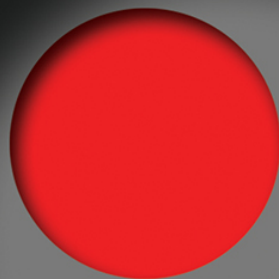


Т О М А С Х Е Р Т О Г

О ПРОИСХОЖДЕНИИ
ВРЕМЕНИ



ПОСЛЕДНЯЯ ТЕОРИЯ

СТИВЕНА
ХОКИНГА

Большая наука

Томас Хертог

**О происхождении
времени. Последняя
теория Стивена Хокинга**

«ЭКСМО»

2023

УДК 52
ББК 22.63

Хертог Т.

О происхождении времени. Последняя теория Стивена Хокинга /
Т. Хертог — «Эксмо», 2023 — (Большая наука)

ISBN 978-5-04-193710-2

Стивен Хокинг всю жизнь, преодолевая научные кризисы и неудачи искал ответ на вопрос о том, как Вселенная смогла создать такие благоприятные условия для жизни? 20 последних лет жизни Стивен Хокинг вместе с другом и соратником Томасом Хертогом разрабатывал новую теорию космоса, способную объяснить возникновение жизни. Это новое открытие, перевернувшее научный мир, было опубликовано в виде научных статей еще при жизни Хокинга, а теперь, наконец, выходит в книжном формате на русском языке! В формате PDF А4 сохранен издательский макет книги.

УДК 52
ББК 22.63

ISBN 978-5-04-193710-2

© Хертог Т., 2023
© Эксмо, 2023

Содержание

От автора	6
Предисловие	7
Глава 1	16
Конец ознакомительного фрагмента.	32

Томас Хертог
О происхождении времени
Последняя теория Стивена Хокинга

Посвящается Наталии

© Масленников К. Л., перевод на русский язык, 2023

© Оформление. ООО «Издательство «Эксмо», 2023

От автора

Наши многочисленные разговоры со Стивеном, продолжавшиеся на протяжении двадцати лет, бережно сохранены и вплетены в ткань повествования. Ссылки на высказывания Стивена, которые появлялись в опубликованном виде, даны в Примечаниях.

Вопрос о происхождении скрывает происхождение вопроса.
Франсуа Жакмен

Предисловие

Дверь кабинета Стивена Хокинга была оливкового цвета. Стивен любил держать ее чуть приоткрытой, хотя в помещении перед его кабинетом вечно было полно народу. Я постучал и вошел, чувствуя себя так, будто перенесся в лишенный времени мир размышлений и созерцания.

Стивен сидел за рабочим столом лицом к двери. Его голова, слишком тяжелая, чтобы держаться прямо, лежала на подголовнике его кресла-каталки. Он медленно поднял глаза и приветствовал меня приглашающей улыбкой, как будто все это время дожидался меня. Сиделка указала мне на стул рядом с ним. Я сел и взглянул на экран настольного компьютера. По нему непрерывно бежала строка экранной заставки: *To boldly go where Star Trek fears to tread*¹.

Стоял июнь 1998 года. Мы находились глубоко в лабиринте коридоров знаменитого факультета прикладной математики и теоретической физики Кембриджского университета – сокращенно DAMTP. Факультет размещался в скрипучем викторианском здании в районе Олд Пресс на берегу речки Кем. Вот уже почти три десятилетия здесь был базовый лагерь Стивена, место, где сплетались его научные планы и начинания. Именно отсюда он, прикованный к своему креслу и неспособный иногда даже палец поднять, страстно стремился подчинить своей воле космос.

Нил Турок, коллега Стивена, сказал мне, что шеф хочет меня видеть. Это его, Турока, вдохновенный курс лекций, входящий в знаменитую серию курсов по высшей математике, которой славился DAMTP, незадолго до этого возбудил во мне интерес к космологии. Стивен, по-видимому, прослышал об отличных результатах моих экзаменов и захотел взглянуть на меня – может, под его руководством мне удастся написать хорошую диссертацию.

Пыльный, старый кабинет Стивена, заваленный книгами и научными статьями, казался мне уютным. Там были высокий потолок и большое окно, которое, как я позже узнал, Стивен держал открытым даже в пронизывающе холодные зимние дни. На стене у двери висело фото Мэрилин Монро; под ним – вставленная в рамку и надписанная фотография Хокинга, играющего в покер с Эйнштейном и Ньютоном на голопалубе космолета «Энтерпрайз». Справа от нас на стене висели две доски, исписанные математическими символами. На одной я узнал недавно сделанные вычисления, касавшиеся последней разработанной Нилом и Стивеном теории происхождения Вселенной, но рисунки и уравнения на второй, казалось, восходили к началу 1980-х. Может, это были его последние собственноручные каракули?

Тишину нарушило слабое пощелкивание. Стивен заговорил. Больше десяти лет назад он лишился голоса из-за трахеотомии, которую ему пришлось перенести после воспаления легких, и с тех пор мог общаться только посредством бестелесного голоса компьютера. Это делало процесс разговора медленным и трудным.

¹ Переименованные (самим Хокингом?) слова девиза героев популярнейшего американского сериала о космических путешествиях Star Trek («Звездный путь»): *To boldly go where no man has gone before* («Храбро идти туда, куда не ступала нога человека»). В версии на экране компьютера эти слова звучат немного иначе: «Храбро идти туда, куда даже “Звездный путь” боится заходить». Хокинг снялся в эпизоде одной из серий Star Trek, и фотография, которая висела в его кабинете, это кадр из фильма. – Примеч. пер.



Рис. 1. Эта доска висела в кабинете Стивена Хокинга в Кембриджском университете как память об организованной им в июне 1980 года конференции по супергравитации.

Исписанная закорючками, рисунками и уравнениями, она представляет собой настоящее произведение искусства и одновременно позволяет заглянуть внутрь абстрактной Вселенной физика-теоретика. Внизу в центре доски виднеется и спина самого Хокинга². (См. рис. 10 на вклейке.)

Собирая последние остатки сил в своих атрофированных мышцах, он слабо надавливал на пощелкивавшее устройство, очень похожее на компьютерную мышку; это устройство ему заранее осторожно положили на правую ладонь. Экран, прилаженный к ручке его кресла-каталки, засветился, устанавливая виртуальную соединительную артерию между его мозгом и внешним миром.

Стивен пользовался компьютерной программой «Эквалайзер» – в нее была встроена лексическая база данных и синтезатор речи. По-видимому, он ориентировался в электронном словаре «Эквалайзера» инстинктивно, ритмично нажимая на кнопку пульта, который как будто танцевал в такт излучению волн его мозга. Экранное меню состояло из букв и часто употребляемых слов. В базу данных программы был включен жаргон, на котором говорят физики-теоретики; программа предвосхищала выбор следующего слова, показывая пять его возможных опций в нижней строке меню. К несчастью, выбор слов основывался на элементарном алгоритме поиска, который не делал различия между обычной разговорной лексикой и строгим языком теоретической физики. Иногда это приводило к уморительным результатам, от «космического микроволнового ризотто» до «дополнительных секс-измерений».

«Андрей утверждает», – появилось на экране ниже меню. Я ждал, затаив дыхание, отчаянно надеясь понять, что за этим последует. Спустя минуту или две Стивен перевел курсор на иконку «Говорите» в левом верхнем углу экрана и электронный голос произнес:

«Андрей утверждает, что вселенных бесконечно много. Это безобразие».

Ну вот – Стивен заговорил.

Андрей – знаменитый советский и американский космолог Андрей Линде, один из отцов-основателей предложенной в начале 1980-х космологической теории инфляции, которая раз-

² После кончины Стивена эта доска вместе с другими реликвиями из его кабинета в Кембридже была приобретена и сохранена как национальное достояние фондом London Science Museum Group. Надписи на доске, как выяснилось, оставил не Стивен, а участники упомянутой конференции, длившейся целый месяц, – в частности, помогавший Хокингу в ее организации его тогдашний постдок Мартин Рочек, чей шаржированный портрет виден чуть справа от центра доски.

вивает теорию Большого взрыва и постулирует, что Вселенная началась с короткого всплеска сверхбыстрого расширения – инфляции. Позже Линде придумал экстравагантное расширение своей теории, предположив, что инфляция создала не одну, а много вселенных.

ВСЕЛЕННАЯ, КОТОРУЮ МЫ НАБЛЮДАЕМ, ВЫГЛЯДИТ СПРОЕКТИРОВАННОЙ. ПОЧЕМУ ВСЕЛЕННАЯ ТАКАЯ, КАКАЯ ОНА ЕСТЬ? И ПОЧЕМУ В НЕЙ ЕСТЬ МЫ?

Я раньше думал, что Вселенная – это все, что существует. Но сколько же этого «всего»? В схеме Линде то, что мы называли Вселенной, – лишь крупинка неизмеримо большей «мульти-вселенной». Он представлял себе космос как огромную раздувающуюся совокупность бесчисленных отдельных вселенных, лежащих далеко за горизонтами друг друга, подобно островам в бесконечно расширяющемся океане. Космологи ввязались в сумасшедшую авантюрную гонку. И Стивен, самый неугомонный из них, не мог стоять в стороне.

– А нам-то какое дело до других вселенных? – спросил я.

Ответ Стивена прозвучал загадочно.

«Вселенная, которую мы наблюдаем, выглядит спроектированной, – сказал он. Пауза, и пощелкивание возобновилось: – Почему Вселенная такая, какая она есть? И почему в ней есть мы?»

Никто из моих учителей физики никогда не говорил о физике и космологии в таких метафизических выражениях.

– Разве это не чисто философский вопрос? – попробовал я возразить.

«Философия умерла», – сказал Стивен. Глаза его блеснули, как бы приглашая меня к дискуссии.

Я не чувствовал себя готовым к этому разговору, однако не мог не подумать, что отрицание философии странно слышать от Стивена. Ведь он часто – и творчески – пользовался ею в своей работе.

В Стивене была какая-то магия. Оставаясь почти неподвижным, он вдыхал в нашу беседу столько жизни! Он излучал такой магнетизм, такую харизму, какие мне редко случалось видеть. Его широкая улыбка и выразительное лицо, одновременно теплое и озорное, наполняли слова, произносимые механическим голосом робота, обаянием его личности, все глубже погружая меня в космические тайны, над которыми он размышлял.

Он, как дельфийский оракул, виртуозно владел искусством вкладывать многое в несколько слов. Результатом этого был уникальный способ думать и разговаривать о физике – но также, о чем я дальше расскажу, и сама новая физика. Однако при такой лаконичности даже малейшая заминка вроде одного пропущенного слова – частицы «не», к примеру, – могла вызвать, и часто вызывала, досаду и замешательство у собеседника. Мне же в тот день было не до этих шероховатостей – наоборот, я был рад, что, пока Стивен отыскивает нужный символ в «Эквалайзере», у меня есть время подумать над тем, что ему ответить.

Я знал: говоря, что Вселенная кажется спроектированной, Стивен имел в виду необыкновенный наблюдательный факт – из взрывного, катаклизмического акта своего рождения она вышла поразительно хорошо приспособленной для поддержания в себе жизни, возникшей миллиарды лет спустя. Этот простой факт столетиями сводил с ума мыслителей – он и правда выглядит искусственно привнесенным. Дело обстоит почти так, как будто генезис жизни и космоса переплетены друг с другом, как будто космос всегда знал о том, что в один прекрасный день он станет нашим домом. Какой же вывод следует сделать из этого таинственного ощущения умышленности? Это один из главных вопросов, которые люди задают себе о Вселенной, и Стивен глубоко чувствовал, что космологическая теория должна как-то ответить на него. Перспектива разгадки космического «проекта» – или хотя бы надежда на ее достижимость – в значительной степени и были двигателем его работы.

И это само по себе было исключительно необычно. Большинство физиков либо предпочитали избегать таких сложных, казавшихся чисто философскими, вопросов, либо верили в то, что тончайшим образом сконструированная архитектура Вселенной когда-нибудь окажется вытекающей из элегантного математического принципа, лежащего в основе «общей теории всего». Если бы это произошло, видимая конструкция Вселенной стала бы просто счастливой случайностью, непрогнозируемым следствием объективных и безличных законов Природы.

Но ни Стивен, ни Андрей Линде не были обычными физиками. Неохотно полагаясь на красоту абстрактной математики, они чувствовали, что «тонкая настройка» Вселенной, в рамках которой естественно порождается жизнь, указывает на глубочайшую проблему, коренящуюся в самых основах физики. Не удовлетворяясь всего-навсего применением законов Природы, они искали более широкого подхода к физике, в который входило бы исследование самого происхождения этих законов. Такой подход и привел их к размышлениям над Большим взрывом – ведь таинственный «проект» должен был быть заложен в сам процесс рождения Вселенной! И именно в вопросе о рождении Вселенной Стивен и Андрей категорически расходились друг с другом.

Андрей видел космос как гигантское раздувающееся пространство, в котором множество «больших взрывов» непрерывно порождали всё новые вселенные – каждая со своими собственными физическими свойствами, настолько же разными, насколько разной может быть наша земная погода. Нам не следует удивляться, что мы оказались в редком экземпляре благоприятной для жизни Вселенной, утверждал он, – ведь ясно, что мы не могли бы существовать ни в одной из множества вселенных, в которых жизнь невозможна. В мультивселенной Линде любое предположение о каком-то высшем замысле, стоящем за всем сущим, было бы не более чем иллюзией, порожденной ограниченностью наших взглядов на космос.

Стивен утверждал, что идея Линде о «великом космическом расширении», от Вселенной до мультивселенной, была метафизической фантазией, которая ничего не объясняет, – хотя я чувствовал, что как следует доказать этого он не может. Тем не менее я был заинтригован и восхищен тем, что самые выдающиеся космологи мира, категорически не соглашаясь друг с другом, обсуждали столь основополагающие вопросы с такой непоколебимой убежденностью с каждой стороны.

– Но разве Линде не прибегает к антропному принципу как к условию нашего существования, чтобы выделить благоприятную для жизни Вселенную из мультивселенной? – осмелился я подать голос.

Стивен оторвал взгляд от экрана и посмотрел на меня; губы его слегка искривились. Я не понял значения его мимики. Позже я узнал, что она означала полное несогласие. Когда он догадался, что я еще не посвящен в тонкости невербального уровня общения, который был обычным в его «ближнем кругу», он снова перевел взгляд на экран и принялся составлять новое длинное предложение. Точнее, даже два.

«Антропный принцип – это жест отчаяния, – написал он, и мое изумление росло тем сильнее, чем дольше продолжалось пощелкивание машины. – Это прощание со всеми нашими надеждами на понимание скрытого порядка Вселенной на основе научных законов». А вот это уж было совсем неожиданно. Я читал «Краткую историю времени» и хорошо знал, что ранний Хокинг частенько заигрывал с антропным принципом, считая его частью объяснения той Вселенной, которую мы видим. Космолог до мозга костей, он рано оценил значение неожиданной переключки между крупномасштабными физическими свойствами Вселенной и существованием жизни как таковой. И еще в конце 1960-х, работая с Уильямом Коллинзом, он выдвинул – впоследствии оказалось, что ошибочно, – антропный аргумент как объяснение того, почему расширение Вселенной происходит с одной и той же скоростью во всех трех направлениях

в пространстве³. Выходит, он изменил свой взгляд на полезность антропных соображений в космологии?

Во время медицинской паузы, которая понадобилась Стивену для прочистки его трахеи, я оглядел кабинет. На полке, протянувшейся вдоль всей левой стены, громоздились груды экземпляров «Краткой истории времени», переведенной на всякие экзотические языки. Интересно, от каких еще центральных идей этой книги он отказался? Рядом с «Краткими историями» я заметил целый ряд диссертаций, принадлежавших его бывшим докторантам. Еще в начале 1970-х Стивен основал в Кембридже быстро завоевавшую известность научную школу, участниками которой были принадлежавшие к его постоянно обновлявшемуся «ближнему кругу» аспиранты, докторанты и постдоки.

Названия их диссертаций затрагивали некоторые из самых фундаментальных вопросов, стоявших перед физикой в конце XX века. К 1980-м годам относились работа Брайана Витта «Гравитация: квантовая теория?» и диссертация Реймонда Лафламма «Время и квантовая космология». Название труда Фэй Доукер «Пространственно-временные кротовые норы и фундаментальные постоянные» перенесло меня в начало 1990-х, время, когда Стивен и его сотрудники думали, что кротовые норы – геометрические мосты через пространство – влияют на свойства элементарных частиц. (Позже друг Стивена Кип Торн найдет кротовым норам применение в фильме «Интерстеллар» – через такую нору герой фильма Купер вернется в Солнечную систему.) Справа от Фэй я увидел «Проблемы М-теории» Марики Тэйлор, последней по времени научной «дочки» Стивена. Под его руководством Марика погрузилась в самую гущу «второй струнной революции», как вдруг теория струн переросла в гораздо более масштабную М-теорию, и Стивен наконец начал постепенно проникаться расположением к этой идее.

Все оставшееся место на левой полке занимали два экземпляра книги в толстом зеленом переплете, озаглавленной «Свойства расширяющейся Вселенной». Это была докторская диссертация самого Стивена, написанная еще в середине 1960-х, во времена, когда большая рупорная радиоданная лаборатории «Белл телефон» зарегистрировала первые радиотголоски горячего Большого взрыва в виде очень слабого микроволнового излучения. В своей диссертации Стивен показал: если теория тяготения Эйнштейна верна, само существование этих отголосков означало, что у времени должно было быть начало. И как же это совмещалось с мультивселенной Андрея Линде, о которой мы только что говорили?

Справа от книги Стивена я заметил «Гравитационное излучение и гравитационный коллапс» Гэри Гиббонса. Он был первым докторантом Стивена, и было это в начале 1970-х, когда американский физик Джо Вебер объявил, что регистрирует частые всплески гравитационных волн, идущие из центра Млечного Пути. Измеренная им интенсивность гравитационного излучения была огромной: выходило, что Галактика теряет массу со скоростью, которая никак не могла бы сохраняться на протяжении длительного времени. Будь это так, очень скоро от Галактики не осталось бы ничего. Захваченные решением этого парадокса, Стивен и Гэри тешились идеей постройки своего собственного приемника гравитационных волн на базе DAMTP. От этой затеи их спасло чудо: слухи о гравитационных волнах в тот раз оказались ложными. Должно было пройти еще сорок лет, пока лазерно-интерферометрическая гравитационно-волновая обсерватория LIGO не добьется наконец успеха и не зарегистрирует эти неуловимые вибрации, рябь в океане пространства-времени.

Обычно Стивен брал по одному новому аспиранту каждый год. Они работали с ним над одним из его очень рискованных, но и необыкновенно многообещающих проектов: либо в области черных дыр – звезд, сколлапсировавших под горизонт событий, либо с тем, что касалось Большого взрыва. Стивен старался чередовать эти темы, поручая одному студенту работать над черными дырами, а следующему – над Большим взрывом, чтобы в любое время инте-

³ Christopher B. Collins and Stephen W. Hawking, "Why Is the Universe Isotropic?" // *Astrophysical Journal* 180 (1973): 317–34.

ресы его аспирантов покрывали оба главных направления исследований. Для Стивена черные дыры и Большой взрыв образовывали как бы инь и ян – противоположные, но переходящие друг в друга начала. Многие из его ключевых идей, касавшихся Большого взрыва, впервые возникли именно в контексте исследований черных дыр.

И в недрах черных дыр, и в ходе Большого взрыва макромир гравитации буквально сливается с микромиром атомов и частиц. В этих экстремальных условиях релятивистская теория тяготения Эйнштейна и квантовая теория должны работать в сочетании друг с другом. Беда в том, что объединить их не получается – и это, по общему мнению, остается одной из главных нерешенных задач физики. Взять, например, радикально различный подход этих теорий к причинности и детерминизму. Теория Эйнштейна придерживается старого детерминизма Ньютона и Лапласа; квантовая теория содержит фундаментальный элемент неопределенности и случайности. Понятие детерминизма сохраняется в ней лишь в усеченной форме – в нем не более половины того содержания, которое вкладывал в него Лаплас. За прошедшие годы «гравитационная группа» Стивена и ее рассеянная по всему миру диаспора сделали больше, чем какой-либо другой исследовательский коллектив в мире для демонстрации глубоких концептуальных вопросов, которые возникают, когда кто-то пытается сочетать очевидно противоречащие друг другу принципы этих двух физических теорий в рамках единой гармоничной концепции.

Тем временем со Стивеном «разобрались», как называла эту процедуру его сиделка, и снова раздалось пощелкивание клавиатуры. (В тот день наша беседа еще раз прервалась на контрольный просмотр эпизода «Симпсонов», который должен был выйти с участием Стивена.)

«Я хочу, чтобы вы поработали со мной над квантовой теорией Большого взрыва...»

Ага, значит, я, по всей видимости, появился в поле зрения Стивена в «год Большого взрыва».

«...и разобрались с этой мультивселенной».

Он поднял на меня глаза и широко улыбнулся. Глаза снова блеснули. Все было ясно. Нам предстояло «разобраться» с проблемой мультивселенной не философствованием и не привлечением антропного принципа, а глубоким внедрением квантовой теории в космологию. Его предложение прозвучало как обыденная тема домашнего задания. Но, хотя по выражению его лица я понимал, что мы, по сути, уже начали работать, у меня не было ни малейшего представления о том, каким курсом отправится в полет космический корабль «Хокинг».

«Я умираю...»

Прочитав это на экране, я похолодел и бросил отчаянный взгляд на сиделку, тихо примостившуюся с книгой в руках в уголке кабинета. Потом опять взглянул на Стивена. Насколько я мог судить, он выглядел как обычно. Щелканье возобновилось.

«...очень... хочется... чашечку... чаю».

Дело происходило в Британии. Было четыре часа дня.

Вселенная или мультивселенная? Задуманная (кем?) или нет? Ответу на этот роковой вопрос нам предстояло посвятить двадцать лет. Одно «домашнее задание» влекло за собой другое, и вскоре Стивен и я оказались в эпицентре самого жаркого спора в теоретической физике первой части XXI века. Хотя почти у каждого ученого было свое мнение о мультивселенной, никто даже примерно не представлял, что из него можно извлечь. То, что началось как тема моей докторской диссертации под научным руководством Стивена Хокинга, превратилось в увлекательное интенсивное сотрудничество, закончившееся только с уходом Стивена 14 марта 2018 года.

В нашей работе на кону была не только природа Большого взрыва – загадки, лежащей в сердце всего сущего, но и более глубокий смысл самих законов природы. Что в конечном счете космология рассказывает нам о мире? Как в этот мир вписываемся мы сами? Такие размышления выводят физику далеко за пределы ее «зоны комфорта». Но именно в такие дела Стивен

и любил ввязываться. Именно здесь его несравненная интуиция, закаленная десятилетиями глубочайших космологических исследований, оказывалась пророческой.

Ранний Хокинг, как множество ученых до него, рассматривал фундаментальные физические законы как вечные и неизменные истины. «Если мы сумеем построить полную теорию... мы будем знать мысли Бога», – писал он в «Краткой истории времени». Однако с тех пор миновало больше десяти лет, и во время нашей первой встречи – а в затылок нам дышала мультивселенная Линде – я почувствовал, что в этой его уверенности появилась трещинка. Действительно ли физика дает нам основания свыше для описания начала времени в момент Большого взрыва? И нужны ли нам эти основания?

Нам еще предстояло понять, что платоновский маятник в теоретической физике к тому времени качнулся слишком далеко. Когда мы прослеживаем историю Вселенной назад, до самого ее начала, мы натываемся на более глубокий уровень эволюции, уровень, на котором сами физические законы начинают изменяться и эволюционировать, – это можно назвать мета-эволюцией. В первичной Вселенной происходит трансмутация физических законов в процессе случайных изменений и отбора, похожего на дарвиновскую эволюцию: частицы, силы и, утверждаем мы, даже время постепенно растворяются в горниле Большого взрыва. Стивен и я пришли к тому, что стали воспринимать Большой взрыв не только как начало времени, но и как источник физических законов. В центре нашей космогонии лежит новая физическая теория происхождения Большого взрыва, которое, как мы осознали, в свою очередь содержит в себе происхождение теории.

Работа со Стивеном была путешествием не только к пределам пространства и времени, но также и вглубь его сознания – вглубь того, что делало Стивена Стивеном. Совместный поиск сближал нас. Он был настоящим искателем. Никому рядом с ним не удавалось избежать воздействия его стальной настойчивости и оптимистической уверенности в том, что мы сможем решить все эти окруженные тайной космические вопросы. Со Стивеном мы чувствовали себя так, как будто пишем историю нашего собственного сотворения, – что в некотором смысле мы и делали.

И физика превратилась в настоящий карнавал! Со Стивеном невозможно было понять, где кончается работа и начинаются развлечения. Его ненасытная страсть к пониманию могла сравниться только с его жаждой жизни и любовью к приключениям. В апреле 2007 года, через пару месяцев после своего шестидесятипятоголетия, он отправился в полет на «Боинге-727», специально оборудованном для создания невесомости на борту. Он рассматривал это как прелюдию к полету в космос! А его врачи паниковали, когда он пересек Ла-Манш в скоростном поезде «Евростар», чтобы погостить у меня в Бельгии.

Он окончательно потерял голос и был так слаб, что едва мог пошевелить пальцем, – и при этом сделался крупнейшим популяризатором и просветителем нашего времени. Его вдохновляло глубокое ощущение, что мы – часть грандиозной схемы, зашифрованной в строении мироздания и как будто ждущей, когда мы ее откроем; и свою радость открытий он разделил с аудиторией всего мира. В самый разгар нашей совместной работы он написал книгу «Великий замысел», которая отражала владевшее нами тогда замешательство. В ней Стивен по косточкам разбирает антропный принцип, концепцию мультивселенной и идею «окончательной теории всего», вплоть до ее соперничества с божественным сотворением Вселенной. Но в «Великом замысле» есть и первые очертания новой космологической парадигмы, которая окончательно кристаллизуется в нашей работе спустя несколько лет.

Незадолго до смерти Стивен сказал мне, что пора писать новую книгу. Вот эта книга. В следующих главах я опишу наше путешествие к Большому взрыву и внутрь него. Я расскажу, как это путешествие в конце концов привело Хокинга к опровержению концепции мультивселенной, к замене ее новым поразительным взглядом на происхождение времени, глубоко дар-

винистским по духу и природе, и к предложению радикально нового понимания великого космического замысла.

В путешествии нас часто будет сопровождать американский физик Джим Хартл, давний сотрудник Стивена, с которым в начале 1980-х они заложили основы квантовой космологии. За годы совместной работы друзья приобрели особую способность видеть Вселенную сквозь квантовый объектив. Квантовое мышление оказало влияние даже на язык их общения – как будто между ними установилась отдельная от прочих вербальная связь. Например, говоря «Вселенная», космологи обычно подразумевают звезды, галактики и огромное пространство вокруг нас. Когда слово «Вселенная» употребляли Джим или Стивен, они имели в виду абстрактную квантовую Вселенную, погруженную в океан неопределенности, со всеми ее возможными историями, сосуществующими в форме некоей суперпозиции. Но именно это насквозь квантовое видение физической реальности в конечном счете и сделало возможной дарвинистскую революцию в космологии. Поздний Хокинг относился к квантовой теории серьезно – и даже очень серьезно. Он решил, что именно ее следует придерживаться при пересмотре картины Вселенной на самых больших масштабах. Именно квантовая космология станет тем полем исследований, на переднем крае которого Стивен оставался до конца жизни.

В период нашего сотрудничества в какой-то момент Стивен утратил остатки сил, еще позволявших его руке нажимать на кликер, при помощи которого он поддерживал разговор. Тогда он перешел на инфракрасный датчик, вмонтированный в оправу его очков и приводимый в действие легким подергиванием щеки. Но скоро и это стало ему не под силу. Темп общения замедлился от нескольких слов в минуту до нескольких минут на одно слово, а потом и вовсе сошел на нет – именно тогда, когда потребность в его слове стремительно выросла⁴. Самый прославленный апостол науки во всем мире лишился речи. Но Стивен не желал сдаваться. Наша интеллектуальная связь настолько углубилась за годы тесного сотрудничества, что мы с ним все дальше выходили за пределы словесного общения. Забыв об «Эквалайзере», датчиках и кликерах, я устраивался перед ним так, чтобы наверняка оказаться в его поле зрения, и начинал бомбардировать вопросами. Глаза Стивена ярко вспыхивали, когда мои аргументы резонировали с его интуицией. Тогда мы развивали найденную тему, продвигаясь вперед при помощи общего языка и взаимопонимания, сформировавшихся за годы сотрудничества. Именно в этих «беседах» медленно, но неуклонно рождалась последняя и окончательная созданная Стивеном теория Вселенной.

В науке бывают критические распутия, когда на первый план – нравится нам это или нет – выходят метафизические соображения. На таких путевых развилках мы постигаем что-то очень глубокое и фундаментальное, что имеет отношение не только к путям Природы, но и к условиям, которые делают наши занятия наукой возможными и имеющими какую-то ценность, и к мировоззрению, к которому наши открытия могут привести. Поиск физических факторов, которые делают Вселенную пригодной для жизни, привели нас к такой критической развилке. Ведь в основе своей это гуманистический вопрос, далеко выходящий за пределы науки, – вопрос о нашем происхождении. Стержень последней созданной Стивеном теории Вселенной – небывало глубокое осознание того, что значит быть человеком в этом приспособленном для жизни космосе, управлять планетой Земля и нести ответственность за нее. И уже по одной этой причине эта теория может в конечном счете оказаться его главным научным наследием.

⁴ Стивен время от времени «одалживал» свой голос – составленный кем-то текст пропускали через его речевой синтезатор, а затем транслировали в эфир. Однако те, кто принадлежал к окружению Стивена, легко отличали сконструированные таким путем высказывания «под Хокинга» от его подлинных слов, которые всегда покоряли лаконичностью, ясностью мысли и фирменным чувством юмора. Хотя по ряду причин такая практика была необходима, в ней был и серьезный минус – из-за нее публичный образ Хокинга постепенно отдалялся от его реальной личности.

СТЕРЖЕНЬ ПОСЛЕДНЕЙ СОЗДАННОЙ СТИВЕНОМ ТЕОРИИ ВСЕЛЕННОЙ – НЕБЫВАЛО ГЛУБОКОЕ ОСОЗНАНИЕ ТОГО, ЧТО ЗНАЧИТ БЫТЬ ЧЕЛОВЕКОМ В ЭТОМ ПРИСПОСОБЛЕННОМ ДЛЯ ЖИЗНИ КОСМОСЕ, УПРАВЛЯТЬ ПЛАНЕТОЙ ЗЕМЛЯ И НЕСТИ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА НЕЕ.

Глава 1

Парадокс

Любопытная аналогия кроется в том, что даже у самого большого телескопа размер окуляра не больше человеческого глаза.
Людвиг Витгенштейн, «Культура и ценность»

Конец 1990-х стал кульминацией «золотого десятилетия» космологических открытий. Космология, невероятная наука, изучающая – ни много ни мало – происхождение, эволюцию и судьбу Вселенной в целом и долго считавшаяся царством неограниченных спекуляций, достигла, наконец, зрелости. Мировое научное сообщество кипело от возбуждения, вызванного ошеломляющими данными наблюдений как с борта оснащенных сложнейшим оборудованием спутников, так и при помощи наземных инструментов. Эти данные изменили нашу картину Вселенной до полной неузнаваемости. Казалось, Вселенная заговорила с нами. Теоретикам был брошен вызов – теперь они могли доказать справедливость своих абстрактных моделей и вытекающих из них предсказаний или признать свою неправоту.

В космологии мы исследуем прошлое Вселенной. Космологов можно назвать путешественниками во времени, а телескопы – их транспортным средством: заглядывая в глубины пространства, мы видим далекое прошлое. Ведь прежде чем достичь нас, свет далеких звезд и галактик шел миллионы или даже миллиарды лет. Еще в 1927 году бельгийский аббат и астроном Жорж Леметр предсказал, что пространство, если рассматривать его на таких больших временных периодах, расширяется. Но только в 1990-х передовая техника телескопических наблюдений позволила проследить историю расширения Вселенной.

Эта история таила в себе неожиданности. Например, в 1998 году астрономы обнаружили, что примерно пять миллиардов лет назад расширение пространства начало ускоряться – хотя во всех своих известных формах материя обладает свойством притяжения, и, следовательно, расширение должно замедляться. С тех пор физики пытаются понять, не связано ли это странное космическое ускорение с эйнштейновской космологической постоянной и не является ли оно чем-то вроде невидимой эфироподобной «темной энергии», из-за которой у гравитации появляется свойство отталкивания вместо притяжения? «Похоже, Вселенная может оказаться похожей на Лос-Анжелес, – пошутил один астроном, – в ней на треть субстанции и на две трети энергии».

Очевидно: если Вселенная сейчас расширяется, в прошлом она должна была находиться в более сжатом состоянии. Если пустить космическую историю задом наперед – конечно, в виде теоретического упражнения, – то получится, что все вещество в какой-то момент окажется очень плотно упакованным в малом объеме пространства и к тому же очень горячим; ведь при сильном сжатии вещество разогревается и начинает излучать. Такое первичное состояние известно под названием горячего Большого взрыва. Астрономические наблюдения, начавшиеся в «золотые 1990-е» и продолжающиеся до сих пор, позволили определить возраст Вселенной, или время, прошедшее с момента Большого взрыва: 13,8 миллиарда плюс-минус 20 миллионов лет.

Желание узнать больше о рождении Вселенной росло, и в мае 2009 года Европейское космическое агентство (ESA) запустило спутник, задачей которого было наиболее полное и детальное из всех, когда-либо проводившихся, сканирование ночного неба. В результате планировалось построить карту распределения флюктуаций таинственного теплового излучения, оставшегося от Большого взрыва. Пропутешествовав в расширяющемся космическом пространстве 13,8 миллиарда лет, жар от рождения Вселенной достигает нас уже остывшим до 2,725 К, или примерно до минус 270 °С. При такой температуре излучение лежит в основном

в микроволновом участке электромагнитного спектра, и поэтому остаточное тепло называют космическим микроволновым фоном, или СМВ-излучением.

Усилия, прилагаемые ESA для того, чтобы уловить и описать это древнее, «реликтовое» тепло, достигли кульминации в 2013 году. На первых полосах всех газет мира появилась причудливая пятнистая картина, напоминающая полотно художника-пуантилиста. Это изображение мы видим на рис. 2, и это не что иное, как составленное из миллионов пикселей необыкновенно подробное распределение по всему небу, по всем направлениям в пространстве температуры реликтового СМВ-излучения. Можно сказать, что это детальная фотография Вселенной, какой она была примерно через 380 000 лет после Большого взрыва, когда остыла до нескольких тысяч градусов – достаточно, чтобы выпустить на свободу первичное излучение, которое с тех пор, не удерживаемое больше ничем, путешествовало в космосе.

Столь подробные наблюдения СМВ-излучения подтвердили, что реликтовое тепло Большого взрыва распределено в пространстве почти – хоть и не идеально – равномерно. «Пятнистость» изображения отражает микроскопически малые различия температуры, крохотные ее колебания, не превышающие сотысячной доли градуса. Но эти мельчайшие вариации критически важны: они отражают положения первичных конденсаций вещества, вокруг которых в конце концов стали формироваться галактики. Ведь если бы область горячего Большого взрыва была полностью однородной, никаких галактик сейчас бы не было.

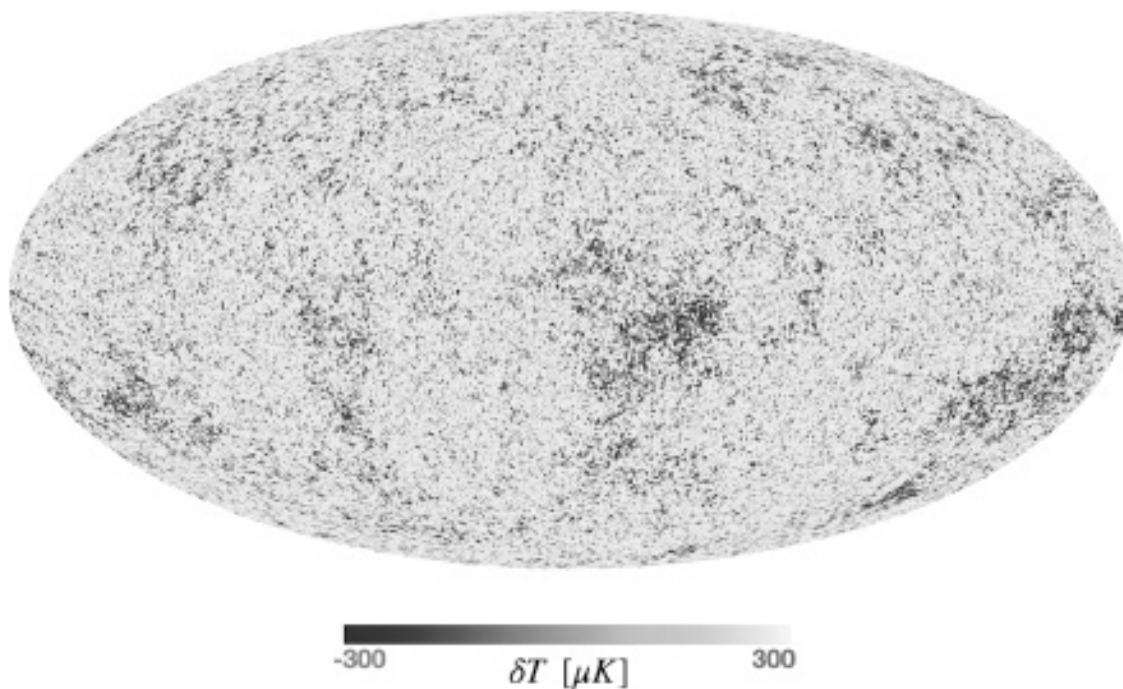


Рис. 2. Послесвечение горячего Большого взрыва. Это тепловая карта неба на микроволновых частотах, построенная по данным названного в честь основателя квантовой физики Макса Планка спутника «Планк» Европейского космического агентства. Сгущения различных оттенков серого соответствуют малым изменениям температуры реликтового космического микроволнового излучения, приходящего к нам с разных направлений на небе. На первый взгляд распределение этих температурных флуктуаций выглядит случайным, но тщательный анализ выявил в нем структуры, связывающие друг с другом различные участки карты. Исследуя эти структуры, космологи могут реконструировать историю расширения Вселенной, построить модель образования в ней галактик и даже предсказать ее будущее.

Карта СМВ отмечает положение нашего космологического горизонта, дальше которого мы заглянуть не можем. Но, опираясь на наши космологические теории, мы можем по крупным камням восстановить ход процессов, происходивших в еще более ранние эпохи. Как палеонтологи по окаменелостям догадываются, какими были на Земле в далеком прошлом формы жизни, так и космологи, расшифровывая структуры, объединяющие температурные неоднородности, сохранившиеся за миллиарды лет, способны воспроизвести процессы, в ходе которых реликтовая тепловая картина отпечаталась на нашем небе. Карта реликтового СМВ-излучения стала космологическим Розеттским камнем, который позволяет нам проследить историю Вселенной далеко назад – возможно, даже понять, какой она была спустя мельчайшие доли секунды после рождения.

И то, что мы узнали, оказалось удивительным. Как мы увидим в Главе 4, структуры, закодированные в карте вариаций температуры СМВ-излучения, показывают, что Вселенная сначала расширялась очень быстро, потом замедлилась, а не так давно (около пяти миллиардов лет назад) опять начала ускоряться. На масштабах, соответствующих самым большим глубинам времени и пространства, это замедление кажется скорее исключением, чем правилом, одной из необъяснимых счастливых случайностей, сделавших нашу Вселенную благоприятной для жизни. Ведь только в замедляющейся Вселенной вещество способно накапливаться и концентрироваться, образуя галактики. Не будь этой паузы в расширении Вселенной, не существовало бы ни галактик, ни звезд, ни самой жизни.

Получилось так, что история расширения Вселенной сыграла главную роль в одной из первых попыток вписать наше существование в современную космологическую парадигму. В начале 1930-х Леметр в одном из своих маленьких пурпурных блокнотиков сделал примечательный набросок того, что он называл «нерешительной» Вселенной – Вселенной с историей расширения, очень похожей на тот ухабистый путь, который постепенно вырисовывается из наблюдений спустя семьдесят лет⁵ (см. рис. 3 на вклейке). Леметр пришел к идее о долгой паузе в расширении Вселенной, раздумывая над вопросом о ее приспособленности для жизни. Он знал: астрономические наблюдения соседних галактик указывали на то, что в последнее время скорость расширения Вселенной была высокой. Но когда он обратил эволюцию Вселенной назад во времени, то оказалось, что при такой скорости все галактики должны были всего какой-то миллиард лет назад столпиться в одной области пространства. Это, конечно, было невозможно – ведь и Земля, и Солнце были гораздо старше. Чтобы избежать очевидного противоречия между историями Вселенной и Солнечной системы и дать звездам, планетам и жизни время на развитие, Леметр предположил, что в истории Вселенной должна была быть эра очень медленного расширения.

**КАК ПАЛЕОНТОЛОГИ ПО ОКАМЕНЕЛОСТЯМ
ДОГАДЫВАЮТСЯ, КАКИМИ БЫЛИ НА ЗЕМЛЕ
В ДАЛЕКОМ ПРОШЛОМ ФОРМЫ ЖИЗНИ, ТАК
И КОСМОЛОГИ, РАСШИФРОВЫВАЯ СТРУКТУРЫ,
ОБЪЕДИНЯЮЩИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫЕ НЕОДНОРОДНОСТИ,
СОХРАНИВШИЕСЯ ЗА МИЛЛИАРДЫ ЛЕТ, СПОСОБНЫ
ВОСПРОИЗВЕСТИ ПРОЦЕССЫ, В ХОДЕ КОТОРЫХ РЕЛИКТОВАЯ
ТЕПЛОВАЯ КАРТИНА ОТПЕЧАТАЛАСЬ НА НАШЕМ НЕБЕ.**

На протяжении нескольких десятилетий после пионерской работы Леметра физики продолжали наткаться еще на многие другие «счастливые совпадения», делающие Вселенную поразительно благоприятной для жизни. Достаточно было бы малейшего изменения почти в

⁵ Леметр частенько делал сжатые наброски своих научных прозрений с одного конца своих блокнотов, а духовные размышления столь же неразборчиво записывал с другого, предусмотрительно оставляя в середине блокнота несколько незаполненных страниц, как будто не желая допускать смешения науки и религии.

любом из основных ее физических свойств, от поведения атомов и молекул до структуры космоса на самых больших масштабах, чтобы обитаемость Вселенной повисла на волоске.

Возьмем хотя бы тяготение, силу, которая формирует крупномасштабную структуру Вселенной. Действие гравитации крайне слабое: требуется огромная масса Земли, чтобы удерживать нас на ее поверхности. Но будь сила всемирного тяготения чуточку больше, звезды сгорали бы быстрее и умирали бы раньше, не оставляя времени для развития сложных форм жизни ни на какой из планет, обращающихся вокруг них и согреваемых их теплом.

Или рассмотрим мельчайшие – в одну стотысячную долю градуса – вариации температуры реликтового излучения Большого взрыва. Будь они хоть немного больше – скажем, в одну десятитысячную долю градуса, – и зерна, из которых выросли космические структуры, разрослись бы в гигантские черные дыры, а не в галактики с миллионами пригодных для обитания звезд. И напротив, если бы эти вариации оказались чуть меньше – в одну миллионную градуса или еще меньше, – никаких галактик не могло бы образоваться вообще. Горячий Большой взрыв был ровно таким, каким надо. Тем или иным способом он вывел Вселенную на исключительно благоприятную для жизни траекторию, причем результаты такой «настройки» стали видны спустя несколько миллиардов лет. Как это объяснить?

Налицо и множество других примеров «счастливых совпадений». Мы живем во Вселенной с тремя измерениями пространства. Есть ли что-то особенное в том, что их именно три? Да, есть. Добавим еще одно измерение пространства – атомы и планетные орбиты станут неустойчивыми. Вместо того чтобы обращаться вокруг Солнца по устойчивой орбите, Земля по спирали врежется в него. У Вселенной с пятью или с еще большим числом измерений пространства проблем будет еще больше. С другой стороны, в мирах лишь с двумя пространственными измерениями могло бы не оказаться достаточно места для нормального функционирования сложных систем, как видно из рис. 3. Три измерения пространства – это, похоже, как раз столько, сколько нужно для того, чтобы жизнь была возможна.



Рис. 3. Во Вселенной, имеющей только два пространственных измерения, жизни трудно возникнуть, не говоря уж о том, чтобы развиваться. Как, например, в таком мире охотиться и питаться?

Необъяснимое дружелюбие, которое Вселенная проявляет к жизни, распространяется и на ее химические свойства, определяемые параметрами элементарных частиц и сил, действующих между ними. Например, нейтроны чуточку тяжелее протонов: отношение массы нейтрона к массе протона 1,0014. Будь это отношение обратным, все протоны во Вселенной после Большого взрыва очень скоро превратились бы в нейтроны. А без протонов не было бы атомных ядер – значит, не было бы ни атомов, ни самой химии.

Другой пример: образование углерода в звездах. Насколько нам известно, углерод очень важен для жизни. Но Вселенная не родилась с запасом углерода: он образуется в ходе ядерного синтеза в недрах звезд. В 1950-х британский космолог Фред Хойл заметил, что эффектив-

ность синтеза углерода из гелия в звездах основывается на хрупком равновесии между сильным ядерным взаимодействием, связывающим атомные ядра, и электромагнитной силой. И если бы сильное взаимодействие было бы на очень малую долю – всего на несколько процентов – сильнее или слабее, то энергии связи ядер изменились бы, синтез углерода замедлился, и Вселенная оказалась бы лишена углеродной жизни. Это казалось Хойлу настолько странным, что, по его словам, Вселенная выглядит результатом какой-то «подтасовки» – как будто «некий сверхразум взялся озорничать с физикой, а заодно и с химией, и с биологией»⁶.

Но самой загадочной частью «тонкой настройки» Вселенной в пользу жизни выглядит ситуация с темной энергией. Измеренная нами плотность темной энергии крайне низка: в 10-123 раз меньше, чем та, которую многие физики склонны считать ее естественным значением. Но именно эта малость и заставила Вселенную оставаться «нерешительной» примерно восемь миллиардов лет, пока темной энергии не накопилось достаточно, чтобы ускорить расширение Вселенной. Уже в 1987 году Стивен Вайнберг указал, что если бы плотность темной энергии была хоть чуть-чуть больше, составив, скажем, 10-121, а не 10-123, то вызванные ею силы отталкивания были бы выше и подействовали бы раньше – и это опять-таки закрыло бы окно космических возможностей для образования галактик⁷.

Короче говоря, как и подчеркивал Стивен в том нашем первом разговоре, все выглядит так, будто Вселенная каким-то образом специально подготовлена для появления в ней жизни. Знаменитый писатель и физик-теоретик Пол Дэвис имел в виду именно это, говоря о «космическом факторе Златовласки»⁸: «Как “правильная” тарелка с овсянкой в сказке о Златовласке и трех медведях, Вселенная в очень многих отношениях загадочным образом выглядит в точности “правильной” для жизни»⁹. И хоть это вовсе не значит, что космос должен прямо-таки кишеть жизнью, уже сама возможность ее зарождения во Вселенной в результате особенностей «тонкой настройки» доказывает, что эти особенности – не какие-то поверхностные, необязательные свойства мира. Нет, они глубоко встроены в законы физики, имеющие форму математических соотношений. Массы и другие параметры систем частиц, силы, управляющие их взаимодействиями, и даже общая структура Вселенной – все это кажется специально тщательно скроенным для того, чтобы поддерживать некоторую форму жизни. И это отражается в специфическом характере математических уравнений, определяющих то, что физики зовут законами Природы.

Итак, глубочайшая загадка «космологического замысла» состоит в том, что фундаментальные законы физики поразительно благоприятны для возникновения жизни – будто существует скрытый сценарий, в рамках которого в основные законы, управляющие Вселенной, вплетено наше существование. Это кажется невероятным. И это в самом деле невероятно! Что же это за сценарий?

Здесь я должен подчеркнуть всю необычность этой загадки для физиков-теоретиков. Обычно физики используют законы природы, чтобы описать то или иное явление или предсказать исход эксперимента. Кроме того, они пытаются обобщить существующие законы, чтобы объять ими более широкий диапазон природных явлений. Но вопросы о существовании «замысла» уводят нас по совсем другому пути, на котором нам приходится размышлять о природе и глубоком происхождении самих законов и о том, как мы вписываемся в их рамки. Волнующая суть космологии заключается в том, что она обеспечивает научный контекст, в котором мы можем надеяться пролить свет на эту величайшую из всех загадок. Ведь космо-

⁶ Fred Hoyle, “The Universe: Past and Present Reflections” // *Annual Review of Astronomy and Astrophysics* 20 (1982): 1–36.

⁷ Steven Weinberg, “Anthropic Bound on the Cosmological Constant” // *Physical Review Letters* 59 (1987): 2607.

⁸ В русском фольклоре сюжет о Златовласке соответствует известной сказке «Три медведя». – Примеч. пер.

⁹ Paul Davies, *The Goldilocks Enigma: Why Is the Universe Just Right for Life?* (London: Allen Lane, 2006), 3.

гия – единственная область физики, где мы сами оказываемся неотъемлемой частью задачи, которую пытаемся решить.

Исторически само видимое устройство мира принимается за свидетельство того, что все, что происходит в природе, имеет одну основную цель. Это воззрение восходит к Аристотелю, возможно, самому влиятельному из всех когда-либо живших философов. Глубокий биолог, Аристотель считал, что многие процессы, порождающие и организующие мир живого, кажутся полными умысла и намерения. Если лишённые разума живые организмы имеют жизненную программу, рассуждал он, то должна существовать и Конечная Цель, направляющая развитие космоса как целого. Телеологическая аргументация Аристотеля была убедительной, логичной, дающей надежду, и до некоторой степени подтверждалась эмпирически. Весь мир вокруг нас полон бесконечными примерами достижения целей – от птички, собирающей веточки для постройки гнезда, до пса, роющего землю в саду, чтобы достать кость. И нет ничего удивительного в том, что телеологические взгляды Аристотеля просуществовали, мало кем оспариваемые, почти два тысячелетия.

Однако в XVI столетии на окраине Евразийского континента работы небольшого круга ученых стали началом современной научной революции. Коперник, Декарт, Бэкон, Галилей и их современники подчеркивали, что наши чувства могут нас обманывать. Эти ученые любили употреблять формулу *Ignoramus*¹⁰, которая буквально значит «мы не знаем». Такой сдвиг парадигмы мышления имел далекоидущие последствия – некоторые считают его вообще самым значимым и влиятельным интеллектуальным преобразованием за те примерно 200 000 лет, в течение которых люди населяют эту планету. Вся его глубина до сих пор еще не раскрыта. Немедленным следствием этого научного прорыва, по крайней мере в ученых кругах, было развенчание глубоко укоренившегося телеологического мировоззрения Аристотеля и замена его идеей рациональных законов, управляющих природой, действующих здесь и сейчас, доступных открытию и пониманию. Глубинная суть современной науки в том, что, признавая свое незнание, мы можем добыть новое знание – экспериментируя, наблюдая, разрабатывая математические модели, которые организуют наши наблюдения в рамках общих теорий и вытекающих из них законов.

Научная революция парадоксальным образом углубила загадку благорасположения Вселенной к жизни. До наступления революции в построенной человеком концепции мироздания можно было найти некоторое единство. Предполагалось, что как одушевленный, так и неодушевленный миры в своем развитии подчинялись всеобъемлющей цели – божественной или нет. Устройство мира виделось как проявление грандиозного космического плана, в котором, естественно, привилегированная роль принадлежала человеку. К примеру, древняя модель мира, построенная александрийским астрономом Птолемеем в его труде «Альмагест», была настолько же геоцентрической, насколько и антропоцентрической.

Но с приходом научной революции фундаментальная природа связи жизни с физической Вселенной стала вызывать недоумение. Это недоумение явственно проявляется и сейчас, спустя почти пять столетий, – проявляется в изумлении перед тем, что полагаемые объективными, безличными, вневременными законы физики почти идеально приспособлены к существованию жизни. Получается, что, успешно устранив старинную дихотомию между небесами и Землей, современная наука создала на ее месте новую непреодолимую линию раздела между мирами живого и неживого и оставила в понимании человеком его места в грандиозной картине космоса грызущую неопределенность.

Лучше представить, как взгляды на онтологию законов природы пришли к своей нынешней форме, нам поможет обращение к самым глубоким корням идеи о существовании таких

¹⁰ *Ignoramus et ignorabimus* – «не знаем и не узнаем» (лат.) – крылатое выражение из доклада немецкого физиолога Эмиля Дюбуа-Реймона (1818–1896) «О пределах познания природы». – Примеч. ред.

законов. Самые первые представления о законах, управляющих Природой, возникли в VI веке до н. э. в Милете, на территории нынешней Западной Турции, в ионической школе Фалеса. Милет, самый богатый из городов древнегреческой Ионии, был основан в естественной бухте близ места, где река Меандр впадает в Эгейское море. Живший здесь легендарный мыслитель Фалес, совсем как современные ученые, пытался заглянуть за внешнюю поверхность явлений природного мира, чтобы достичь более глубокого уровня знаний. Ученик Фалеса Анаксимандр создал то, что греки стали называть, «исследование Природы», то есть физику.



Рис. 4. Рельеф, изображающий древнегреческого философа Анаксимандра из Милета. Двадцать шесть столетий назад Анаксимандр заложил основы долгого и извилистого пути научного осмысления мира.

Анаксимандра часто называют отцом космологии. Он первым стал думать о Земле как о планете, гигантском камне, свободно плавающем в пустом пространстве. Он учил, что Земля у нас под ногами не беспредельна и не покоится на гигантских колоннах, но что ее со всех сторон окружает то же самое небо, которое мы видим у себя над головой. Таким образом, Анаксимандр открыл глубину космоса, превратил его из закрытого ларца – ограниченного сверху небесной, а снизу земной твердью – в открытое пространство. Этот принципиальный сдвиг позволил представить небесные тела обращающимися вокруг Земли со всех сторон. Так был проложен путь к древнегреческой астрономии. Анаксимандр написал трактат «О природе»,

впоследствии утраченный. Однако, как предполагают, в нем содержался следующий стихотворный фрагмент¹¹:

Все предметы происходят друг из друга
и исчезают друг в друге,
следуя необходимости;
Ибо они воздают друг другу справедливость
и возмещают свою несправедливость
Сообразно с велением времени.

В этих нескольких строках Анаксимандра ясно выражена революционная идея: Природа ни самопроизвольна, ни абсурдна, но управляется некоторым видом закона. Это стало основным положением науки: под видимой поверхностью естественных явлений скрывается абстрактный, но самосогласованный порядок.

Анаксимандр не уточнил, какую именно форму могут принимать законы Природы, – он ограничился аналогией с гражданскими законами, регулирующими жизнь человеческих обществ. Но самый известный из его учеников, Пифагор, предложил для мирового порядка математическую основу. Пифагорейцы считали, что числа обладают мистическим значением, и пытались построить весь космос из чисел. Их главную идею – что мир можно описать на языке математики – воспринял и стал отстаивать Платон, который сделал ее одним из устоев своей теории Истины. Мир нашего опыта Платон уподоблял миру теней некоей высшей реальности, определяемой идеальными математическими формами и существующей совершенно отдельно от воспринимаемой нами. Древние греки, таким образом, пришли к мысли, что, хоть мы и неспособны непосредственно ощущать или видеть скрытый мировой порядок, мы можем познать его путем логических умозаключений.

Но какое бы сильное впечатление ни производили на нас умозрительные рассуждения древних о природе, они имеют очень мало общего с современной физикой, и не только по существу, но и по методу и стилю. Прежде всего свои заключения древнегреческие философы основывали почти целиком на почве эстетики и на априорных предположениях, почти не пытаясь – или даже вообще не пытаясь – их как-то проверить. Мысль об этом просто не приходила им в голову. Поэтому их концепция «физики» и системы «законов», лежащей в основе всего сущего, ничем не напоминает современную научную теорию. Стивен Вайнберг в своей последней книге «Объяснить мир» утверждает, что с современной точки зрения древнегреческих мыслителей лучше представлять не как физиков, ученых или даже философов, но как поэтов – настолько фундаментально их методология отличается от того, что сегодня понимается под научной деятельностью. Конечно, и современные физики находят красоту в своих теориях, и большинство из них тоже руководствуется в исследованиях эстетическими соображениями, но эта сторона дела не заменяет процесса проверки правильности теорий посредством экспериментов и наблюдений – именно они в конечном счете и являются ключевым фактором научной революции.

И тем не менее стремление Платона к «математизации» мира оказало невероятно глубокое воздействие. И когда двадцать столетий спустя грянула современная научная революция, ее главные действующие лица вдохновлялись верой в платоновскую программу поиска скрытого порядка, лежащего в основе физического мира и выраженного на языке математических соотношений. «Великую книгу Природы, – писал Галилей, – могут читать только те, кто владеет языком, на котором она написана. И язык этот – математика»¹².

¹¹ Этот фрагмент дошел до нас благодаря Симпликию Киликийскому, который цитирует его в своих комментариях к «Физике» Аристотеля.

¹² Galileo Galilei, *Il Saggiatore* (Rome: Appresso Giacomo Mascardi, 1623). Изд. на русском языке: Галилео Галилей, *Проверенных дел мастер* / Пер. Ю. А. Данилова. – М.: Наука, 1987.

Исаак Ньютон, алхимик, мистик, сложная личность и один из сильнейших математиков, когда-либо живших на Земле, в концентрированном виде представил математический подход к натурфилософии в своих «Началах» – пожалуй, самой важной книге в истории науки. Тому, что Ньютон начал ее писать, способствовала его вынужденная изоляция во время карантина, связанного с эпидемией чумы в 1665 году. Занятия в Кембриджском университете прекратились, и Ньютон, новоиспеченный бакалавр, возвратился в Линкольншир, в окруженный яблоневым садом дом своей матери. Там он размышлял о математическом анализе, гравитации и движении, а еще разложил при помощи призмы белый свет на все цвета радуги. Но лишь в апреле 1686 года Ньютон представил Королевскому обществу для публикации свои «Математические начала натуральной философии», содержащие три закона движения и закон всемирного тяготения. Последний – возможно, самый знаменитый из всех законов природы – утверждает, что сила притяжения, действующая между двумя телами, пропорциональна массам этих тел и уменьшается как квадрат расстояния между ними.

В «Началах» Ньютон показал, что одни и те же универсальные принципы лежат в основе механизмов как мира горнего, так и окружающего нас несовершенного мира человеческого. Эта идея обозначила собой концептуальный и духовный разрыв с прошлым. Иногда говорят, что Ньютон объединил небеса и Землю. Вычислив при помощи горсти математических уравнений движения планет, он привел к общему знаменателю все предыдущие изобразительные описания Солнечной системы – и это означало переход от эры магии к тому, что стало современной физикой. Ньютонский подход обеспечил формирование генеральной парадигмы, в которую вписалось все последовавшее за этим развитие физики. Древнегреческую «физику» современные физики почти не воспринимают; в ньютоновской физике они чувствуют себя как дома.

Повсеместно упоминаемый пример торжества законов Ньютона – открытие планеты Нептун в 1846 году. И до этого астрономы замечали, что небесный путь Урана немного отклоняется от орбиты, предсказанной на основе ньютоновского закона тяготения. Француз Урбан Леверье, пытаясь объяснить это упрямое расхождение, сделал смелое предположение, что оно вызвано неизвестной планетой, гораздо более далекой, чем Уран, чье гравитационное притяжение слабо, но заметно влияет на траекторию Урана. Применяя законы Ньютона, Леверье сумел предсказать, где именно неизвестная планета должна находиться на небе, чтобы ее присутствие объяснило искажения орбиты Урана, – конечно, при условии, что законы Ньютона верны. И действительно, астрономы вскоре нашли Нептун в пределах одного градуса от точки, на которую указал Леверье. Это стало одним из самых замечательных моментов в истории науки XIX века. Говорили, что Леверье открыл новую планету «на кончике пера»!¹³

Поразительные успехи, подобные этому, достигались на протяжении нескольких столетий, подтверждая, что законы Ньютона представляют собой универсальные окончательные истины. Уже в XVIII веке французский математик Жозеф Луи Лагранж отметил, что Ньютону посчастливилось жить именно в тот уникальный момент человеческой истории, когда открыть законы Природы было возможно – ведь «устройство мира можно открыть лишь однажды». Сам Ньютон, впрочем, прилагал очень мало усилий, чтобы способствовать этому научному мифотворчеству: следуя традициям мистицизма, он видел в элегантной математической форме своих законов лишь проявление божьего промысла.

Именно такая математическая формулировка законов Природы и воплощает то, что сегодня физики понимают под словом «теория». Практическая ценность и прогностическая сила физических теорий в том, что они описывают реальный мир абстрактными математическими уравнениями, которыми мы можем манипулировать, чтобы предсказать реальные события, не прибегая к наблюдениям или экспериментам. И это работает! От открытия Нептуна до

¹³ Это высказывание приписывают Франсуа Араго.

регистрации гравитационных волн и предсказания новых элементарных частиц и античастиц – опять и опять решения основанных на законах физики математических уравнений пророчат новые и неожиданные природные явления, которые затем действительно наблюдаются. Находясь под глубоким впечатлением от этой предсказательной силы, нобелевский лауреат Поль Дирак, как известно, утверждал, что наиболее перспективный путь развития физики заключается в отыскании самых интересных и красивых математических решений. Математика, говорил он, «ведет тебя за руку к открытию новых физических теорий»¹⁴. Афоризм Дирака взяли на вооружение в своих поисках окончательной «единой теории всего» сегодняшние создатели теории струн – они то и дело поддаются древнему искушению принять математическое совершенство своих теоретических построений за гарантию их истинности. Многие пионеры теории струн отмечали, что теория, обладающая настолько прекрасной математической структурой, просто не может не иметь никакого отношения к Природе.

Однако на более глубоком уровне мы все-таки не очень понимаем, почему теоретическая физика работает так хорошо. Почему Природа следует хитроумной математической программе, действующей под ее наружной видимой поверхностью? Что в действительности означают законы Природы? И почему они принимают именно такую форму? В ответах на эти вопросы большинство физиков-теоретиков продолжают следовать Платону. Они склонны представлять законы физики как вечные математические истины, не просто порожденные нашим разумом, но существующие в абстрактной реальности, которая лежит за пределами физического мира. Например, законы тяготения или квантовой механики обычно рассматриваются как приближения к окончательной теории, которая существует где-то там, в области, которую еще предстоит открыть, а не только у нас в головах. Поэтому, хотя в современную научную эпоху физические законы возникали прежде всего как инструменты для описания отыскиваемых в Природе структур, они с тех самых пор, как Ньютон обнажил их математические корни, обрели собственную жизнь и сами сделались неким видом реальности, заменяющей физический мир.

Для французского ученого-энциклопедиста начала XX столетия Анри Пуанкаре принятие концепции безусловных в платоновом смысле законов было необходимым предварительным условием занятий наукой вообще.

Идея первичных законов Пуанкаре интересна и важна, но одновременно и загадочна. Как именно эти столь удаленные от реальной общественной жизни законы, существующие в своем платоновском мире, объединяются для управления реальной физической Вселенной и управления ею, не говоря уж об их великолепной приспособленности для жизни? Открытие Большого взрыва поставило этот вопрос ребром: он больше не мог рассматриваться как «просто философский». Если Большой взрыв и вправду породил время, то, похоже, надо признать правоту Пуанкаре – ведь если физические законы определяют, как возникла Вселенная, естественно было бы думать, что они должны, по крайней мере в некотором смысле, существовать вне времени. Интересно, что таким образом теория Большого взрыва вводит в сферу физики и космологии то, что раньше было предметом чисто метафизических соображений. Эта теория ставит под вопрос некоторые из наших философских предположений о природе физических законов.

В конечном счете идея, что законы физики каким-то образом выходят за пределы окружающего мира, оставляет вопрос о причине их необыкновенной приспособленности для жизни полностью таинственным. Физики, приверженные этой схеме, могут лишь надеяться, что могучий математический принцип, который станет ядром «окончательной теории всего», однажды объяснит эту загадочную биофильность. Современный платоновский ответ на загадку миро-

¹⁴ Эти слова Поля Дирака приведены в книге: Graham Farmelo, *The Strangest Man: The Hidden Life of Paul Dirac, Mystic of the Atom* (New York: Basic Books, 2009), 435.

здания, насколько он вообще возможен, заключается в математической необходимости: Вселенная такова, какова она есть, потому что у Природы нет выбора. Это почти что древняя аристотелева Конечная Причина в одежде современной теоретической физики. Больше того, даже оставляя в стороне тот факт, что «окончательная теория» остается несбыточной мечтой, надо признать, что даже если бы такой мощный математический принцип и был когда-нибудь найден, это вряд ли помогло бы понять, почему Вселенная оказалась настолько благосклонна к жизни. Никакая платоническая истина не смогла бы перекинуть мост через открытую на заре современной науки пропасть между миром неживого и миром живого. Нам пришлось бы заключить, что жизнь и разум – лишь счастливые совпадения, случившиеся в полностью безличной, совершенной математической реальности, и это мало продвинуло бы нас к пониманию причин такого совпадения.

Хотя опору на платоновскую идею высшего замысла в физике и космологии нельзя с порога назвать неверной, биологи, начиная с Дарвина, пришли к этой же идее по отношению к миру живого радикально иным путем.

В биологическом мире целенаправленные процессы и видимые признаки целенаправленного замысла проявляются повсеместно. Именно это, конечно, прежде всего и легло в основу телеологических взглядов Аристотеля на природу. Живые организмы устроены фантастически сложно. Даже в отдельной живой клетке содержится разнообразный набор молекулярных компонентов, прекрасным образом соединившихся для выполнения ее многочисленных функций. В организмах большего размера огромное количество клеток работают вместе как слаженный оркестр и образуют хитроумные целенаправленные структуры – к примеру, глаз или мозг. До Чарльза Дарвина люди не могли понять, как физические и химические процессы могли сами по себе создать системы такой ошеломляющей сложности – чтобы это объяснить, приходилось предполагать присутствие Создателя. В XVIII столетии английский священник Уильям Пейли уподоблял чудесную слаженность мира жизни работе часового механизма. Как и в часах, утверждал Пейли, в биологическом мире признаки замысла, конструкции слишком сильны, чтобы их можно было не замечать. «Творение должно иметь Творца»¹⁵. Однако дарвиновская теория эволюции, сломавшая старую парадигму, решительно устранила телеологическое мышление из биологии. Глубочайшая идея Дарвина заключалась в том, что биологическая эволюция – естественный процесс и что видимая гармония и целесообразность живых организмов могут объясняться действием простых механизмов случайных изменений и естественного отбора. Необходимость в привлечении Творца отпала.

На Галапагосских островах Дарвин обнаружил множество разновидностей вьюрков – мелких птичек, отличавшихся друг от друга размером и формой клювов. У вьюрков, живших в траве, были сильные клювы, удобные для щелканья орехов и дробления семян, тогда как у древесных вьюрков – заостренные острые клювы, хорошо приспособленные для вытаскивания насекомых из-под коры. Эти и другие данные, собранные Дарвином в путешествии, позволили ему предположить, что связанные между собой разновидности вьюрков эволюционировали со временем так, чтобы более эффективно использовать доступные ресурсы в их экологических нишах. В 1837 году, по свежим впечатлениям от своего плавания на Галапагосские острова на корабле «Бигль», Дарвин сделал в одной из своих красных записных книжек набросок дерева с хаотически расположенными ветвями. В этом наброске, напоминающем генеалогическое древо какого-нибудь древнего рода, отразилась суть глубокой и плодотворной теории ученого: все живое на Земле связано и произошло от единого общего предка – символизируемого стволом дерева – посредством постепенного и пошагового процесса селекции под влия-

¹⁵ William Paley, *Natural Theology; or, Evidences of the Existence and Attributes of the Deity, Collected from the Appearances of Nature* (London: Printed for R. Faulder, 1802).

нием окружающей среды, действующего на случайно мутирующие репликаторы (см. рис. 4 на вклейке).

Ключевая идея дарвинизма состоит в том, что Природа не «заглядывает вперед» – она не предвосхищает того, что может впоследствии понадобиться для выживания. Напротив, любые тренды, такие как изменение формы клюва или постепенный рост длины шеи у жирафов, вызваны давлением отбора под воздействием окружающей среды; оно, это давление, действует на протяжении длительных периодов времени, усиливая полезные свойства.

«Есть величие в воззрении, – напишет Дарвин более двадцати лет спустя, – по которому жизнь с ее различными проявлениями Творец первоначально вдохнул в одну или ограниченное число форм; и, между тем как наша планета продолжает вращаться согласно неизменным законам тяготения, из такого простого начала развилось и продолжает развиваться бесконечное число самых прекрасных и самых изумительных форм»¹⁶.

Дарвинизм опрокинул аргумент Пейли с часовщиком, продемонстрировав, что этим часам швейцарский часовщик не требуется. Учение Дарвина дало подробное эволюционное описание живого мира, согласно которому его видимая упорядоченность и законы, которым он подчиняется, понимаются как развивающиеся свойства естественных процессов, а не как результат сверхъестественного акта творения.

Однако, несмотря на их красоту и величие, биологические законы часто воспринимаются как чуть менее фундаментальные, чем законы физики. Возникающие структурные закономерности могут быть устойчивыми, но никому не приходит в голову считать их вечными. Более того, детерминизм и предсказуемость в биологии сыграли гораздо менее принципиальную роль. Ньютоновские законы движения детерминистские: они позволяют физикам предсказывать положения объектов на любой момент будущего по их положениям и скоростям на сегодняшний день (или на любой момент прошлого). В дарвиновской схеме случайность мутаций в живых системах означает, что почти ничего нельзя предопределить наперед – даже новые законы, которые однажды могут возникнуть. Недостаток детерминизма придает биологии сильный ретроактивный оттенок. Мы можем понять смысл биологической эволюции, только глядя на нее ретроспективно, обернувшись в прошлое. Теория Дарвина не входит в подробности реального эволюционного пути от самых ранних проявлений жизни до сегодняшней разнообразной и сложной биосферы. Она не предсказывает строения древа жизни, так как это не было – и не могло быть – ее целью. Гений Дарвина проявился в том, как он очертил основные организационные принципы эволюции. Заполнение исторической летописи жизни досталось на долю филогенетики и палеонтологии. Другими словами, дарвиновская теория эволюции констатирует, что жизнь есть совместный продукт неких закономерностей и конкретной истории. Ценность этой теории заключается в том, что она позволяет ученым ретроспективно конструировать древо жизни, исходя из наших сегодняшних наблюдений за биосферой и из гипотезы общего происхождения.

Яркий пример такого подхода дают нам дарвиновские вьюрки. Если бы Дарвину вздумалось провести логическую цепочку из прошлого в будущее и на основе знаний о химической среде добиологической Земли попытаться предсказать, какие появятся новые виды галапагосских вьюрков, он потерпел бы полное поражение. Существование вьюрков или любых других особей, населяющих нашу планету, не может быть выведено только на основе законов физики и химии – потому что каждое ветвление, происходящее в процессе биологической эволюции, включает в себя элемент случайности. Некоторым случайным исходам обстоятельства, складывающиеся в окружающей среде, благоприятствуют, и такие исходы «замораживаются», часто с драматическими последствиями. Такие «замороженные» случайности помогают определить характер последующей эволюции и могут даже принимать форму новых биологических зако-

¹⁶ Charles Darwin, *On the Origin of Species*, рукопись, 1859.

нов. Законы наследственности Менделя, например, связаны с исходом коллективных ветвлений при половом размножении организмов.

На рис. 5 я привожу современную версию филогенетического древа жизни, основанную на анализе последовательности рибосомной РНК. Диаграмма изображает три домена – бактерии, археи и эвкариоты – и их общего предка, лежащего в корне древа. Всё на древе жизни, начиная с молекулярной основы и заканчивая разновидностями выюрков, вобрало в себя сложную свертку миллиардов лет химического и биологического «экспериментирования». Это и делает биологию наукой преимущественно ретроспективной. Эволюционный биолог Стивен Джей Гулд выразился так: «Если мы перемотаем историю жизни к ее началу и проиграем эту пленку еще раз, все виды живых существ, строение организмов и фенотипы, которые образуются в результате эволюции, могут оказаться совершенно другими»¹⁷.

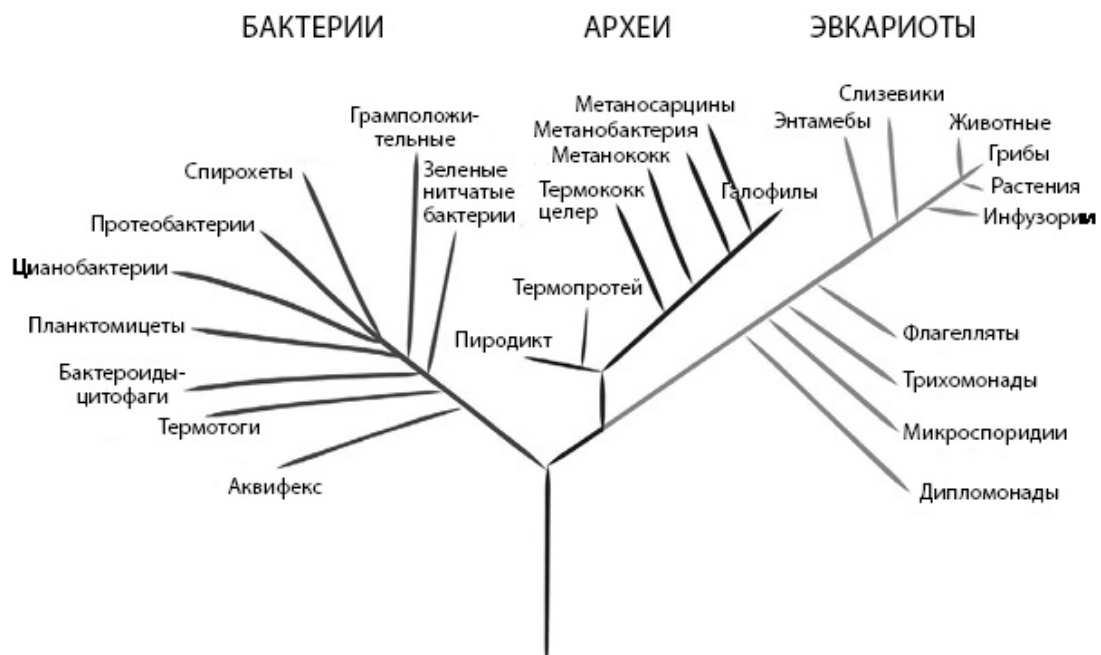


Рис. 5. Древо жизни, изображающее три биологических домена.

В основе древа – универсальный общий предок (Last Universal Common Ancestor – LUCA), последняя по времени популяция организмов, от которой произошли все существующие на Земле формы жизни.

Недостаток детерминизма, свойственный биологической эволюции, распространяется и на другие уровни истории, от абиогенеза до истории человечества. Подобно Дарвину, историки, объясняя случайные изгибы и повороты истории, проводят различие между описанием того, «как» что-либо произошло, и объяснением того, «почему» это произошло. Описывая «как», историки рассуждают ретроспективно, как и биологи – реконструируют ряды конкретных событий, которые ведут от некоторой исходной точки к данному исходу. Однако, объясняя «почему», мы должны думать как физики – пробиваться сквозь время, чтобы идентифицировать причинные, детерминистские связи, при помощи которых можно предсказать выбор одного конкретного исторического пути из всех остальных. Поверхностное прочтение истории часто грешит предложением причинного детерминистского объяснения тому, почему события произошли именно так, а не иначе. Но более тщательный анализ обычно выявляет хитроумное переплетение соперничающих сил и взаимодействий; они вместе с огромным числом сопут-

¹⁷ Stephen Jay Gould, *Wonderful Life: The Burgess Shale and the Nature of History* (New York: Norton, 1989).

ствующих случайностей и приводят к выбору пути, который часто очень далек от естественного, и уж конечно не был неизбежен. Это и заставляет нас описывать «как», а не «почему».

Из окна моего кабинета я вижу лес, расположенный несколькими милями южнее поля битвы при Ватерлоо. 17 июня 1815 года, накануне главного сражения, Наполеон Бонапарт приказал одному из своих генералов, Эмманюэлю де Груши, преследовать прусскую армию, чтобы не дать ей соединиться с союзными силами англичан, занимавших позиции дальше к северу. Исполняя приказание, Груши двинулся на северо-восток с изрядной частью французских войск, но пруссаков не нашел. На следующее утро он услышал – из леса, который я сейчас вижу, сидя за рабочим столом, – отдаленный грохот французских орудий и понял, что сражение началось. Несколько критических минут он колебался, размышляя, не следует ли ему нарушить приказ императора и повернуть обратно, на помощь своим. Но он решил – наперекор судьбе – продолжать двигаться туда, где по его представлениям находилась прусская армия. Решение, принятое Груши в тот момент, – типичный «замороженный случай»; он не просто повлиял на исход сражения, но и оказал воздействие на весь ход европейской истории.

Или возьмем другой пример: установление христианства в Римской империи в IV веке н. э. Когда император Константин вззошел на трон в 306 году, христианство было всего-навсего малопримечательной сектой, борющейся за влияние с дюжиной других провинциальных культов. Почему же именно христианство завоевало Римскую империю и стало мировой религией? Историк Юваль Харари в своей книге *Sapiens* утверждает, что причинного объяснения этому нет и что доминирующую роль христианства в Западной Европе лучше всего рассматривать как еще один «замороженный случай». Откликаясь на мысли Гулда, относящиеся к биологии, Харари пишет: «Если бы мы могли перематывать историю назад, как киноленту, и переиграть IV век раз сто, мы бы увидели, что христианство завоеует Римскую империю всего парутройку раз». Но этот «замороженный случай» имел далекоидущие последствия: монотеизм способствовал вере в Бога-творца, создателя рационального плана Вселенной. Поэтому неудивительно, что, когда двадцать веков спустя в христианской Европе наконец возникла современная наука, первые ученые воспринимали свои исследования как вид религиозных исканий, готовящих почву для решения загадки «плана мироздания» – загадки, которую мы все еще пытаемся разгадать.

ОБЪЯСНЯЯ «ПОЧЕМУ», МЫ ДОЛЖНЫ ДУМАТЬ КАК ФИЗИКИ – ПРОБИВАТЬСЯ СКВОЗЬ ВРЕМЯ, ЧТОБЫ ИДЕНТИФИЦИРОВАТЬ ПРИЧИННЫЕ, ДЕТЕРМИНИСТСКИЕ СВЯЗИ, ПРИ ПОМОЩИ КОТОРЫХ МОЖНО ПРЕДСКАЗАТЬ ВЫБОР ОДНОГО КОНКРЕТНОГО ИСТОРИЧЕСКОГО ПУТИ ИЗ ВСЕХ ОСТАЛЬНЫХ.

Вообще говоря, мириады путей, широко открывающихся с любой точки истории – как истории человечества, так и биологической или астрофизической эволюции, – говорят о том, что детерминистские объяснения работают только на очень грубом уровне. На любой стадии эволюции детерминизм и причинность формируют лишь наиболее общие структурные тренды и особенности, часто обусловленные законами, действующими на более низком уровне сложности. Полная неожиданность изгибов и поворотов истории человечества, например, до сих пор в основном разыгрывалась в пределах планеты Земля – не считая нескольких кратковременных контактов посредством космических аппаратов с другими телами Солнечной системы. Это неудивительно – и значит, вполне предсказуемо; ведь человечество существует в определенной физической и геологической среде. Но этот факт не скажет нам ничего об особенностях какой-либо конкретной исторической эпохи.

Подобным же образом порядок расположения химических элементов и структура Периодической таблицы Менделеева, в сущности, жестко определяются законами физики частиц

на более фундаментальном уровне. Но конкретные обилия этих элементов на Земле определяются бесчисленными случайностями геологического развития в том или ином месте.

На биологическом уровне вся жизнь на Земле основана на молекулах ДНК, а гены состоят из четырех нуклеотидов, обозначаемых А, С, G и Т. Конкретный состав «строительных кирпичиков» молекулы ДНК, вероятно, является случайным исходом абиогенеза на нашей планете. Но базовая способность к вычислениям, которой жизнь должна овладеть, чтобы поддерживать свое существование, лежит на более глубоком уровне. Исходя из еще более глубоких математических и физических принципов, она вполне может определять широкие структурные свойства молекулярного переносчика генетической информации. Это подтверждается теоретическими работами по конструированию самовоспроизводящихся автоматов, выполненными в 1948 году американским математиком венгерского происхождения Джоном фон Нейманом. За пять лет до открытия Уотсоном и Криком структуры ДНК фон Нейман идентифицировал критические вычислительные задачи, которые жизнь должна решить для обеспечения своего существования, и определил сложно устроенную структуру – по всей видимости, единственно возможную, – обладающую способностью самовоспроизводства. Очерченная им структура мгновенно распознается как ДНК.

Эволюция постоянно создает гигантскую цепь «замороженных случаев». Низкие уровни сложности задают среду существования более высоких уровней эволюции. Но при этом все равно остается столько места для неожиданных поворотов и скачков, что часто реализуются самые невероятные ответвления – и детерминизм терпит крах. Случайные исходы бесчисленных событий ветвления вносят в ход эволюции элемент принципиальной непредсказуемости. Они несут с собой огромное количество структурных и информационных изменений, не выводимых из законов более низкого уровня, и на более высоких уровнях эти изменения могут создавать – и часто создают – новые имеющие вид законов соответствия. Например, хотя сегодня ни один серьезный ученый не верит в существование в биологии особых «жизненных сил», не имеющих какого бы то ни было физико-химического происхождения, физика сама по себе все же не определяет действующие на Земле биологические законы.



Всего через восемнадцать дней после того, как 24 ноября 1859 года был опубликован капитальный труд «О происхождении видов», Чарльз Дарвин получил письмо от астронома сэра Джона Фредерика Уильяма Гершеля. Сын открывателя Урана выразил свой скептицизм по поводу произвольности дарвиновской картины эволюции – по его выражению, книга Дарвина провозглашает «закон тят-ляп (the law of higgledy-piggledy)»¹⁸. Но в этом-то и сила! Красота теории Дарвина в том, что она предлагает в качестве силы, которая управляет миром живого, синтез состоящих друг с другом сил случайных изменений и отбора под влиянием окружающей среды. Дарвин нащупал в биологии золотую середину между «почему» и «как», объединив в гармоничную схему причинные объяснения с индуктивной логикой. Он показал, что, несмотря на свою изначально историческую и случайную природу, биология может быть доказательной и плодотворной наукой, которая углубляет наше понимание мира живого.

Дарвинизм продолжил научную революцию. Он распространил ее на единственную область знаний, в которой телеологическая точка зрения казалась незыблемой, – на мир живого. Но мировоззрение, которое излучает дарвинизм, полярно противоположно тому, на котором основана фундаментальная физика. Это особенно ярко проявляется в их радикально противоположном подходе к загадке «мирового замысла». В то время как дарвинизм пред-

¹⁸ Это высказывание Чарльза Дарвина приводится в книге: Charles Henshaw Ward, Charles Darwin: The Man and His Warfare (Indianapolis: Bobbs-Merrill, 1927), 297.

лагает насквозь эволюционное понимание видимого строения мира живого, физика и космология для объяснения возможности перехода от неживого к живому обращаются в первую очередь к природе вневременных математических законов. Как специалисты в области наук о жизни, так и физики часто противопоставляют «тяп-ляп»-схему дарвиновской эволюции – жесткости и незыблемости законов физики. Считается, что на глубинном уровне физикой управляют не история и эволюция, но вневременная и вечная математическая красота. Грандиозное достижение Леметра – понимание того, что Вселенная расширяется, – конечно, внесло в космологию сильный эволюционный мотив. Но на более глубоком уровне, там, где дело касается «загадки замысла», оказывается, что схемы Леметра и Дарвина (на вклейке – рис. 3 и 4, соответственно) транслируют фундаментально различные мировоззрения. Эта глубочайшая концептуальная пропасть разделяла биологию и физику с самого начала научной революции.

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.