

СОДЕРЖАНИЕ

Глава 1. Знакомство с космосом	9
Конец времен	11
Взгляд вверх	14
Прогнозирование судьбы космоса	15
Предупреждение о спойлере	24
Глава 2. От Большого взрыва до наших дней	27
Наблюдение Большого взрыва	35
Космическое микроволновое фоновое излучение	38
Самое начало	49
Эпоха великого объединения	55
Космическая инфляция	58
Эпоха кварков	64
Первичный нуклеосинтез	67
Поверхность последнего рассеяния	69
Космический рассвет	71
Эпоха галактик	73
Глава 3. Большое сжатие	75
Что однажды взлетело...	87
Очарование невидимого	96
Глава 4. Тепловая смерть	101
Создание карты грозного неба	102
Геометрия космоса	105
Не такое уж пустое пространство	109
Бесконечная космическая беговая дорожка	116
Медленное погружение во тьму	125
Максимальная энтропия	135

Глава 5. Большой разрыв	147
Космологическая непостоянная	149
За пределами карты	155
Большой разрыв	157
Лестница в небо	162
Термоядерно-яркий звездный свет	167
Квантовая куча	170
Космический попкорн	174
Расширение несоответствия	176
Глава 6. Распад вакуума	181
Состояние Вселенной	187
Пугливая симметрия	191
Шаткое положение космоса	198
Квантовый пузырь смерти	202
Нарываясь на неприятности	205
Туннелирование в бездну	207
Маленькая, но смертоносная	211
Радость неведения	216
Глава 7. Большой отскок	219
Невыносимая слабость гравитации	221
Освобождая место	227
Космические аплодисменты	231
И так по кругу, снова и снова	236
Глава 8. Будущее будущего	247
Прикосновение к пустоте	258
Взгляд под другим углом	265
Машины для совершения открытий	268
Сквозь тусклое стекло	276
Долгосрочная перспектива	281
Глава 9. Эпилог	283
Благодарности	291
Об авторе	295
Предметный указатель	296

*Посвящается моей матери,
которая была со мной с самого начала*

Автор выражает благодарность Фонду Альфреда Слоуна
и программе по общественному пониманию
науки за поддержку в проведении исследований
и написании этой книги.

ГЛАВА 1

ЗНАКОМСТВО С КОСМОСОМ

Кто говорит, мир от огня
Погибнет, кто — от льда.
А что касается меня,
Я за огонь стою всегда.
Но если дважды гибель ждет
Наш мир земной, — ну что ж,
Тогда для разрушенья лед
Хорош,
И тоже подойдет.

Роберт Фрост, 1920 год
(пер. М. Зенкевича)

Вопрос о том, чем все закончится, был предметом спекуляций и споров среди поэтов и философов на протяжении всей истории человечества. Разумеется, теперь, благодаря науке, мы знаем ответ: мир погибнет в огне. Определенно, в огне. Примерно через пять миллиардов лет Солнце перейдет в фазу красного гиганта, погло-

КОНЕЦ ВСЕГО

тит Меркурий и, возможно, Венеру, а Землю превратит в обугленную, безжизненную, покрытую магмой каменную глыбу. И, вероятно, даже этому бесплодному тлеющему остатку суждено в итоге угодить во внешние слои Солнца и распастся на атомы в бушующей атмосфере умирающей звезды.

Итак: огонь. Это уже ясно. Первое предположение Фроста было правильным.

Однако он мыслил недостаточно масштабно. Как космолог я изучаю Вселенную в целом. С этой точки зрения наш мир лишь пылинка, затерянная в обширном и разнообразном космосе. Меня как человека и профессионала гораздо больше волнует вопрос о конце самой Вселенной.

Мы знаем, что у нее было начало. Примерно 13,8 миллиарда лет назад Вселенная превратилась из точки невообразимой плотности в расширяющийся огненный шар, а затем в остывающий гудящий океан вещества и энергии, в котором образовались зачатки звезд и галактик, наблюдаемых сегодня. Формировались планеты, галактики сталкивались между собой, свет заполнял космос. На одной из таких планет, вращающихся вокруг обычной звезды на окраине спиральной галактики, возникла жизнь, появились компьютеры, политология и высокие двуногие млекопитающие, читающие книги по физике ради развлечения.

Но что дальше? Чем же закончится вся эта история? Смерть планеты и даже звезды, в принципе, можно пе-

режить. Человечество способно просуществовать еще миллиарды лет, возможно, в иной форме, найдя для себя пристанище в удаленном уголке космоса и создав новую цивилизацию. Однако смерть Вселенной является абсолютным концом. Что же это означает для нас и для всего остального?

КОНЕЦ ВРЕМЕН

Несмотря на существование некоторых классических (и очень занимательных) статей в научной литературе, впервые с термином «эсхатология» я столкнулась, читая о религии.

Эсхатология, или учение о конце мира, позволяет многим мировым религиям контекстуализировать богословские идеи и донести до людей их смысл. Несмотря на все теологические различия между христианством, иудаизмом и исламом, эти религии разделяют общее видение конца времен, предполагающее полное преобразование мира, победу добра над злом и вознаграждение угодных Богу людей*. Вероятно, обещание последнего суда как-то компенсирует тот печальный факт, что для надления существования смыслом и облегчения жизни праведников мы не можем полагаться на наш несовершенный и несправедливый физический мир. Подобно роману, который может быть оправдан или перечеркнут заключительной

* Однако в вопросе распределения этих наград религии расходятся. (Здесь и далее — прим. автора, если не указано иное.)

КОНЕЦ ВСЕГО

главой, многие религиозные философии, похоже, нуждаются в идее «справедливого» конца мира для придания смысла его существованию.

Разумеется, не все версии эсхатологии предполагают искупление, и не все религии предсказывают конец времен. Несмотря на ажиотаж по поводу декабря 2012 года, народы майя придерживались цикличного взгляда на Вселенную, свойственного индуистской традиции и не предусматривающего какого-либо определенного «конца». Циклы, о которых говорится в подобных традициях, предполагают не обычное повторение, а возможность улучшения. Согласно этому взгляду, вся несправедливость и страдания в современном мире могут привести к улучшению мира грядущего. С другой стороны, светские взгляды на конец времен варьируются от нигилистской точки зрения, согласно которой смысла нет ни в чем (и в конечном счете все обратится в ничто), до опрометчивого предположения о вечном возвращении, когда все, что однажды происходило, повторяется на протяжении вечности*. На самом деле обе эти, казалось бы, противоположные теории обычно приписываются Фридриху Ницше, который, провозгласив смерть любого Бога, способного привести во Вселенную порядок и наделить ее существование смыслом, был вынужден иметь дело с жизнью в космосе, не предполагавшей окончательного искупления.

* Эта точка зрения также поддерживается, хоть и не получает исчерпывающего философского осмысления, в классическом сериале начала 2000-х годов «Звездный крейсер "Галактика"».

ГЛАВА 1. ЗНАКОМСТВО С КОСМОСОМ

Разумеется, Ницше был далеко не единственным человеком, размышлявшим над смыслом существования. Каждый человек, начиная от Аристотеля, Лао-Цзы и Симоны де Бовуар и заканчивая капитаном Кирком и Баффи, истребительницей вампиров, задавался вопросом о том, что все это значит. И на момент написания данной книги мы по-прежнему очень далеки от консенсуса.

Независимо от того, каких религиозных или философских взглядов мы придерживаемся, было бы трудно отрицать, что знание судьбы нашего космоса может повлиять на то, что мы думаем о нашем существовании, и даже на наш образ жизни. Если мы хотим осмыслить свое существование, то в первую очередь нам следует задаться вопросом о том, как все это закончится. Если мы найдем на него ответ, то неминуемо возникнет вопрос, что это значит для нас сейчас. Нужно ли нам по-прежнему регулярно выбрасывать мусор, если Вселенная так или иначе обречена?

Я и сама потратила некоторое время на изучение теологических и философских текстов, и хотя в ходе этих исследований я узнала много интересных вещей, смысл существования, к сожалению, не был одной из них. Возможно, я просто отношусь к иному типу людей. На протяжении всей моей жизни меня больше всего занимали вопросы, на которые можно ответить с помощью научных наблюдений, математики и физических доказательств. Какой бы привлекательной мне ни казалась идея, что история всего мира и смысл жизни могут быть описаны в книге в форме вечной истины, я знала, что по-настоящему смогу принять лишь ту истину, которую можно доказать математически.

ВЗГЛЯД ВВЕРХ

За тысячелетия, прошедшие с того момента, как человек впервые задумался о своей смертности, философская точка зрения по этому поводу не изменилась, чего нельзя сказать об инструментах, которые мы используем, чтобы ответить на такой вопрос. Сегодня вопрос о будущем и конечной судьбе всей реальности является абсолютно научным, а задача нахождения ответа на него кажется вполне реализуемой. Однако так было не всегда. Во времена Роберта Фроста среди астрономов все еще бушевали споры о том, может ли Вселенная находиться в устойчивом состоянии, не меняясь на протяжении вечности. Идея о том, что наш космический дом является стабильным, гостеприимным и безопасным местом, в котором можно спокойно состариться, казалась очень привлекательной. Однако она была опровергнута открытием Большого взрыва и расширения Вселенной. Наша Вселенная меняется, и мы еще только начинаем разрабатывать теории и способы наблюдения, которые помогут понять, как именно. Открытия последних нескольких лет и даже месяцев наконец позволяют нам получить представление о далеком будущем космоса.

Именно этим представлением я и хочу поделиться с вами. Лучшие из имеющихся у нас измерений согласуются с несколькими апокалиптическими сценариями, часть которых может быть подтверждена или исключена в результате наблюдений, проводимых прямо сейчас. Изучение этих возможностей позволяет нам получить представление о работе на передовом крае науки и увидеть человечество

ГЛАВА 1. ЗНАКОМСТВО С КОСМОСОМ

в новом контексте. В том, который, на мой взгляд, может доставить некоторую радость даже перед лицом полного уничтожения. Мы принадлежим к тому виду, который балансирует между осознанием своей ничтожности и способностью выйти далеко за пределы обыденной жизни, заглянуть в пустоту и разгадать фундаментальные тайны космоса.

Перефразируя Толстого, все счастливые Вселенные счастливы одинаково; каждая несчастливая Вселенная несчастлива по-своему. В этой книге я описываю, как небольшие изменения в нашем текущем, неполном понимании космоса могут привести к совершенно разным прогнозам на будущее, начиная от Вселенной, которая коллапсирует внутрь себя или разрывается на части, и заканчивая той, что медленно умирает, превратившись в непрерывно расширяющийся пузырь. Исследуя эволюцию нашего понимания Вселенной и разбираясь с тем, что это значит для нас, мы познакомимся с некоторыми важнейшими физическими концепциями и увидим, как они связаны не только с возможными вариантами космического апокалипсиса, но и с нашей повседневной жизнью.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СУДЬБЫ КОСМОСА

Для некоторых из нас размышление на тему космического апокалипсиса уже является повседневным делом.

КОНЕЦ ВСЕГО

Я хорошо помню момент, когда узнала о том, что Вселенная может исчезнуть в любую секунду. Я сидела на полу в гостиной профессора Финни среди своих сокурсников во время нашего еженедельного чаепития. Расположившись в кресле и держа на коленях свою трехлетнюю дочь, профессор объяснил, что внезапное расширение пространства ранней Вселенной, или космическая инфляция, представляет собой настолько загадочное явление, что мы не понимаем, почему оно началось и почему закончилось, а также не можем утверждать, что оно никогда больше не повторится. Не было никаких гарантий, что стремительное и смертоносное расширение пространства не начнется прямо в тот момент, когда мы пили чай с печеньем в гостиной профессора.

Это меня ошеломило. Я почувствовала, что уже не уверена в твердости пола подо мной. В моей памяти навсегда запечатлелся образ маленького ребенка, беспокойно ерзающего во внезапно ставшем нестабильным космосе. Но профессор только слегка усмехнулся и переключился на обсуждение другой темы.

Теперь я уже признанный ученый и понимаю ту усмешку профессора. Размышление над такими мощными и неудержимыми, но математически описываемыми процессами может вызвать болезненный интерес. Возможное будущее нашего космоса было определено и рассчитано с учетом вероятности на основании лучших из доступных нам данных. Мы не знаем наверняка, может ли в следующую секунду начаться новая космическая инфляция, но на случай, если это все-таки произойдет, у нас есть гото-