этом Земля отбрасывает на Луну тень, и мы это видим как затмение. Аристотель обратил внимание, что тень Земли всегда имеет круглую форму, что естественно, если Земля имеет форму шара. Но, разумеется, это было бы не так, если бы Земля имела форму плоского диска. В таком случае тень была бы круглой, только если во время затмения Солнце расположено в точности под центром диска. При любом другом расположении тень оказалась бы вытянутой, в форме эллипса (вытянутого круга).

У древних греков были и другие аргументы в пользу шарообразности Земли. Если бы Земля была плоской, то идущий к берегу корабль должен был сначала выглядеть как маленькая едва заметная точка. Потом, по мере приближения корабля, на нем можно было бы различить отдельные детали — паруса и корпус. А на самом деле все совсем не так. Когда корабль возникает на горизонте, то сначала мы видим только его паруса. И только потом появляется корпус. То, что расположенные высоко над корпусом вершины мачт корабля первыми появляются из-за горизонта, свидетельствует о шарообразности формы Земли.

Греки не обошли также своим вниманием и звездное небо. Ко времени Аристотеля они уже на протяжении многих сотен лет изучали движения огоньков в ночном небе. Они заметили, что хотя тысячи огоньков перемеща-

Появление над горизонтом
Земля имеет форму шара. Поэтому, когда корабль приближается к нам, сначала мы видим над горизонтом его мачты и паруса, а уже потом появляется его корпус.

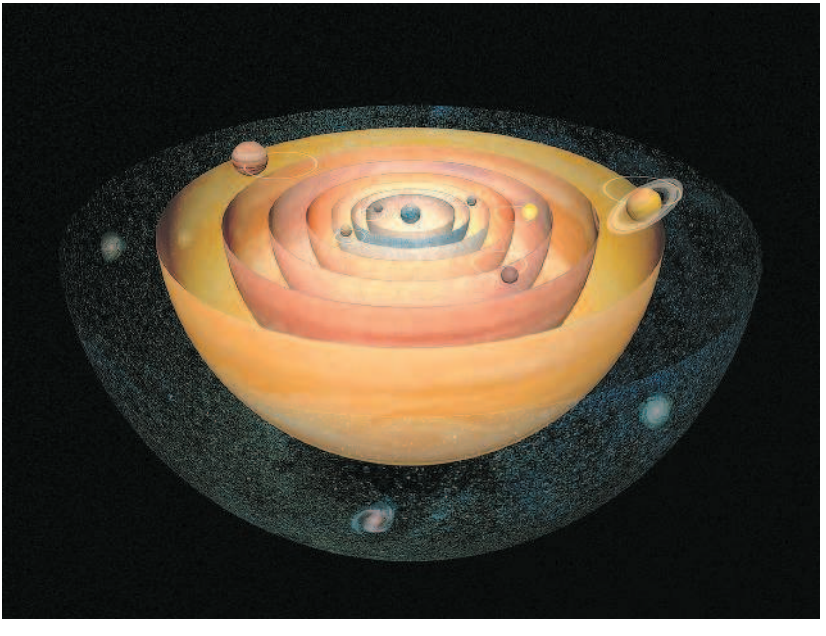
ются по небосводу как одно целое, пять светил, не считая Луны, движутся не так, как остальные. Они иногда сворачивают с проторенного пути с востока на запад и временами даже движутся вспять. Эти светила были названы планетами от греческого слова, означающего «странники». Греки видели только пять планет, потому что только они доступны невооруженному глазу: Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн. Сейчас-то мы знаем, почему планеты движутся по небу столь необычным образом: движение звезд относительно нашей Солнечной системы почти незаметно, а вот планеты обращаются по орбитам вокруг Солнца и поэтому выписывают гораздо более сложные траектории на фоне далеких звезд.

Аристотель считал Землю неподвижной, а также полагал, что Солнце, Луна, планеты и звезды обращаются по круговым орбитам вокруг Земли. Он так считал исходя из мистических соображений, полагая, что Земля является центром Вселенной и движение по кругу наиболее совершенно. Во II веке нашей эры греческий ученый Птолемей построил на основе этой идеи полную модель неба. Птолемей был страстным исследователем, недаром ему принадлежат слова: «Что я смертен, я знаю, и что дни мои сочтены, но когда я в мыслях неустанно и жадно выслеживаю орбиты созвездий, тогда я больше не касаюсь ногами Земли: за столом Зевса наслаждаюсь амброзией, пищей богов».

В модели мира Птолемея нас окружают восемь вложенных друг в друга вращающихся сфер наподобие матрешки, а в центре всех этих сфер находится Земля. Представления о том, что находилось вне самой большой сферы, были самые туманные, но в любом случае это было за пределами наблюдаемой человеком Вселенной. Таким образом, самая внешняя сфера представляла собой своего рода границу Вселенной. На этой сфере были закреплены

звезды, и поэтому при ее вращении взаимные положения звезд оставались неизменными — именно так, как мы это наблюдаем в действительности. На внутренних сферах располагались планеты. В отличие от звезд они не были прикреплены к своим сферам, а каждая планета двигалась относительно своей сферы по малому кругу, называемому эпициклом. Весьма сложные некруговые видимые траектории планет не небе удавалось объяснить сочетанием движения по эпициклу и вращения сферы.

Модель Птолемея позволяла довольно точно предсказывать положение светил на небе. Но для того, чтобы добиться согласия предсказаний с наблюдениями, Птолемею пришлось предположить, что расстояние от Земли до Луны может меняться в два раза! А это означало, что видимый размер Луны должен иногда быть в два раза



Модель Птолемея
В модели Птолемея Земля находилась в центре Вселенной, окруженная восемью сферами, несущими на себе все известные в то время небесные тела.

больше, чем в другое время! Птолемей сознавал этот недостаток своей системы, что, тем не менее, не помешало (почти) всеобщему признанию его картины мира. Христианская церковь приняла Птолемееву систему, поскольку сочла ее не противоречащей Священному Писанию: за пределами сферы неподвижных звезд оставалось достаточно места для рая и ада.

Но в 1514 году польский священник Николай Коперник предложил другую модель. (Правда, вначале, опасаясь быть обвиненным Церковью в ереси, Коперник распространял свои идеи анонимно.) Революционность идеи Коперника состояла в предположении, что не все небесные тела обращаются вокруг Земли. Коперник полагал, что Солнце неподвижно и расположено в центре Солнечной системы, а Земля и планеты движутся вокруг него по круговым орбитам. Модель Коперника оказалась не хуже модели Птолемея, но она все же не совсем точно предсказывала наблюдения. Она была гораздо проще модели Птолемея, поэтому можно было ожидать, что люди примут ее. Однако понадобилось почти столетие, чтобы эту идею восприняли всерьез. Одними из первых в пользу теории Коперника стали публично высказываться двое ученых — немецкий астроном Иоганн Кеплер и итальянский астроном Галилео Галилей.

В 1609 году Галилей начал наблюдать ночное небо в телескоп, который только что изобрел[1]. Взглянув на планету Юпитер, Галилей обнаружил несколько обращающихся вокруг него небольших спутников. Отсюда следовало, что не все небесные тела обращаются вокруг Земли, как считали Аристотель и Птолемей. Примерно в то же

[1] Телескоп как зрительную трубу первым изобрел голландский очковый мастер Иоганн Липперсгей в 1608 году, но Галилей первым направил телескоп на небо в 1609 году и использовал его для астрономических наблюдений.

время Кеплер уточнил теорию Коперника, предположив, что планеты двигаются не по круговым орбитам, а по эллипсам, благодаря чему удалось добиться согласия предсказания теории с наблюдениями. Все это окончательно добило систему мира Птолемея.

Хотя предположение об эллиптических орбитах сделало модель Коперника более точной, Кеплер рассматривал это лишь как математический трюк, поскольку его представления об устройстве природы не основывались на наблюдениях. Подобно Аристотелю, Кеплер считал эллипсы менее совершенными фигурами, чем окружности. Сама мысль о том, что планеты могут двигаться по таким несовершенным траекториям, казалась ему слишком безобразной, чтобы быть правдой. К тому же Кеплеру не нравилось, что предположение об эллиптических орбитах не согласовывалось с его идеей о магнитных силах как причине движения планет вокруг Солнца. Насчет магнетизма он, конечно, ошибался, но мы должны отдать ему должное за саму мысль о том, что движение планет должно быть вызвано некой силой. Правильное объяснение причины движения планет вокруг Солнца было дано гораздо позже в 1687 году сэром Исааком Ньютоном в трактате «Математические начала натуральной философии» — пожалуй, важнейшей из когда-либо опубликованных работ по физике.

В этом труде Ньютон сформулировал закон, согласно которому тело, находящееся в покое, остается в состоянии покоя, если только на него не действует какая-либо сила, а также описал, как движение тела меняется под действием силы. Так почему же планеты движутся вокруг Солнца по эллиптическим орбитам? Согласно Ньютону за это отвечает совершенно определенная сила — та самая, которая заставляет отпущенное (уроненное) тело падать на землю, а не оставаться в состоянии покоя. Он назвал

эту силу тяготением и разработал математический аппарат, позволяющий вычислять, каким образом тела реагируют на приложенную к ним силу, например силу тяготения, а также решил соответствующие уравнения. Таким образом, Ньютону удалось показать, что под действием тяготения Солнца Земля и другие планеты должны двигаться по эллиптическим орбитам в точности как предсказал Кеплер! Ньютон предположил, что его законы справедливы для всего, что есть во Вселенной, от падающего яблока до звезд и планет. Движения планет и движения тел на Земле впервые в истории удалось объяснить как следствие одних и тех же законов, и это стало рождением современной физики и современной астрономии.

В отсутствие птолемеевых сфер отпала необходимость и в предположении о наличии у Вселенной некой внешней границы. Более того, поскольку у звезд не обнаруживалось никакого движения, кроме общего суточного движения небосвода, вызванного вращением Земли, то было естественно предположить, что это такие же тела, как наше Солнце, только расположенные гораздо дальше. Таким образом, ученые не только отказались от представления о центральном положении Земли во Вселенной, но также и от идеи об уникальности нашего Солнца да и всей Солнечной системы. Новый взгляд на мир ознаменовал фундаментальные изменения в человеческом мышлении, начало нового современного научного понимания нашей Вселенной.

ГЛАВА 3

ПРИРОДА НАУЧНОЙ ТЕОРИИ

Прежде чем рассуждать о природе Вселенной и отвечать на вопросы о том, было ли у нее начало и есть ли конец, следует сформировать четкое представление, что такое научные теории. Будем придерживаться простого взгляда на теорию — как на модель Вселенной или какой-либо ее части в совокупности с набором правил, связывающих параметры этой модели с нашими наблюдениями. Она существует только в нашем сознании и никак иначе реально не существует (что бы это ни значило). Теория считается хорошей, если она удовлетворяет двум требованиям. Во-первых, она должна правильно описывать большой класс наблюдений на основе модели с небольшим числом произвольных элементов, и во-вторых, она должна позволять с достаточной определенностью предсказывать результаты будущих наблюдений. Например, Аристотель верил в теорию Эмпедокла, согласно которой все в мире состоит из четырех стихий: земли, воздуха, огня и воды. Это была довольно простая теория, но она не позволяла делать какие-либо точные предсказания. С другой стороны, теория тяготения Ньютона была основана на еще более простой модели, в которой тела притягиваются друг

другу с силой, пропорциональной величине, которые он назвал массой, и обратно пропорциональной квадрату расстояния между телами. И при этом теория Ньютона позволяет с очень высокой точностью предсказывать движение Солнца, Луны и планет.

Любая физическая теория по природе своей временная в том смысле, что это всего лишь гипотеза, которую невозможно доказать. Сколько бы экспериментов ни подтверждали эту теорию, никогда нельзя быть уверенным, что очередной результат не будет ей противоречить. С другой стороны, для опровержения теории достаточно единственного наблюдения, результаты которого противоречат ее предсказаниям. Как отметил философ науки Карл Поппер, хорошая теория та, что позволяет делать множество предсказаний, которые в принципе могут быть опровергнуты или, как это называет Поппер, фальсифицированы наблюдением. С каждым новым экспериментом, результаты которого согласуются с предсказаниями теории, степень нашего доверия к ней повышается, а сама теория укрепляется. Однако первое же противоречащее теории наблюдение является основанием отвергнуть или существенным образом изменить ее.

Во всяком случае, так должно быть в идеале, хотя, конечно, всегда можно поставить под сомнение квалификацию наблюдателя или экспериментатора.

На практике новая теория часто представляет собой расширение предыдущей. Например, очень точные наблюдения планеты Меркурий выявили небольшие расхождения между наблюдаемым движением и предсказаниями ньютоновской теории тяготения. Движение планеты, рассчитанное согласно эйнштейновской общей теории относительности, слегка отличалось от того, что предсказывала ньютоновская теория. Согласие предсказанного теорией Эйнштейна движения Меркурия

с наблюдениями при отсутствии такого согласия для ньютоновской теории стало одним из ключевых подтверждений новой теории. Тем не менее мы до сих пор продолжаем пользоваться ньютоновской теорией для большинства практических задач, потому что в ситуациях, с которыми нам обычно приходится сталкиваться, ее предсказания отличаются от предсказаний общей теории относительности очень незначительно. (К тому же ньютоновская теория гораздо проще теории Эйнштейна!)

Конечная цель науки состоит в создании единой теории для описания всей Вселенной. Но в реальности подход большинства ученых сводится к разделению проблемы на две части. Во-первых, есть законы, управляющие тем, как Вселенная меняется со временем. (Если мы знаем состояние Вселенной в определенный момент времени, то такие физические законы позволяют нам определить, как она будет выглядеть в любой другой момент.) Второй вопрос — это начальное состояние Вселенной. Некоторые считают, что наука должна заниматься только первой проблемой, а вопрос о начальном состоянии скорее относится к компетенции метафизики или религии. Они считают, что Бог, будучи всемогущим, мог создать Вселенную любым желаемым образом. Может быть, это и так, но тогда Бог мог также заставить Вселенную развиваться совершенно произвольным образом. Однако похоже, что Богу было угодно, чтобы Вселенная развивалась в соответствии с четко определенными законами. И поэтому представляется вполне разумно предположить, что начальное состояние Вселенной тоже подчинялось четко определенным законам.

Создать теорию, сразу описывающую всю Вселенную, оказалось очень трудным делом. Вместо этого ученые разделили проблему на множество частей и построили множество частных теорий. Каждая из этих частных теорий