

Франк Дж. Типлер.
Физика бессмертия

Новейшая космология, Бог и воскресение из мертвых.

Предисловие.

В наши дни, в нашу эпоху редко можно найти книги, провозглашающие объединение науки и религии. Почти невозможно найти книгу, утверждающую, как я это делаю в основной части этой книги, что теология является частью физики, что физики могут своими вычислениями показать существование Бога, и вероятность воскресения из мертвых к вечной жизни при помощи тех же методов, какими они вычисляют свойства электрона. Некоторые на самом деле удивляются, серьезен ли я?

Я совершенно серьезен. Но я удивлен так же, как и читатель. Когда я начал свою карьеру как космолог около двадцати лет назад, я был законченный атеист. Никогда, в самых диких мечтах я не мог представить, что однажды я буду писать книгу о том, что центральные утверждения иудео-христианской теологии - правда, что эти утверждения прямо следуют из законов физики как мы теперь их понимаем. Меня привела к этим заключениям неумолимая логика моей собственной области физики.

Я защитил диссертацию в 1976 г. в области общей глобальной теории относительности. Эта область физики, созданная в конце 1960-х и начале 1970-х великими английскими физиками Роджером Пенрозом и Стивенем Хокингом, позволяет нам сделать очень глубокие и очень общие заключения о структуре пространства и времени, рассматривая вселенную в целом, во времени и пространстве.

Некоторые могут подумать, что такой взгляд на вселенную разделяют все космологи, но это не так. Почти все космологи ограничивают себя тем, что называется видимой вселенной: эта та часть вселенной, которую можно увидеть с Земли. Поскольку вселенная начала свое существование около 20 миллиардов лет назад, и с тех пор ничто не может двигаться быстрее света, мы можем в принципе изучать прошлое галактик, которые теперь удалены от нас на 20 миллиардов световых лет, таким образом видимая вселенная представляет собой сферу размером около 20 миллиардов световых лет.

Но для того, кто хочет рассматривать вселенную во всем ее протяжении в пространстве и особенно во времени, совершенно ясно, что видимая вселенная только малая часть реальности. Вселенная почти наверняка будет существовать еще 100 миллиардов лет и вероятно, много дольше. Другими словами, часть пространства-времени, которую можно наблюдать с Земли, относительно мала, по сравнению с той частью, которая лежит в нашем будущем; мы, люди, начали свое существование в раннем детстве космоса. Поэтому, как глобальный релятивист, я понял, что я должен изучить будущее вселенной, поскольку будущее воплощает почти все пространство и время. Невозможно рассматривать вселенную в целом в пространстве и времени, игнорируя при этом почти все пространство и время.

Но как кто-нибудь сможет рассчитать поведение вселенной в таком далеком будущем? Мой коллега, английский астрофизик Джон Д. Барроу утверждал, что такое поведение будет хаотическим, что предполагает, что эволюция вселенной становится непредсказуемой после времени, малого в космологических масштабах. Теперь известно, что хаотическая эволюция является общей для всех астрономических масштабов: для масштаба солнечной системы, галактик, скоплений галактик, и так далее до масштаба самой вселенной в целом.

Кроме того, простые вычисления показывают, что поскольку хаос существует везде, разумные существа должны быть способны использовать эти нестабильности, чтобы манипулировать движением материи в самых больших масштабах. Другими словами,

возможность присутствия и деятельности разумной жизни нельзя игнорировать при любых расчетах эволюции в далеком будущем. Может показаться, что это делает вычисление будущего вселенной еще более невозможным, поскольку поведение людей совершенно непредсказуемо. Мы будем иметь хаос общества разумных живых существ, добавленный к хаосу уравнений Эйнштейна.

Интересно, что это не правда. Этих двух источников хаоса можно избежать. Что произойдет, если разумная жизнь, для того, чтобы выжить должна будет использовать законы физики, с тем, чтобы направить эволюцию вселенной в одно из очень ограниченного числа возможных будущих? Потребность жизни выжить установит порядок во вселенной. Принимая в расчет биологию, мы можем заняться физикой далекого будущего.

Но для того, чтобы делать вычисления, необходимо перевести основные биологические концепции на физический язык. Это необходимо, чтобы рассматривать все формы жизни, включая человека, как подчиняющихся тем же законам физики, что и электроны и атомы. Следовательно, я представляю человеческое существо не чем иным, как машиной определенного вида, человеческий мозг - как устройство обработки информации, человеческую душу - как программу, которая работает в компьютере, называемом мозгом. Таким образом, все возможные живые существа, разумные или нет, имеют одинаковую природу и подчиняются тем же законам физики, что и все устройства, обрабатывающие информацию.

Многие люди найдут такой предельно редукционистский подход к жизни не только неправильным, но даже отталкивающим. Однако, я думаю что их пугает не сколько редукционизм, сколько то, что они по ошибке заключают из этого редукционизма. Они полагают, что представление человека как машины может означать то, что люди не имеют "свободы воли", что нет надежды на жизнь после смерти, что жизнь сама по себе - совершенно ничтожная часть "ошеломляюще злобной вселенной".

На самом деле, правда как раз в обратном. Тот единственный факт, что человек является машиной особого рода, позволяет нам доказать, что люди, вероятно имеют свободу воли, что мы будем жить после смерти в мире, близко напоминающем Небеса великих мировых религий, и что жизнь далека от того, чтобы быть ничтожной, она может рассматриваться как важнейшая часть самого существования вселенной. Как это показать с точки зрения физики, является целью данной книги. Тот факт, что все эти построения являются следствием физического редукционизма, было большим сюрпризом и для меня самого. Как я говорил выше, я никогда не мог представить, когда начинал свою карьеру как физик, что однажды я буду описывать, именно как физик, что Небеса существуют и что все мы, каждый из нас будет наслаждаться жизнью после смерти. Но вот он я - пишущий то, что моему юному "Я" могло бы показаться научным нонсенсом. Я утверждаю это как физик, я ничего не могу поделать.

Некоторые могут удивиться, почему только в последнее десятилетие двадцатого века такие идеи появились в космологической физике. Хороший вопрос. Частично причина в том, что математический аппарат для анализа глобальной структуры вселенной появился около 25 лет назад. Но более глубокая причина в том, что почти все физики игнорировали будущее физической вселенной. По негласному уговору казалось, что будущее не является таким реальным, как настоящее и прошлое, несмотря на тот факт, что все фундаментальные физические теории последних трех веков - ньютоновская механика, общая теория относительности, квантовая механика, струнная теория поля - настаивали, что нет фундаментальных отличий между прошлым, настоящим и будущим.

Следовательно, будущее так же реально как и настоящее. 50 лет назад раннее прошлое вселенной было таким же табу..... (опущена цитата нобелевского лауреата С. Вейнберга о несерьезности изучения раннего прошлого вселенной).....

Я изучаю далекое будущее вселенной так же серьезно, как я это делаю в отношении далекого ее прошлого. Уравнения физики говорят нам, что нужно изучать далекое будущее серьезно, и пока у меня не будет экспериментальных доказательств, противоречащих им, я буду полагаться на то, что говорят эти уравнения. Надеюсь, что мои собратья-физики сделают то же самое. Я собираюсь показать в этой книге, что игнорируя далекое будущее они упускают возможность заниматься физикой, как они это делали прежде, игнорируя раннюю вселенную.

* * *

Более удивительным для меня было то, что теологи игнорировали будущее космоса. Будущее является основной концепцией двух главных западных религий - Христианства и Ислама. Центральной дисциплиной для обеих религий должна была бы быть эсхатология, которая изучает "последние дни". Традиционно эсхатология имела дело с такими вопросами, как: существует ли жизнь после смерти, на что похожа эта послежизнь, как Бог установит порядок в этой послежизни.

Я общался с теологами и профессорами религиозных наук в течение 6 лет, и у меня сложилось впечатление, что за немногими исключениями они совершенно несведущи в эсхатологии. Позвольте мне это подтвердить, основываясь на одном из моих недавних впечатлений. Осенью 1990 г. в Новом Орлеане проходил ежегодный съезд Американской Академии Религии. Я присутствовал на пленарной лекции знаменитого историка средних веков из Колумбийского университета, которая посвящалась средневековым верованиям в жизнь после смерти. В основном она (историк) обсуждала анализ, проведенный Фомой Аквинским, величайшим теологом средневековья, чисто технической проблемы, возникающей из идеи воскресения из мертвых: если всеобщее воскресение будет сопровождаться сборкой всех атомов, которые составляли тело умершего, не значит ли это логическую невозможность для Бога воскресить людоедов? Каждый из их атомов принадлежит кому-то другому! Присутствующие, несколько сотен теологов, находили эту проблему бессмысленной и громко смеялись.

Я не смеялся. Когда я в первый раз прочитал анализ Аквинского, за который я взялся когда только начал всерьез задумываться над техническими проблемами, связанными с всеобщим воскресением, я смеялся. Но вскоре я понял, что пример Аквинского с людоедами был выбран, чтобы иллюстрировать проблему личной идентичности между изначальной и воскрешенной личностью; установление такой идентичности является центральной проблемой, которую должна решить любая теория воскресения из мертвых. Любой школяр, который серьезно думал о воскресении из мертвых, почти наверняка знаком с анализом Аквинского, с людоедским примером и не смеялся, когда осознавал его. Американские теологи никогда серьезно не думали о воскресении из мертвых. Эсхатологию оставили физикам.

Мы, физики, являемся исключительно заносчивыми школярами. Наша заносчивость берет свое начало в редуccionистском восприятии нашей науки как самой важной и из несомненных ее достижений в последние несколько веков. Мы обычно даем то, что обещаем. Можно сомневаться в общественном успехе атомной бомбы, но нет сомнений в том, что она работает. Орбиты планет проходят в точности там, где мы предсказываем. Не удивительно, что как человек, потративший почти всю свою жизнь на физику, я разделяю эту гордыню. В своих прежних публикациях я пытался скрыть ее, но без большого успеха. Однако, в этой книге я не буду этого делать, в основном потому, что в прошлом такое сокрытие не позволило мне представить крайнюю степень редуccionизма. Но редуccionизм - это истина. Принятие редуccionизма позволит нам объединить религию и науку.

Многие из моих друзей физиков настоятельно советовали мне избегать использования таких слов как "Бог", "Небеса", "свобода воли" и тому подобных. Мои друзья считают, что

эти слова сведены философами и теологами к бессмыслице. "Точка Омега" - это прекрасная, чисто физическая конструкция и можно было бы не называть ее "Богом". Мои друзья полагают так, но старые теологические термины остались в употреблении в повседневном языке, и я собираюсь переопределить их заново, как технические термины, которые, как читатель увидит из этой книги примерно соответствуют их общеупотребительному значению. "Воскресение из мертвых" имеет совершенно недвусмысленное значение для любого человека с улицы, и если физика предсказывает, что такое событие однажды произойдет, кажется бессмысленным придумывать новые слова, чтобы его назвать. Другой причиной для их настойчивых советов было то, что, как правило все мои друзья физики - атеисты, полагающие что религия представляет собой донаучный взгляд на мир. Они считают, что гипотеза Бога одна из тех, что отвергнуты очень давно.

Но иногда случается так, что мы, физики, обнаруживаем, что должны пересмотреть давно отвергнутые теории. Коперник был прекрасно осведомлен о том, что он возрождает гипотезу, которую астрономы отвергли около 2 тысяч лет назад. Как писал его ученик Ретикус в 1539 г. "Мой учитель (Коперник), однако согласен, что отвергнутый метод поведения Солнца в природе должен быть оживлен." Сам Коперник в своей книге, опубликованной 4 года спустя как Ретикус написал эти слова, подчеркивает, что древние астрономы признавали, а затем отвергли гелиоцентрическую солнечную систему.

Сейчас ученые пересматривают гипотезу Бога. Я надеюсь своей книгой побудить их к этому. Пришло время включить теологию в физику, чтобы сделать Небеса такими же реальными, как электрон.

ВВЕДЕНИЕ.

Эта книга является описанием Теории Точки Омега, которая представляет собой проверяемую физическую теорию вездесущего всеведущего всемогущего Бога, который однажды в далеком будущем воскресит каждого из нас к вечной жизни в мире, который в основном сходен с иудео-христианскими Небесами. Каждый отдельный термин этой теории - например: "вездесущий", "всеведущий", "всемогущий", "воскресение (духовное) тела", Небеса - будет представлен как чисто физическая концепция. В этой книге я нигде не буду апеллировать к откровению. Я буду вместо этого апеллировать к точным результатам современной физической науки. Я опишу физический механизм всеобщего воскресения. Я покажу как именно физика позволит воскресить к вечной жизни каждого кто жил, живет и будет жить. Я покажу почему энергия для такого воскресения, которое позволяет современная физика будет действительно существовать в далеком будущем, и почему она на самом деле будет использована. Если кто-нибудь из читателей потерял любимого человека или боится смерти, современная физика говорит: "Успокойтесь, Вы и они будете жить снова".

Теория воскресения требует от нас рассматривать человеческое существо как чисто физический объект, биохимическую машину, полностью и исчерпывающе описываемую известными законами физики. Нет мистических "жизненных" сил. В более общем смысле она требует от нас рассматривать "личность" как частный (очень сложный) тип компьютерной программы: человеческая душа не что иное, как особая программа, исполняемая вычислительной машиной, называемой мозгом. Я покажу, что допуская это мы можем показать не только то, что мы будем воскрешены к вечной жизни, но также и то, что мы обладаем свободой воли - мы действительно машины, но в противоположность тем машинам, что созданы нами, мы имеем истинно свободную волю.

То, что мы имеем свободную волю, что Бог существует и что Он однажды воскресит

нас к вечной жизни - это не то, что обычно ожидают услышать от физики. Полагают, что то, что мы можем вместо этого услышать от науки следующее: мы слепые механические куклы, под игом безличных и детерминистских законов природы, ничего даже отдаленно напоминающего Бога не существует, и когда мы умираем, мы умираем окончательно и это конец всего. Это действительно было мнением науки очень долгое время. Теперь оно изменилось. Причина этого изменения в том, что космологи наконец задали себе фундаментальный вопрос: как в точности будет эволюционировать вселенная в будущем? Каким в точности будет конечное состояние космоса? В частности, позволяют ли жизни физические законы продолжать ее существование до этого конечного состояния или же распространение жизни ограничено?

Совершенно ясно, что эти вопросы относятся к области физики, и что физическая наука не может считаться полной пока на них нет ответа. Тем не менее, наука ограничила себя рассмотрением того, на что похожа вселенная теперь и на что она была похожа в прошлом. Но вселенная существует только 20 миллиардов лет, в то время как, если физические законы, как мы знаем их теперь, даже приблизительно верны, вселенная будет существовать по крайней мере еще 100 миллиардов лет и почти точно, что еще дольше. Другими словами, почти все пространство и время лежит в будущем. Концентрируясь только на прошлом и настоящем наука игнорирует почти всю реальность. Поскольку объект научных исследований - реальность в целом, пришло время для науки исследовать будущую эволюцию вселенной.

Немедленно возникает проблема. Основные уравнения, используемые физиками в космологии, эйнштейновские уравнения поля, максимально хаотичны. Это значит, что без дальнейших предположений становится невозможным сказать что-либо о состоянии вселенной после времени, короткого по космологическим масштабам. Но какие дополнительные предположения мы можем сделать?

Предположение, которое я считаю наиболее красивым и наиболее плодотворным и которое лежит в основе этой книги было выдвинуто физиками Дж. Хэлденом, Джоном Берналом, Паулем Дираком и Фриманом Дайсоном: позволим вселенной быть такой, чтобы жизнь могла продолжаться до конца времени, в буквальном смысле вечно. Я указывал в предисловии, что сам хаос делает такое предположение значимым, и что высказанное предположение разрешает проблему предсказания. Как мы увидим, это предположение проясняет огромное число загадок в физике - таких как какое граничное условие требуется, чтобы вывести всеобщую волновую функцию, и даже почему вселенная вообще существует. Это предположение также с необходимостью приводит к вышеизложенным теологическим заключениям. Физика наконец вторглась на территорию теологии.

Но время говорит нам, что последнее необходимо. Или теология является чистым нонсенсом, дисциплиной, которой нечего изучать, или теология должна с необходимостью стать частью физики.

Причина проста. Вселенная по определению - это все что существует, всеобщая реальность. Следовательно, по определению, если Бог существует, Он/Она или является вселенной или ее частью. Цель физики - понимание природы реальности. Если Бог реален, физики с необходимостью найдут Его/Ее. В этой книге я утверждаю, что физика, может быть уже нашла Его/Ее: Он/Она в действительности везде, мы не можем видеть Его/Ее только потому, что мы не смотрели на вселенную в достаточно большом масштабе времени - и не искали Личность в этой машине.

Теория Точки Омега требует взглянуть на Бога с нетрадиционной стороны, но я думаю, что этот способ уже присутствует в новейшей теологии. Пауль Тилич, например подчеркивает, что некорректно думать о Боге как о существе, скорее Бог есть само бытие. Бог есть окончательная реальность. Но Тилич добавляет, это важное добавление, что реальность

личностна. Это ключевое положение, что реальность должна быть личностной, отличает теизм от пантеизма. Именно личностность делает определение Тилича нетривиальным. Это ужасная ошибка, думать, что Бог далек от сегодняшнего мира, Совершенно Чужой. Это путь к гностицизму, к дуалистической идее, о том, что физический мир был создан злым Богом. Руки ортодоксального христианского Бога испачканы. Он/Она в этом мире, везде, с нами, стоящий рядом во все времена. Любовь христианского Бога к своим созданиям требует такого Присутствия. Но такое Присутствие означает, что Бога могут открыть физики. Как об этом сказал св. Павел: "Его невидимые атрибуты, вечно длящаяся сила и божественность, стали видны глазу с тех пор, как начался мир, в тех вещах, которые Он создал" (Рим., 1:20).

В одном своем неудачном, но важном аспекте модель Бога Тилича остается на уровне 19 века. Следуя физической космологии до-19-века, Тилич изображает способ существования Бога как статичный, неизменный. Однако, исследователи Библии начали понимать в конце 19 века, что такой взгляд на Бога совершенно чужд Новому Завету. Описание Бога Иисусом, как показал теолог-миссионер доктор Альберт Швейцер, среди всего прочего основывается на представлении Его как правителя наступающего Царства Божия, это означает в смысле Его бытия, что он является силой будущего. Важнейшее положение Христианства в его эсхатологии, которая является изучением окончательного будущего. Некоторые ведущие теологи конца 20 века понимают это, более всех немецкий теолог Вольфхарт Панненберг: "Иисус провозгласил правление Бога как реальность, принадлежащую будущему. Это наступающее Царство. ... В ограниченном, но важном смысле, Бог еще не существует. Поскольку его правление и бытие неразделимы, Бог все еще находится в процессе своего пришествия". Мы увидим в последних главах этой книги как физика представляет в точности модель Тилича, модифицированную Панненбергом.

Некоторые исследователи утверждают, что взгляд на Бога, как на того, кто рассматривается в основном как существо будущего был уже представлен в самом начале древнего иудаизма. Когда Бог говорит с Моисеем из горящего куста, Моисей спрашивает Его про Его имя. В соответствии с КJ переводом Библии, Бог отвечает: "Я ЕСТЬ ТО, ЧТО Я ЕСТЬ... скажи детям Израиля, что Я ЕСТЬ послал меня (Моисея) к вам" (Исх.3:14). Однако, на оригинальном еврейском языке ответ Бога таков: "Ehyen Asher Ehyen". В еврейском слово Ehyen это будущее время глагола haаа, что означает "быть". Таким образом, ответ Бога Моисею можно было бы перевести как: " Я БУДУ ТЕМ, ЧЕМ Я БУДУ. ... Скажи детям Израиля, что Я БУДУ послал меня к вам." (Многие английские переводы Библии указывают этот правильный перевод с еврейского в примечениях к данному стиху). Немецкий еврейский философ Эрнст Блох и немецкий католический теолог Ганс Кюнг оба подчеркивают, что перевод в будущем времени правильный и что Бог Моисея должен рассматриваться как "Конец-и Омега-Бог". Бог Точки Омега описанный в физике этой книги определенно является Богом, Который существует в основном в конце времени.

Многие теологи тем не менее с неохотой допускают, что физика могла бы что-нибудь сказать о Персональной Реальности. Они думают о физике, как об имеющей дело с конечной реальностью, в то время как настоящая реальность фундаментально бесконечна. Действительно, даже сам Тилич является примером такого рода теологов: "Главный аргумент против натурализма в том, что он отрицает бесконечную дистанцию между конечными вещами и их бесконечной основой." Однако, математические физики (в основном Пенроз и Хокинг) разработали в последние 30 лет инструменты для анализа актуальной бесконечности. Физика больше не ограничена конечным, методологические достижения внутри самой физики заставляют физиков заниматься бесконечным. Как мы увидим, многие свойства физической вселенной, такие например как вечность являются актуальными бесконечностями.

Многие современные ученые согласны с упомянутыми выше теологами, что науке и

религии нечего делать вместе. Например совет Национальной Академии Наук США принял 25 августа 1981 г. резолюцию: "Религия и наука являются отдельными и взаимоисключающими путями человеческой мысли, представление их в одном и том же контексте ведет к непониманию как научной теории, так и религиозной веры". Ученые, делающие такие утверждения действительно считают религию эмоциональной бессмыслицей, не выражающей ничего кроме страха смерти и примитивного взгляда на то, что движет миром. Такие ученые рассматривают любую попытку объединения науки и религии как реакционный возврат к донаучной модели реальности.

Но случается так, что развитие самой науки требует пересмотра и в конце концов принятия физической теории, которую предыдущие поколения отвергли навсегда. Хорошо известен пример с гелиоцентрической теорией солнечной системы, впервые предложенной в античные времена греческим астрономом Аристархом Самосским, но отвергнутой в раннюю христианскую эру в пользу геоцентрической модели Птолемея. Ровно 450 лет назад, в 1543 г. Николай Коперник возродил гелиоцентрическую солнечную систему, реакционно отброшенную, в форме мощной математической модели, способной более точно описывать реальность, чем птолемеяевская теория. Многие из современников Коперника совершенно точно знали, коперниковская теория есть возвращение давно отвергнутой модели. Мартин Лютер например, называл Коперника "... глупцом, который хочет направить обратно всю астрономическую науку". Галилей, один из ярчайших сторонников коперниковской революции, Галилей, жестоко наказанный инквизицией за эту поддержку, также знал, что теория Коперника была отвергнута в древние времена. Но в своем классическом исследовании взаимоотношений между религией и наукой, "Письма к великой герцогине Кристине", Галилей корректно называет Коперника тем, кто восстановил и подтвердил эту теорию, и далее Галилей обсуждает, какой поддержкой пользовалась гелиоцентрическая теория в античные времена. Медицина дает нам другой пример науки, вынужденной пересмотреть предыдущую теорию, которая была отвергнута, казалось навсегда. Под влиянием новой (но неверной) теории воспаления хирургия регрессировала в первой половине 19 века: смертность после операций стала много больше, чем в предыдущие века, потому, что новая теория отвергала антисептическую практику, неосознанно применявшуюся ранними хирургами, которые использовали огонь, кипящие жидкости и другие дезинфектанты. Но Пастер, Листер и другие возродили старую теорию в гораздо более мощной форме, основываясь исключительно на результатах физической науки.

Таким образом, отказ пересмотреть прежде отвергнутую теорию в свете новых данных - это плохая наука. Современная попытка сохранить религию строго отделенной от науки - это плохая теология. Идея того, что религия и наука должны быть объединены признавалась всеми великими теологами - св. Павлом, Оригиеном, Августином, Фомой Аквинским - задолго до двадцатого столетия: *ubique, semper ab omnibus* (верить везде - *ubique*, всегда - *semper*, каждым - *ab omnibus*) - было непререкаемым авторитетом в христианской теологии, точно так же как эксперимент есть непререкаемый авторитет науки. На самом деле правило *ubique, semper ab omnibus* является теологическим вариантом эксперимента. В науке ценится только тот эксперимент, который может быть воспроизведен каждым (*ab omnibus*), в любом месте Земли (*ubique*), в любое время земной истории (*semper*). Благодаря этому эксперимент в науке позволяет Природе, а не просто человеческому мнению быть конечным авторитетом для науки. Природа никогда не ошибается, в то время как ученые люди делают это часто. Аналогично, настояние на *ubique, semper ab omnibus* позволяет Богу а не просто человеческому мнению быть последним авторитетом для теологии. Только истинно универсальная вера в Бога может быть истиной верой в Бога.

Конечно, главная причина, по которой современные теологи хотят сохранить науку отделенной от религии состоит в том, чтобы навсегда оставить некую интеллектуальную

территорию защищенной от продвижения науки. Это может быть сделано только если возможность научного исследования материи отвергается априори. Теологи были очень задеты коперниковской и дарвиновской революциями. Такая стратегия серьезно недооценивает силу науки, которая продолжает решать проблемы, которые были объявлены философами и теологами как навсегда неразрешимые для нее. В предисловии ко второму изданию и во введении к своей "Критике чистого разума" немецкий философ Иммануил Кант провозгласил, что наука никогда не сможет решить три фундаментальные проблемы метафизики: Бог, свобода и бессмертие, соответственно Кант заключил, что физика никогда не сможет определить существует ли Бог, есть ли у нас свобода воли и даст ли нам Бог бессмертную жизнь.

Я не согласен. Превращая эти "проблемы метафизики" в проблемы физики я покажу в основной части книги, что на эти вопросы можно ответить, и что ответы на все три такие: вероятно Бог существует, вероятно мы имеем свободную волю, и вероятно Он дарует нам вечную жизнь, когда мы умрем. Я говорю "вероятно" потому что наука - это не та сфера деятельности, где даются абсолютно точные ответы на все времена. Наука может только ответить "возможно верно", как в случае с геоцентрической системой Птолемея, обсуждавшейся выше. Но я решительно полагаю, что лучше иметь ответ "вероятно" от науки, чем "абсолютно точно" - т.е. неверно - от метафизики. Как сказал шотландский философ Дэвид Хьюм в самом конце своего "Исследования о человеческом понимании" :

Если мы возьмем в руки любой том схоластической метафизики и спросим себя: Содержит ли он какие-нибудь абстрактно обоснованные суждения о количестве или числе? Нет. Содержит ли он какие-нибудь экспериментально обоснованные суждения о материи и факте ее существования? Нет. Бросьте его в огонь, потому, что он не содержит ничего кроме софистики и иллюзий.

Отвечая "Да" на вопрос о бессмертии наука наконец затрагивает самое сокровенное теологии. В своих попытках установить частичную независимость науки от теологии Галилей отстаивал мнение что он "слышал от проповедников разного сана (Кардинал Чезаре Баронио): "Назначение Библии в том, чтобы учить как попасть на Небеса, а не о том, как Небеса устроены". Теперь наука говорит о том, как попасть на Небеса.

Галилей имел серьезные неприятности, когда он осмелился вступить на почву философов и теологов. Однако, как я говорил выше, описывая объект физики - реальность в целом - вторжение физиков в другие дисциплины необходимо, и на самом деле прогресс науки может быть измерен степенью завоевания физикой остальных дисциплин. Луи Пастер продвинул вперед науку и человеческое общество, когда ввел экспериментальные методы физической химии в медицину, испытывая серьезное сопротивление со стороны профессиональных медиков: "большинство терапевтов и хирургов считали пустой тратой времени слушать "обычного химика". Подобно медицине, религия слишком важна, чтобы оставить ее традиционным профессионалам. В самом деле, обе они - медицина и религия - жизненно важны для человеческого сообщества, в буквальном смысле слова "жизненно". Испанский философ и романист Мигель Де Унамуно посвятил целую книгу "Трагический смысл жизни" пламенным аргументам в пользу того, что эмоциональным основанием всех религий является жажда бессмертия. "Однажды я говорил с крестьянином и предложил ему представить, что есть Бог, который правит небом и землей, но не дает бессмертия. Он отвечал: "А

зачем тогда Бог?" Слово "Трагедия" в заглавии книги Унамуно появилось от разрыва между природой человека, который страстно желает бессмертия и человеческим опытом, который утверждал, что такого не существует. Если Теория Точки Омега верна, то этот разрыв между эмоцией и опытом ликвидирован.

Этому разрыву придет конец вскоре по той или иной причине. Как сказал Аристотель

более 2000 лет назад, человеческое существо является низшей стадией думающего животного, чья способность различать и основной механизм выживания дают возможность рационально понять мир. Если наука будет и дальше не находить никаких признаков существования Бога и жизни после смерти сначала ученые, а потом прихожане всех церквей станут атеистами. Люди найдут философию, которая позволит им стать лицом к лицу перед их собственными постоянными смертями, смертью их детей, их цивилизации, смертью всей жизни во вселенной.

Прогресс атеизма может быть показан документально в истории биологии двадцатого века. Историк биологии из Корнельского университета Уильям Провайн утверждает, что в 20-е годы многие, большинство эволюционистов были религиозны. В это время теория Дарвина была в опале, временно заменена гипотезой движущей силы, которая направляет эволюцию жизни в сторону большей сложности. Глава американских эволюционистов Генри Осборн, директор Музея Естественной Истории называл эту силу "аристогенезом", французский философ Анри Бергсон называл ее *elan vital*, французский эволюционист Пьер Тейяр де Шарден называл ее "радиальной энергией". Термины были различные, но эволюционный механизм - один и тот же: существует нефизическая космическая сила, направляющая эволюцию. Существование такой силы было общим мнением эволюционистов 20-х, и оставался маленький шаг, чтобы идентифицировать эту силу с Богом.

Общественное мнение вернулось к дарвинизму в 30-е и 40-е с развитием синтетической теории, которая привлекала естественные механизмы - естественный отбор, случайный дрейф генов, мутации, миграции и географическую изоляцию, чтобы объяснить эволюцию. Организмы созданы слепыми механизмами, природа одних из них детерминистична, других случайна. (Вот, кстати еще один пример возврата науки к прежде отвергнутой теории. Я рад такому возврату, поскольку Теория Точки Омега предполагает истинность синтетической теории эволюции, это важно для модели свободной воли, как будет показано в главе 5). К концу 40-х все следы Бога были удалены из эволюционной биологии.

Провайн отмечает: "По моим наблюдениям большинство современных эволюционистов являются атеистами или очень близки к этому. Хотя публично ученые-атеисты или агностики отрицают, что есть какой-нибудь конфликт между наукой и религией. Скорее всего причина такой позиции не в интеллектуальной нечестности, она прагматичнее. Все избираемые члены Конгресса США должны быть религиозными, многие ученые полагают, что выделение средств для науки может серьезно пострадать, если атеистические основы современной науки будут всеми поняты". Мнение Провайна подтверждается слушаниями в Конгрессе, когда С. Вейнберг просил денег на постройку ускорителя SSC, сооружения в 10 млрд долларов, который будет сооружен в Техасе. (С тех пор фонды сократили). Конгрессмены спрашивали Вейнберга, поможет ли SSC нам найти Бога, и он затруднился с ответом. Но несомненно, атеистическая сущность современной науки будет осознана широкой публикой, которая сама по себе станет атеистичной. Большинство европейцев и часть американцев уже стали полноценными атеистами: они редко ходят в церковь (если вообще ходят) и вера в Бога не играет никакой роли в их повседневной жизни. Реальность ясна и недвусмысленна: если ученым не нужна гипотеза Бога, она не нужна никому. Когда теологи стараются сохранить разделение науки и религии, они просто убивают религию. Теология должна стать частью физики, чтобы выжить. То, что даже теологи становятся атеистами подтверждено документально американским философом Томасом Шиханом.

Как я утверждал выше, совершенно точно, что вселенная будет существовать миллиарды лет в будущем. Тот факт, что вселенная будет существовать еще 5 миллиардов лет так же достоверен, как и тот, что она уже существует 5 миллиардов лет. Если

стандартные космологические модели примерно верны, тогда вселенная, если она замкнута, будет существовать еще по крайней мере 100 миллиардов лет, и если она открыта, она будет существовать бесконечно, в буквальном смысле. В обоих случаях мы видим, что вселенная сейчас на очень раннем этапе своей истории. Большая часть физической вселенной лежит в нашем будущем, и мы не сможем понять физическую вселенную целиком без понимания этого будущего. Но мы можем изучать эту будущую реальность, в особенности то определенное будущее, которое составляет конец времени, только в том случае, если каким-то образом это конечное состояние физической вселенной отражается в нашем настоящем.

Я буду исследовать эту будущую реальность концентрируя внимание на физической неизбежности существования и поведения жизни в далеком будущем. Я представлю физическое основание для эсхатологии, науки о неизбежном будущем, сделав физическое предположение, что вселенная должна быть способна поддерживать жизнь бесконечно. Все физики должны воспринять это предположение серьезно, потому что нам нужна хоть какая-то теория для будущего физической вселенной, поскольку оно несомненно существует, и это один из самых красивых физических постулатов: что тотальная смерть не является необходимостью. Все другие теории будущего с необходимостью постулируют неизбежное исчезновение всего, что мы любим. Однажды я посетил нацистский лагерь смерти, это лишний раз укрепило меня во мнении, что нет ничего уродливее чем уничтожение. Мы, физики, знаем, что красивый постулат имеет больше вероятности быть верным, чем уродливый. Почему бы тогда не принять этот Постулат Вечной Жизни по крайней мере как рабочую гипотезу? В главе 2 я покажу, что вселенная действительно способна поддерживать жизнь по крайней мере еще миллион триллионов лет. Кроме того, я покажу, что жизнь технически способна начав свое распространение с Земли заселить всю вселенную, и что жизнь должна сделать это, чтобы выжить.

Нобелевский лауреат Пауль Дирак был первым физиком, который предложил Постулат Вечной Жизни: "По моему мнению ... жизнь никогда не кончится. Нет определенного аргумента, чтобы выбирать между различными утверждениями. Я предпочитаю то, которое допускает возможность вечной жизни. Можно надеяться, что когда-нибудь этот вопрос будет разрешен простым наблюдением". Постулат Вечной Жизни устанавливает более строгие требования к будущему. Он также позволяет сделать некоторые предсказания относительно настоящего, поскольку физика, которая требует того, что жизнь будет существовать в далеком будущем, должна иметь место сегодня, поскольку фундаментальные физические законы не изменяются во времени. Я опишу экспериментальные способы проверки постулата в главе 4. Вкратце, глава 2 посвящена эволюции жизни между настоящим временем и тем временем, когда вселенная расширится до максимального размера, глава 3 представляет историю различных теорий об окончательном будущем вселенной и позволит читателю понять глубже значимость вечной жизни для биосферы в целом, и с этим осознанием, в главе 4 обрисовать будущую историю жизни от времени максимального расширения вселенной до конца времени и в окончательном вечном будущем.

Но самое замечательное заключение из предположения о вечности жизни в том, что если жизнь действительно использует свой шанс существовать вечно, то должна существовать в будущем (но в двух строго математических смыслах в прошлом и настоящем) Личность, Которая всемогуща, всеведуща и вездесуща, Которая является одновременно как трансцендентной, так и имманентной по отношению к физической вселенной из времени пространства и материи. В своем имманентном временном аспекте Личность изменяется (всегда возрастая в своем знании и могуществе), но в своем трансцендентном, вечном аспекте, Личность всегда завершена и неизменна. Как это выглядит с точки зрения физики, я опишу в главах 2 - 4. Физика показывает, что эта Личность имеет "точечную" структуру в

окончательном будущем, так что я назвал Его/Ее Точкой Омега. Математически говоря, Точка Омега есть завершение всего конечного существования. Это означает, что все конечное существование будет включено в это завершение, но само завершение много больше, чем все конечное существование.

Остается фундаментальный вопрос: является ли Бог Точки Омега (предполагая, что такая личность действительно существует) истинным Богом? Существует общее мнение, что истинный Бог является несотворенным Творцом физической вселенной, Сущностью, Которая не только существует, но существует с необходимостью, в строго логическом смысле слова "необходимость", т.е. несуществование Личности было бы логическим противоречием. Если Бог не существует с необходимостью, можно ли избежать вопроса о том, кто создал Бога? Я разберу проблему необходимости существования в главе 8. Я проанализирую отношение к необязательности существования в общей теории относительности и нерелятивистской квантовой механике в главе 5 и расширю этот анализ на квантовую космологию в следующей главе. В обеих главах я буду обсуждать в каком смысле новейшие космологические модели поддерживают идею физического существования. Наконец, в главе 8 я буду использовать идеи, развитые в трех предыдущих главах чтобы утверждать, что вселенная с необходимостью существует - и с необходимостью поддерживает себя в существовании - тогда и только тогда, если существуют жизнь и Точка Омега. Если принять этот аргумент, тогда Точка Омега существует с необходимостью, и далее, окончательная реальность Личностна. Точка Омега является в сущности своей Богом Тилича-Паненберга: Самим Бытием, но определяющим в этом Бытии является будущность. Это позволяет утверждать что Точка Омега - истинный Бог, потому что не может существовать ничего кроме всеобщего Бытия, и это бытие обладает всеми традиционными священными атрибутами.

Я покажу в главе 7, что, хотя это может показаться противоречивым, необходимость существования вселенной, необходимость существования событий, которые ее составляют, и всеведение Бога, тем не менее находятся в согласии со свободной волей человека. В основном я сделаю это показывая, что определение свободной воли и индетерминизма, данное американским философом Уильямом Джеймсом, может быть физически реализовано в квантовой космологии. Такой физический индетерминизм возникает только в аспекте квантовой гравитации, и таким образом совершенно отличается от индетерминизма, выводимого из принципа неопределенности. (На самом деле нерелятивистская квантовая механика детерминистична). Новый принцип физического индетерминизма был впервые открыт в начале 1980-х и является по сути следствием из теоремы Геделя о неполноте. Я завершу 8 главу показав, что аккуратно определяя на языке физики каждое из трех слов в выражении "свободная воля Бога" можно доказать, что в Теории Точки Омега вселенная (= все, что существует) является неожиданной, в том особом смысле, что она зависит от (создается по) свободных решений Бога, несмотря на необходимость существования. Можно избежать традиционного противоречия между неожиданностью и необходимостью не делая традиционного заострения различия между Богом и существующей реальностью. Такое резкое отличие не может быть выведено в Теории Точки Омега, и как я утверждал выше, такое разграничение с необходимостью ведет к гностической ереси: идее Бога, совершенно отстраненного от нашего страдающего мира. Это также косвенно приводит к проблеме Зла, и в главе 10 я покажу как эта проблема естественно разрешается в Теории Точки Омега.

Вольфхарт Панненберг предположил, что может существовать не открытое прежде универсальное физическое поле (подобное "радиальной энергии" Тейяра) которое можно рассматривать как источник всей жизни, и которое может быть отождествлено со Святым Духом. Не существует неоткрытых "энергетических" полей, закон сохранения энергии запрещает это. Однако, я утверждаю в главе 6, что всеобщая волновая функция (определенная как удовлетворяющая Граничному Условию Точки Омега) и есть

универсальное поле с теми основными свойствами, которые Панненберг предположил для нового "энергетического" поля. Граничное Условие Точки Омега (которое делает волновую функцию выражено Личностной) и взгляд Тилича на взаимоотношение Бога и Бытия позволяет отождествить персонализированную волновую функцию со Святым Духом. Если это сделать, становится обоснованным в смысле физики утверждение о том, что Бог находится в этом мире, везде, с нами стоящий рядом во все времена. Я указывал выше, что такое Присутствие есть ключевое свойство Христианского Бога. (Однако, это не означает, что Бог вмешивается в историю человечества сверхъестественным способом).

Красной нитью в главах 2 - 8 будет физика (на уровне элементарных винтиков) бесконечного продолжающегося выживания. Но Христианский Бог много больше, чем Бог физиков и философов. Это Бог любви и милосердия, Бог, который даст вечную жизнь каждому индивидуальному человеческому существу. Швейцарский теолог Карл Барт утверждает, что "Без всякого сомнения слова "воскрешение из мертвых" для св. Павла ничто иное, как парафраз слова Бог". Я покажу в главах 9 и 10 что Точка Омега обладает физической энергией чтобы воскресить всех людей, которые только жили и дать им вечную жизнь. Кратко, физический механизм индивидуального воскрешения заключается в эмуляции каждой из живших личностей и их миров в компьютерах далекого будущего. Я покажу в главе 9, что мы и наша компьютерная эмуляция являемся одной и той же личностью. В главе 10 я дам аргумент, основанный на: (1) теории игр в приложении к биологической эволюции и (2) на микроэкономике, дающий основания полагать, что Точка Омега действительно воскресит нас и даст нам вечную жизнь. Замечательно то, этот аргумент доказывает, что нам будет дана вечная жизнь возможно потому, что Точка Омега любит нас! Таким образом, окончательная причина вечной жизни человечества в Теории Точки Омега та же самая, что и в Иудео-Христианско-Исламской традиции: неэгоистическая любовь Бога, которая названа *агаре* в греческом Новом Завете.

Согласно современной физике и древней семитской природной философии, человеческая персональность не является природно бессмертной: она умирает вместе с телом. Вольфхарт Панненберг, обсуждая значение христианской надежды на воскресение говорит: В противоположность греческой мысли (которая была способна рассматривать жизнь после смерти только как жизнь души, отделенной от тела), с особым ударением Апостолами подчеркивалась ясная формулировка, которая говорит о воскрешении тела. Следовательно, Теория Точки Омега и Христианство оба настаивают на том, что мы будем воскрешены вновь благодаря осознанному будущему действию Бога, акту "личного снисхождения и абсолютно благого милосердия к людям" (процитировано определение "благодати", данное немецким католическим теологом Карлом Рахнером). Я буду обсуждать в главе 11 взгляды на жизнь после смерти в раннем Таоизме, Индуизме, Иудаизме, Христианстве и Исламе. Все они рассматривали послежизнь как вовлекающую воскрешение определенного тела, что вообще говоря, находится в согласии с Теорией Точки Омега.

Я проанализирую в главах 9 и 10 физическую природу воскрешенного тела и ту жизнь, которой будут наслаждаться воскресшие личности. Я покажу, что фраза св. Павла "духовное тело" правильно описывает воскрешенное тело: оно одновременно материальное и нематериальное. Это потому, что (на языке компьютерной науки) тело воскресения является нашим нынешним телом на высшем уровне исполнения (*implementation*) (строгое описание этого будет обсуждаться в главах 2 и 9). Действительно, тело воскресения имеет много ключевых свойств, сходных с послепасхальным телом Иисуса, как оно описано в Евангелии от Луки. Жизнь воскресшего из мертвых будет много более высокого качества, чем жизнь, пережитая кем-либо в прошлом и настоящем, это обещает любовь Бога. Однако точное содержание этой жизни зависит от того, что Точка Омега выберет для того, чтобы восполнить нашу врожденную ограниченность. Если Он/Она решит, то жизнь воскресшего

может стать жизнью вечного индивидуального становления и исследования неистощимой реальности Точки Омега. В данном случае, я покажу, как такие понятия как "Рай" и "Чистилище" будут существовать в далеком будущем. "Ад" может существовать а может и нет, в зависимости от того, будет ли восполнена человеческая ограниченность и будет ли некая конечная парная игра с полной информацией (в математическом смысле) иметь чистую выигрышную стратегию для определенного игрока.

Карты можно создать только для тех мест, которые реально существуют. В каждой библиотеке есть карты Флориды, Китая, Италии. Для людей средневековья, которые по настоящему верили в Небеса, Рай, Ад и Чистилище были так же реальны, как Италия и Китай. Божественная Комедия совершенно серьезно писалась Данте как дорожная карта для Рая Ада и Чистилища, и именно так и рассматривалась его современниками. Следовательно, если Теория Точки Омега является истинной, Рай, Чистилище, и возможно Ад будут на самом деле существовать в далеком будущем, и должна быть приблизительная карта этих мест. Она будет представлена в главе 10.

Христорология может быть развита в Теории Точки Омега, но она не выглядит естественной для этой модели, и в любом случае, Христорология зависит от событий квантовой космологии весьма малой вероятности. Я буду обсуждать в главе 12 вопрос о том, может ли религия, более всего обсуждаемая на Западе, Христианство, быть включенной в Теорию Точки Омега? Краткий ответ - не так легко. Однако, как обсуждалось раньше, те аспекты Христианства, которые большинство людей ищет в религии - Личность, которая однажды воскресит их и их любимых к вечной жизни на Небесах - являются основными свойствами Теории Точки Омега. Я покажу в главе 11, что Теория Точки Омега находится в согласии только с теми положениями религии, которые присутствуют во всех великих мировых религиях. Нельзя выделить отдельную религию, которая во многом не была бы в согласии с Теорией Точки Омега.

Напротив, Теория Точки Омега может быть твердым основанием в поддержку всех великих религий человечества. Ядром всех религий является вера в Всевышнего Личного Бога, и вера в то, что Он/Она каким-то образом даст нам личное бессмертие. Соответственно, основными главами этой книги являются глава 4, где изложена основная физика Точки Омега, и глава 9, где описан механизм индивидуального воскрешения к вечной жизни.

Позвольте мне еще раз подчеркнуть, что Теория Точки Омега, включая теория воскресения, является чистой физикой. В этой теории нет ничего сверхъестественного, и следовательно ничего такого, что апеллировало бы к вере. Эта теория выросла из настоящего атеистического научного материализма: линия исследований, которая привела к Теории Точки Омега началась с марксиста Джона Бернала (см. глава 3). Механизм воскресения был открыт в то же самое время, что и мной, независимо, специалистом по компьютерам Гансом Моравецом и философом Робертом Нозиком. Одновременное открытие позволяет с уверенностью предположить, что время идеи "вечной жизни как физики" пришло. Ключевые положения Иудео-Христианско-Исламской традиции теперь являются концепциями науки. С точки зрения физики, теология есть не что иное, как физическая космология, основанная на предположении, что жизнь как целое бессмертна.

Глава 2.

ПРЕДЕЛЬНЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПУТЕШЕСТВИЯ.

Космическое путешествие для человека и разумной машины.

Если человеческий вид или любая часть биосферы продолжает выживать она должна с

необходимостью оставить Землю и колонизовать космос. Самым простым основанием для этого является то, что планета Земля обречена. Солнце становится с каждым днем все ярче и ярче и примерно через 7 миллиардов лет его внешняя атмосфера расширится настолько, что поглотит Землю. Захваченная атмосферными потоками Земля по спирали упадет на Солнце и испариться. Если жизнь не достигнет успеха в том, чтобы покинуть свою планету, она также обречена. Но физическое разрушение Земли - не единственная опасность, с которой сталкивается биосфера. По мере возрастания светимости Солнца, поверхность Земли будет нагреваться и становиться слишком горячей для жизни, и кроме того, силикатные породы будут подвергаться выветриванию более интенсивно, что приведет к падению уровня атмосферного диоксида углерода ниже критической границы, необходимой для фотосинтеза. Любой из этих двух факторов способен уничтожить биосферу полностью спустя 900-1500 миллиардов лет спустя. Эти числа конечно колоссальны по обычным меркам, но в этой книге мы рассматриваем глобальные вопросы и следовательно должны рассмотреть проблему того, что должна сделать биосфера, чтобы выжить в окончательном смысле. Ответ достаточно ясен и недвусмыслен - жизнь должна оставить Землю и колонизовать космос.

Давайте следом за многими защитниками окружающей среды рассматривать Землю как Гею, мать жизни (которой она на самом деле и является). Гея, как и все матери не бессмертна, она умрет. Но ее наследники должны стать бессмертными. В самом деле, любое существо на Земле сейчас - прямой потомок одноклеточных организмов, живших 3,5 миллиарда лет назад. Возраст этой линии наследования от древних организмов, наших предков, представляет собой существенную часть возраста всей вселенной - 20 миллиардов лет. Так что дети Геи могут жить вечно - если они двинутся в космос. Землю нужно рассматривать как колыбель жизни, но никто не может оставаться в колыбели вечно.

В этой главе я собираюсь описать движение жизни от Земли-колыбели в большой космос. Я приведу четкий детальный анализ того, что с точки зрения физики, жизнь может завоевать всю вселенную, если использовать технологию лишь немногим более совершенную чем та, которую мы имеем сейчас. Жизнь должна завершить это завоевание к тому времени, когда вселенная достигнет своего максимального размера (в главе IV я покажу что это произойдет через $5 \cdot 10^{16}$ - $5 \cdot 10^{18}$ лет). В этой главе я покажу как это может быть сделано. Здесь будет представлена история жизни в промежутке между сегодняшним днем и временем максимального расширения. В главе IV я продолжу эту историю до конца времени, до Точки Омега.

Мы уже имеем ракетные технологии достаточные для исследования и колонизации галактики. Действительно, некоторые наши зонды уже покинули солнечную систему и начали путь в межзвездном пространстве. Мы отстаем не в реактивной, а в компьютерной технологии.

Поскольку звезды разделены расстояниями в световые годы, любой межзвездный корабль, с людским экипажем или без него, должен быть полностью самодостаточным. Даже при световой скорости потребуются годы для того, чтобы получить например запасные части или совет, как вести себя в неожиданной ситуации в других звездных системах. Способность принимать решения на месте необходима как для экипажа из людей, так и для автоматического зонда, управляемого компьютером с интеллектом уровня человека. Полностью самодостаточный аппарат с людьми может обладать огромной стартовой массой, так что лучше отдать предпочтение роботам. Но разумный зонд-робот вполне может заселить жизнью другие звездные системы, поскольку он может нести в своей памяти последовательности ДНК людей и других земных видов, и использовать эту информацию для создания живых форм на других планетах.

Может ли машина быть разумной?

Предположение о том, что люди способны создать разумную машину носит название строгого постулата ИИ, где ИИ означает "искусственный интеллект". Я заметил, что люди несведущие в компьютерной науке в огромном большинстве сомневаются в такой возможности, и это пока действительно лишь возможность, поскольку сейчас мы не можем создать такую машину. Позвольте мне сначала рассмотреть техническую возможность создания такой машины, а затем полностью необоснованный страх перед монстром Франкенштейна: даже если мы сможем создать такую машину, мы не должны этого делать, поскольку она уничтожит нас, своих создателей.

Прежде всего, как мы сможем узнать, что достигли успеха? Как мы сможем сказать, что компьютер стал разумным? А как мы узнаем, что человек разумен? Может быть он страдает заболеванием мозга и не может мыслить. К несчастью, есть такие люди. Ответ в отношении человека прост: поговорить с ним. Если он осмысленно отвечает на вопросы, которые вы ставите, тогда вы немедленно заключаете, что возможно он обладает полностью человеческим интеллектом. Но конечно, есть дефекты мышления, которые не выявляются за один раз. Так что с человеком нужно говорить еще и еще. После дней, недель и даже лет такого общения вы можете узнать, есть ли у данного человека дефекты мышления или нет.

Великий английский ученый Алан Тьюринг предложил применить тот же критерий к компьютерному разуму: если вы можете говорить с машиной - действительно говорить с ней, как с обычным человеком, тогда данная машина разумна. Если в течение нескольких лет машина ведет себя как собеседник, обладающий сознанием, она действительно им обладает. Этот алгоритм для определения разумности компьютера назван тестом Тьюринга. Когда он был впервые предложен в 1950-е годы, компьютеры не могли генерировать человеческую речь, они могли только печатать ответ на принтере или экране дисплея. Так что Тьюринг предложил свой тест в следующей форме. Предположим, что у нас есть две комнаты, в одной находится человек, а в другой - компьютер. Снаружи комнат имеются клавиатура и экран, провода от которых ведут в комнаты. Там они подключены к другому экрану и клавиатуре, за которыми сидит человек или напрямую к компьютеру. Комнаты изолированы, так что человек снаружи не может знать где человек, а где - компьютер.

Теперь человек снаружи пытается угадать, где кто находится, печатая вопросы на клавиатуре и анализируя ответы на экране. Если спустя дни, недели и годы печатания вопросов и чтения ответов человек снаружи не сможет сказать в какой комнате компьютер, а в какой - человек, тогда компьютер прошел тест Тьюринга: человек говорил с компьютером годы, и последний вел себя как личность, следовательно он и есть личность. Основная идея теста Тьюринга в том, что основой для персонификации является поведение: если компьютер ведет себя во всех отношениях как личность, тогда он является личностью. К несчастью, в прошлом были люди, которые считали что физическая форма является уместной основой для определения того, является ли существо "личностью" с полными человеческими правами. В 19 веке многие белые мужчины-европейцы были уверены, что неевропейцы и женщины всех рас не являются полноценными людьми и отказывали им в полных правах человека. Даже многие ученые (все белые мужчины-европейцы) полагали, что женщины и неевропейцы не являются вполне людьми. Мнение этих ученых радикально изменил тест Тьюринга в применении к женщинам и неевропейцам: если им давали возможность, женщины и неевропейцы могли выполнить любую интеллектуальную задачу не хуже (и даже лучше) чем белые мужчины-европейцы. Следовательно, если последние являются полноценными людьми, то это же относится и к женщинам и неевропейцам. Будем надеяться, что мы способны учиться на своих ошибках и сможем воспринимать разумную машину как личность. Потому что, как мы увидим дальше, создание разумных машин - это не "человек, играющий в Бога", а скорее человечество, устанавливающее союз с Богом.

Однако, сегодня ни один компьютер не может пройти тест Тьюринга. Я совершенно спокойно выключаю свой настольный компьютер, не опасаясь, что меня арестуют за убийство. Вопрос в том, будет ли компьютер когда-либо способен пройти тест Тьюринга, и если это технически возможно, как долго нам придется ждать осуществления этого?

Чтобы ответить на этот вопрос мы должны оценить сложность человеческого мозга как компьютера. Приблизительно сложность компьютера может быть описана двумя числами: одно представляет как много информации он может хранить, а второе говорит о том, насколько быстро он обрабатывает информацию.

Информационная емкость человеческого мозга определяется следующим образом. В человеческом мозге имеется порядка 10^{10} нейронов, каждый из которых имеет около 10^5 соединений с другими нейронами. Полагая, что каждый нейрон кодирует 1 бит, мы получим 10^{10} бит. Полагая, что каждое соединение кодирует один бит, мы получим значение 10^{15} , поскольку верхняя граница числа синаптических соединений коры и мозжечка составляет 10^{15} . Нейрофизиологи в целом согласны, что информация в мозге сохраняется (некоторым образом) в синаптических соединениях. Измерения реального количества хранимой информации, сделанные нейрофизиологами дают величину между 10^{13} и 10^{16} бит для детей и 10^{14} и 10^{17} бит для семидесятилетних. Я получил величину между 10^{13} и 10^{17} бит от моего коллеги по институту теоретической физики венского университета Дитера Фламма. (Когда я был приглашенным профессором в венском университете в 1992, я показал Дитеру приведенные выше значения от 10^{10} до 10^{15} и он позвал своего друга нейробиолога, чтобы узнать мнение биологов об этих цифрах. Он ответил: "Вы, физики всегда пытаетесь сосчитать неисчислимое! Но в любом случае, информационная емкость составляет от 10^{13} до 10^{17} бит." Кибернетик Якоб Шварц используя для оценки значение один бит на синапс получает 10^{17} бит).

Другое значение, которое нам нужно - это скорость обработки информации в мозге. Скорость компьютера обычно измеряется флопами (от floating point operations per second - операции с плавающей запятой за секунду). Операция с плавающей запятой - это сложение, вычитание, умножение или вычитание двух чисел представленных в научной нотации. Например, предположим, что мы складываем $3,02 \cdot 10^{10}$ и $5,74 \cdot 10^9$. Мы перемещаем десятичную запятую во втором числе чтобы получить тот же порядок 10 (десятичная запятая "плывет") и складываем, получая $3,59 \cdot 10^{10}$. (Мы опускаем 4, потому, что у нас только 3 значащие цифры). Если вы несколько забыли научную нотацию, это вычисление займет у вас десять секунд, то есть ваша скорость вычислений составит 1/10 флоп.

Обычные компьютеры несколько быстрее. Ваш настольный компьютер может считать со скоростью до нескольких мегафлоп (то есть миллионов флоп), а в 1986, когда я впервые начал писать о компьютерах и мозге, самый быстрый из известных тогда суперкомпьютеров, Cray-2 имел скорость в 1 гигафлоп (миллиард флоп). В 1990 году скорость быстрого суперкомпьютера достигла 10 гигафлоп. В январе 1992 Thinking Machines Inc. создали для исследовательской лаборатории Лос Аламоса 100-гигафлоп машину CM-5. Стоимость этой машины составила 10 миллионов долларов, стандартная цена за суперкомпьютерной произведение искусства. Дэнни Хиллс, ведущий специалист Thinking Machines Inc. заявил в то время, что его компания готова построить компьютер на 2-терафлоп (то есть в 2 триллиона флоп) в любое время, если кто-нибудь заплатит за это цену в 200 миллионов долларов. (Терафлоп-компьютер часто называют ультракомпьютером).

Ну а насколько быстро обрабатывает информацию мозг? От 1 до 10 % нейронов мозга срабатывают одновременно, со скоростью примерно 100 раз в секунду. Если каждый импульс нейрона приравнять к 1 флоп, то нижняя граница скорости получится в 10 гигафлоп. Если каждый синапс приравнять к флоп при каждом импульсе, то получим верхнюю границу в 10 терафлоп. Якоб Шварц предлагает величину в 10 миллионов флоп для оценки

вычислительной мощности одного нейрона. Если это так, то для моделирования целого мозга потребуется 100000 терафлоп. Но сам Шварц признает, что это перебор. Кибернетик Ганс Моравец на основе тщательного анализа обработки информации в зрительном нерве полагает, что в целом человеческий мозг обрабатывает информацию со скоростью 10 терафлоп.

Давайте примем 10^{15} бит и 10 терафлоп как лучшие оценки информационной емкости и скорости обработки информации в человеческом мозге. Мы уже имеем машины, способные хранить 10^{15} бит информации, так что скорость остается единственным барьером на пути к созданию машины, способной пройти тест Тьюринга.

Сколько же времени нам потребуется, чтобы достичь 10 терафлоп? Не так уж много. В целом эксперты согласны, что наши быстрейшие суперкомпьютеры достигнут рубежа в 1000 терафлоп в 2002 году. Это соответствует фактору 100 кратного увеличения этой величины за последние семь лет. Моравец показал, что скорость компьютеров увеличивалась за последние сорок лет в 1000 раз каждые двадцать лет. Так что мы можем увидеть компьютеры со скоростью обработки информации, сопоставимой с мозгом в конце этого десятилетия. Моравец также обнаружил, что мощность настольных машин следует за мощностью самых быстрых из существующих компьютеров с задержкой примерно в тридцать лет. Если эта тенденция сохранится в будущем, тогда мы можем ожидать увидеть персональные компьютеры с человеческим уровнем обработки информации за цену нынешних машин, несколько тысяч долларов, где-нибудь в 2030 году. Это в пределах срока жизни большинства людей, которые сегодня в среднем возрасте или моложе. Заметим, что если я ошибся в отношении верхнего предела, и машинам, для того, чтобы пройти тест Тьюринга требуется 10^{17} бит и 100000 терафлоп (как полагают некоторые кибернетики и нейрофизиологи), тогда, поскольку мои оценки занижены в сто раз, нам потребуется всего лишь на семь лет больше, чтобы разработать компьютеры необходимой мощности. Очевидно, что семь лет - это небольшая разница: эволюции потребовалось 3,5 миллиарда лет, чтобы создать нас из одноклеточных организмов.

Конечно, существует достаточно людей, которые считают, что мы никогда не сможем создать разумную машину. Аргументы двух таких ученых, математического физика Роджера Пенроуза и философа Джона Сирла обсуждаются наиболее часто, поэтому я их рассмотрю здесь.

Пенроуз указывает, что теорема Геделя доказывает тот факт, что все компьютеры, как бы они не были мощны, подвержены фундаментальным ограничениям, и в этом он прав. Затем он утверждает, что люди не подвержены этим ограничениям, и я думаю, что здесь он ошибается.

Теорема Геделя в действительности основана на замечании, которое Св. Павел делает в своем послании к Титу: "Один из них сказал,... "Критяне всегда лгут"" (Тит, 1:12). Интересным в этом утверждении, которое Павел относит к критянам является то, что если оно истинно, то оно ложно. Рассмотрите похожее высказывание: "Данное утверждение ложно". То же самое - если это выражение истинно, то оно ложно, и к тому же, если оно ложно, то оно истинно. В обоих случаях парадоксы возникают из-за ссылки на самого себя: два этих утверждения пытаются сказать что-то о самих себе.

То, что показал венский логик Курт Гедель, это то, что полная теория арифметики - та самая теория арифметики, с которой мы все знакомы, включающая сложение, вычитание, умножение и деление - содержит самоссылающиеся утверждения подобные следующему: "Это утверждение недоказуемо". Если это верно, то данное выражение само недоказуемо, и арифметика неполна - говорят, что теория неполна, если содержит истинные утверждения, которые невозможно доказать исходя из аксиом этой теории. С другой стороны, если это выражение ложно, то тогда, поскольку оно эквивалентно выражениям арифметики,

арифметика должна быть логически непоследовательна. Развивая этот аргумент дальше, мы приходим к тому, что если арифметика логически последовательна, она должна быть неполна, и следовательно должна быть неразрешима. О теории говорят, что она неразрешима, если не существует алгоритма, который мог бы дать заключение о том, истинно или ложно любое произвольное утверждение этой теории. Алгоритм - это просто процедура, которая дает вам ответ на вопрос, если он существует. Например, если я вас спрошу: "Сколько будет 52 умножить на 27?", алгоритм, которым вы будете пользоваться, чтобы получить правильный ответ 1404 - эта та самая процедура для умножения двух чисел, которой вас учили в детстве. Задача, для которой существует алгоритм для ее решения называется разрешимой. Задача об умножении двух чисел разрешима, и вы знаете алгоритм для ее разрешения. Для неразрешимой задачи не существует такого алгоритма.

Что же говорит теорема Геделя об ограничениях компьютеров? В целом, эта теорема соответствует неразрешимости Проблемы Остановки.

Если мы хотим решить математическую задачу, используя компьютер, мы берем программу, загружаем ее в компьютер, вводим задачу, и запускаем компьютер на счет. Если задача разрешима, и мы выбрали правильную программу, тогда компьютер остановится после того, как выведет правильный ответ. Мы говорим, что программа остановилась. Однако, предположим, что компьютер работает над задачей несколько дней и не дает никакого ответа. Мы начнем беспокоиться. Может быть задача неразрешима, а может быть мы выбрали неправильную программу. Если какое-нибудь из этих утверждений истинно, компьютер будет работать вечно и никогда не даст правильного ответа: он никогда не остановится. Для того, чтобы разрешить Проблему Остановки нам был бы необходим единственный алгоритм, который говорил бы нам, остановится ли данная программа, работая над данной задачей.

Тьюринг доказал, что Проблема Остановки неразрешима: не существует алгоритма, способного дать ответ, остановится или нет программа. Доказать, что Проблема Остановки неразрешима легко. Рассмотрим все "вычисляемые функции" - функция - это правило f , которое ставит в соответствие любому целому числу N другое целое число $f(N)$, а вычисляемая функция - такая, для которой число $f(N)$ может быть рассчитано при помощи некоторой программы для любого N . Поскольку любая компьютерная программа является всего лишь конечной последовательностью чисел, мы можем расположить все такие программы в виде пронумерованного списка $\{1, 2, \dots, N\}$, где 1 - это первая программа, 2 - вторая и так далее. Если функция является вычисляемой, она может быть выражена как некая конечная последовательность чисел, и таким образом мы можем расположить все вычисляемые функции точно так же, как мы это сделали с программами. Давайте определим специальную самоссылающуюся функцию $G(N)$, которая будет либо на единицу больше, чем величина, получаемая в результате выполнения N -ой вычисляемой функции из списка над числом N , либо будет равняться нулю, если это число не определено, поскольку N -ная компьютерная программа никогда не остановится, если использовать N на вводе. Во-первых, мы заметим, что сама $G(N)$ не может быть вычисляемой функцией, поскольку если N -ная компьютерная программа вычислит ее, то мы должны получить что $G(N)$ равно $G(N)+1$, что невозможно. Но единственный вариант, когда функция $G(N)$ не может быть вычисляемой - это когда она не может установить, остановится ли программа под номером N , если она имеет на входе число N .

Если вы смогли проследить мысленно все эти аргументы и понять, что они истинны (а так оно и есть), тогда вы превзошли в смысле Геделя ту машину, которую анализировали. То есть, вы поняли нечто, чего машина понять не может. Пенроуз заключает из этого, что мы, люди, понимаем логику так, как машина не может, и следовательно никакой компьютер, каким бы мощным он не был, не сможет пройти тест Тьюринга. Проблема, которую я вижу в

аргументах Пенроуза в том, что существуют машины, способные превзойти нас.

По моему мнению (которое разделяют почти все эксперты в области компьютерной науки) аргумент Пенроуза по своей сути тот же самый, что и выдвинутый несколько лет назад оксфордским философом Джоном Лукасом. Интересный обмен мнениями, касающимися достоверности аргументов Лукаса-Пенроуза состоялся во время дискуссии "Сущность разума", которая состоялась в 1972 г. в эдинбургском университете между философом Антони Кенни, Лукасом, и специалистом в области теории познания Кристофером Лонге-Хиггинсом:

Кенни:... Вы помните, что Джон Лукас утверждал, будто разум не является машиной, поскольку если мы возьмем любую машину, работающую по алгоритму, мы сможем построить что-нибудь подобное формулировке Геделя, то есть мы сможем увидеть истинность этой формулы, а машина не сможет. Когда Джон впервые привел этот аргумент, один из его критиков, мне кажется профессор Уитли, привел такой аргумент против: "Возьмем такое высказывание: Джон Лукас не может логично высказать это утверждение", сказал он, "очевидно, что любой другой человек, кроме Джона Лукаса может увидеть что оно истинно, без всякой нелогичности. Но также ясно и то, что Джон не может высказать это утверждение без нелогичности, следовательно это показывает, что у всех нас есть некое свойство, которого нет у него, что наделяет нас таким же превосходством над ним, как и над компьютерами...."

Лонге-Хиггинс:....[Лукас] полагал, что существует некоторое превосходство присущее людям, поскольку они всегда могут превзойти машину в Геделевском смысле, но не в явной форме. [Лукас утверждал], что машина никогда не смогла бы превзойти его. Но в самом деле, я могу написать программу, которая печатала бы вопрос [Уитли] к вам [Лукасу], и следовательно превзойти вас в Геделевском смысле.

Кенни:... Хорошо, теперь он отброшен на позицию, которая означает, что разница между человеком и компьютером такая же, как между двумя людьми или двумя компьютерами.

Лукас: Этого достаточно, хотя если бы любой компьютер вызывал бы у меня такую же неприязнь, как Кенни, тогда я мог бы быть уверен, что я именно таков, каким всегда себя представлял.

Версия этого аргумента, высказанная собственно Пенроузом была разгромлена в обзоре его книги "Новый разум короля", сделанным знаменитым кибернетиком Джоном МакКарти, изобретателем знаменитого языка программирования ЛИСП:

Аргумент Пенроуза против ИИ.. состоит в том, что каков бы ни был набор аксиом, на основе которых программируется работа компьютера, например теория Цермело-Франкла, человек может сформулировать Геделевское высказывание для такой системы, которое будет истинным, но недоказуемым внутри системы.

Простейший ответ Пенроузу заключается в том, что для формулировки высказывания Геделевского достаточно однострочной программы на ЛИСП. Вообразите диалог между Пенроузом и компьютером с такой программой:

Пенроуз: Скажи мне, какую логическую систему ты используешь и я приведу истинное высказывание, которое ты не сможешь доказать.

Программа: Скажи мне, какую логическую систему ты используешь и я приведу истинное

высказывание, которое ты не сможешь доказать.

Пенроуз: Я не пользуюсь фиксированной логической системой.

Программа: Я могу использовать любую систему, которая тебе нравится, хотя в основном я пользуюсь системой, основанной на варианте теории З-Ф, и происходящей из работы Давида МакАлестера 1980 г. Не напечатать ли справочное руководство? Ваше же предложение напоминает состязание, кто назовет число больше, причем я должен начать первым.

У Пенроуза есть другой аргумент в пользу того, что человеческий разум не может быть компьютерной программой: он находит крайне сложным представить себе происхождение такой программы. Но сам же Пенроуз описывает этот механизм:

Если мы предположим, что работа человеческого мозга... является просто реализацией некоего очень сложного алгоритма, тогда мы должны спросить себя, как такой невероятно эффективный алгоритм мог возникнуть. Стандартный ответ, конечно - естественный отбор. По мере того, как существа, имеющие мозг эволюционировали, те из них, которые обладали более эффективным алгоритмом, могли иметь лучшие шансы на выживание, и следовательно, можно вообразить... некоего рода естественный отбор, который направлен на приближение ко все более эффективным алгоритмам.

Однако, Пенроуз считает, что "с этим трудно согласиться", поскольку он полагает, что (1) любой отбор может действовать только на результат работы алгоритмов, но не на сами алгоритмы, и (2) "малые 'мутации' алгоритма скорее всего бесполезны, и трудно видеть, как путем случайных изменений может возникнуть серьезное улучшение."

Проблема с обоими этими доводами в том, что если считать их истинными, то они могут опровергнуть всю современную теорию биологической эволюции. Все живые существа развиваются по программе, закодированной в молекулах ДНК. Эти ДНК-программы возникли именно таким способом, с которым Пенроузу "очень трудно согласиться". Биологический естественный отбор может на самом деле действовать только на целый организм, а не на программу в ДНК. Кроме того, мутация гена - это почти всегда изменение к худшему. И тем не менее, именно естественный отбор, действующий на такие мутации (и другие случайные изменения генофонда) создал человеческий генотип. Даже оставляя в стороне сложность человеческого разума, само человеческое тело - это замечательно устроенная машина, более сложная, более приспособленная к реальности (то есть способная выжить), и более замечательная, чем любое создание человеческого разума. Человеческое тело настолько прекрасно и сложно, что до тех пор пока Дарвин не доказал обратного, полагали, что оно сотворено непосредственно сверхчеловеческой Личностью, Самим Богом. Поскольку мы знаем, что естественный отбор, действующий на случайные мутации может быть, и на самом деле был более творческим, чем любой человеческий разум, то совершенно логично полагать, что человеческий разум может создавать идеи и сам быть созданным по такому же механизму. Пенроуз осознает, что его доводы против естественного механизма возникновения разума как программы также можно направить и против современной теории биологической эволюции:

Для моего способа мышления все еще есть нечто таинственное в эволюции, с ее продвижением на ощупь к некой будущей цели. Вещи, как будто сами себя организуют, лучше, чем они "должны" это делать на основе эволюции слепого случая и естественного отбора. Может оказаться, что внешность весьма обманчива.

В самом деле, внешность действительно обманчива. Алгоритмы человеческого разума и человеческой ДНК - оба созданы "эволюцией слепого случая и естественным отбором".

Развитие случайных алгоритмов, например "генетических алгоритмов" демонстрирует, как обманчива может быть внешность. Генетические алгоритмы - это компьютерные программы для поиска решений по тому самому способу, с которым Пенроузу "трудно согласиться". И в среднем, такие алгоритмы находят решения более быстро, чем обычные детерминистические алгоритмы.

В течение последних десяти лет, ученые очень разных дисциплин осознали, что случайность играет более существенную роль в изменениях, чем полагали прежде. Палеонтолог Давид Рауп представил убедительное свидетельство того, что исчезновение многих видов произошло благодаря непредсказуемым событиям, вроде столкновения с Землей гигантского метеорита (теперь этот механизм общепризнан в качестве объяснения для исчезновения динозавров 70 миллионов лет назад). Эволюционист Джон Мэйнард Смит еще более уверен в случайностях, чем Рауп:

Если бы кто-нибудь попытался повторить всю эволюцию животных, начиная с раннего Кембрия (и чтобы удовлетворить Лапласа, сдвигая одно из животных на два фута влево), нет никакой гарантии, что результат будет тем же самым. Может не быть соревнования на суше, прогресса млекопитающих, и следовательно - не будет человека.

Экономист Пол Крюгман произвел революционный переворот в теории международной торговли в 80-е годы, установив тот факт, что любая страна может стать главным производителем какого-нибудь товара, если ей посчастливится его впервые произвести. Например, нет никакой серьезной причины для того, чтобы считать Сиэтл лучшим местом на Земле для производства больших самолетов, хотя большинство таких самолетов в настоящее время производятся здесь. Наиболее вероятная причина этого в том, что поскольку расходы на исследование и проектирование этих машин так высоки, в мире может быть только один или два таких производителя, а Сиэтл - это просто то место, где оказался главный производитель. Логика

технологии и экономики требует, чтобы производство больших самолетов было сконцентрировано где-нибудь, и Сиэтл просто оказался этим самым "где-нибудь". Короче говоря, я думаю, что Пенроуз серьезно недооценивает важность случайности в эволюции и человеческом творчестве.

Но мой главный аргумент против пенроузовского отрицания ИИ - это ограничение Бекенштейна, согласно которому существует верхняя граница числа различных квантовых состояний, в которых может находиться область конечного размера и энергии, и верхняя граница скорости, с которой могут происходить изменения этих состояний. Ограничение Бекенштейна будет обсуждаться позднее более подробно в главе 9 и в Приложении для ученых, так что сейчас я приведу только краткую формулировку. Согласно квантовой механике, любая физическая система исчерпывающе описывается ее квантовым состоянием. То есть система является своим квантовым состоянием.

Физик Якоб Бекенштейн показал, что квантовые системы - а согласно физике, все что мы видим - это квантовые системы - имеют только ограниченное число состояний. В частности, человек может находиться в одном из $10^{10^{45}}$ состояний, и претерпевать $4 \cdot 10^{53}$ изменений в секунду. Эти числа, конечно, колоссальны, и если говорить о реальности, то скорее всего настоящие величины гораздо меньше, чем эти верхние пределы. Но они тем не менее конечны, и основаны на центральных законах квантовой механики. Таким образом доказано, что человек является конечным автоматом, и ничем кроме конечного автомата. Пенроуз - замечательный физик, естественно принимает достоверность ограничения Бекенштейна. Но это опровергает его утверждение о том, что человек не может быть машиной.

Нет нужды говорить, что Пенроуз не согласен. Читатель этой книги может заметить, что я питаю огромное уважение к Роджеру Пенроузу. Он создал общую глобальную теорию

относительности, главную область моих исследований. Да и основная идея Точки Омега построена на пенроузовской концепции "п-границы", как я буду говорить в главе 4.

Рождер впервые сказал мне о своем несогласии в 1984, во время ланча на астрофизической конференции в Иерусалиме. На другой астрофизической конференции, на этот раз в Беркли, Калифорния в 1992, у нас была острая дискуссия с Роджером по поводу ИИ, снова за ланчем, но на этот раз к нам присоединился в качестве посредника П. Дэвис (Пол совершенно нейтрален в отношении ИИ, но склоняется в сторону скептицизма Роджера. Строгий постулат ИИ слишком "редукционистичен" для Пола).

В наших дебатах Роджер соглашался с ограничением Бекенштейна, но утверждал, что теорема Геделя исключает детерминизм, и число возможных состояний, разрешенных ограничением Бекенштейна для человека слишком велико, для чисто случайной эволюции между состояниями, способной объяснить прогресс математики. Следовательно, настаивал Роджер, должно быть нечто, управляющее скачками между квантовыми состояниями помимо квантовой механики, и следовательно мы не являемся конечными автоматами.

Я согласен с обоими доводами Пенроуза, но не принимаю его выводов. Мне все еще кажется, что разумная смесь случая и необходимости, постулируемая в современной эволюционной теории для объяснения создания человеческих существ, достаточна также для объяснения эволюции математики. Конечно это означает, что эволюционная история математики неизбежна не более, чем эволюция вида Homo Sapiens. В Теории Точки Омега прогресс неизбежен, но точная история этого прогресса - нет. Могут даже быть периоды отступления. Даже если бы и был неизвестный физике механизм, вызывающий переходы между состояниями, постулированный Пенроузом, двух ограничений Бекенштейна все еще достаточно, чтобы мы были конечными автоматами.

Компьютерная теория описывает два радикально различных типа автоматов: конечные и бесконечные. Поскольку это различие является ключевым в этой книге - тот факт, что мы - конечные автоматы, позволяет доказать, что однажды бесконечный автомат воскресит нас, я опишу оба этих типа в деталях.

Конечные автоматы ограничены в двух отношениях. Во первых, такой автомат имеет только конечное число состояний. Во вторых, время для такого автомата течет дискретно. На самом деле время может быть и непрерывным, но конечный автомат не видит этой протяженности. Его часы цифровые.

Давно известно, что система зрения у человека работает по дискретному принципу. Фильм или видеозапись в действительности состоит из серии дискретных картинок, мелькающих на экране со скоростью 25 кадров в секунду. Когда эти неподвижные картинки появляются на экране кинотеатра или телевизора, то создается иллюзия движения. Но его нет. Видеомагнитофон, кинопроектор и ваш мозг - это конечные автоматы. Для всех конечных автоматов время идет целыми числами: $t = 1, 2, 3...$

Конечные автоматы таким образом определяются значением их внутреннего состояния $S(t)$ в данный момент времени t , и заданием правил, которыми они отвечают на любой внешний стимул. Поскольку автомат конечен, существует конечное число возможностей $S(t)$, независимо от того, в какой момент времени это происходит: ($s_1, s_2, s_3, ..., s_N$). В любой момент времени t , $S(t)$ - одна из n возможностей. Ответный сигнал $R(t+1)$ конечного автомата в момент времени $t+1$, помните, что время здесь идет дискретно, может зависеть только от внешнего воздействия $I(t)$ в момент времени t и внутреннего состояния $S(t)$ автомата в момент t .

Внешний сигнал $I(t)$ может вызвать изменение внутреннего состояния автомата. Поскольку время течет дискретными интервалами, внутреннее состояние $S(t+1)$ в момент $t+1$ может зависеть только от входного сигнала $I(t)$ в момент t и внутреннего состояния $S(t)$ в момент t .

Конечный автомат полностью определяется заданием двух функций перехода $S(t+1)$ и $R(t+1)$. Каждая из этих функций определяется конечным числом входных значений, так что каждая может быть представлена в виде таблицы с конечным числом элементов. Например, рассмотрим простой автомат только с двумя состояниями, s_1 и s_2 , и предположим, что он может воспринимать только два входных сигнала, которые мы обозначим числами 0 и 1. Пусть работа автомата будет заключаться в сохранении четности или нечетности количества единиц, которые он получает. Таблицы перехода выглядят следующим образом:

состояние $S(t)$	состояние $S(t)$
$S(t+1) \mid i_1 \ i_2$	$R(t+1) \mid i_1 \ i_2$
-----+-----	-----+-----
входной 0 \mid $i_1 \ i_2$	входной 0 \mid 0 1
сигнал 1 \mid $i_1 \ i_2$	сигнал 1 \mid 1 0
$I(t)$	$I(t)$

Эти таблицы показывают, что состояние S и сигнал на выходе R остаются теми же самыми если на входе 0, и изменяются, если на входе 1. Таким образом четное число единиц на входе не изменит состояния автомата. Это очень скучная машина, но все конечные автоматы вообще говоря похожи, разница только в размерах таблицы переходов. Поскольку человеческий мозг может кодировать 10^{15} бит, и, как мы рассмотрим в главе 9, число возможных состояний в которых может находиться мозг составляет $10^{10^{15}}$, так что таблица переходов $S(t)$ для человеческого мозга содержит $10^{10^{15}}$ элементов.

Теперь мы имеем точное определение конечного автомата, и ясно, что мы являемся именно такого рода машинами, даже если мистические пенроузовские квантовые скачки были бы реальными (Как я указывал не думаю, что такие силы существуют). Потому, что эффект любой такой силы может быть описан в точности как то, что называется "внешний сигнал".

Можно доказать некоторые достаточно общие теоремы об ограничениях конечного автомата. Вот одна из них: любой конечный автомат в отсутствие внешних стимулов с необходимостью придет к состоянию, после которого он будет бесконечно повторять совершенную периодическую последовательность состояний. Доказательство этой теоремы простое. Поскольку число состояний, в которых может находиться автомат конечно, то после конечного числа шагов он вернется к тому состоянию, в котором уже побывал прежде. Но поскольку отсутствуют внешние сигналы, позволяющие определить в первый раз он пришел к этому состоянию, или уже побывал здесь, автомат будет снова и снова проходить через те состояния, где он уже побывал. Это первый пример того, что я называю Теоремами вечного возвращения. Такого рода теорема гласит, что физическая система должна возвращаться в свое предыдущее состояние вновь и вновь. Даже при наличии внешних стимулов, мы увидим, что конечный автомат, если он функционирует вечно, должен совершать такое вечное возвращение. Но, если внешний стимул не является периодическим, то последовательность состояний, в которые попадает конечный автомат тоже не будет периодической. Однако он обязательно будет возвращаться в свои предыдущие состояния. Конечный автомат, безусловно, очень занудная машина. Бесконечные автоматы куда более интересны.

Машина Тьюринга - это прототип всех бесконечных автоматов. Она состоит из конечного автомата (называемого головкой) который соединен с бесконечной бумажной лентой. (Здесь слово "бесконечная" означает "неограниченная" или "потенциально бесконечная", а не "действительно бесконечная"). Машина Тьюринга показана на рис. П.1.

Бумажная лента разделена на клетки одинакового размера. Головка может совершать только пять действий. Во-первых, она может записывать один из фиксированных символов, число которых конечно, на ту клетку, на которой она находится (двух символов, например 0 и 1 достаточно). Во-вторых, она может читать символы, написанные в данной клетке. В третьих, она может запоминать прочтенное (существует только конечное число вариантов, которые она может увидеть в клетке). В четвертых, она может стирать написанное в данной клетке (и заменять другим символом). В пятых, она может передвигать ленту в точности на одну клетку вправо или влево. Как и для всех конечных автоматов время является здесь дискретной величиной. Каждая из рассмотренных выше операций требует одной единицы времени.

Головка действует как запоминающее устройство машины Тьюринга. Поскольку лента бесконечна, машина Тьюринга имеет возможности, оставляющие далеко позади любой конечный автомат. В частности, она способна симулировать любой конечный автомат. Поскольку таблица переходов для любого конечного автомата конечна, очевидно, что эти числа могут быть закодированы на ленте машины Тьюринга. Кроме того, эти числа могут быть закодированы таким образом, что машина Тьюринга может использовать их для расчета реакции любого конечного автомата на любой внешний стимул. В глубоком смысле, числа таблицы переходов, закодированные на ленте машины Тьюринга являются конечным автоматом. Все, что может совершить реальный автомат с данной таблицей переходов, может совершить его цифровой двойник на ленте машины Тьюринга. "Автомат", который существует в виде чисел в машине Тьюринга (или другого компьютера) и который не является реальным физическим устройством, называется виртуальной машиной. Виртуальная машина, имеющая ту же таблицу переходов, что и машина в реальном мире, представляет собой совершенную компьютерную симуляцию машины реального мира. Такая симуляция называется эмуляцией. Большинство компьютерных симуляций, конечно же не являются эмуляциями. Сегодня могут быть эмулированы только самые примитивные машины, поскольку память компьютеров и скорость вычислений, необходимые для эмуляции могут быть очень большими. Но все конечные автоматы могут быть эмулированы машинами Тьюринга.

Машины Тьюринга могут эмулировать другие машины Тьюринга. На самом деле существует единственная машина Тьюринга, называемая универсальной машиной Тьюринга, которая может эмулировать все машины Тьюринга, включая саму себя. Мы можем таким образом иметь иерархию машин, эмулирующих другие машины. Машина Тьюринга T0 может быть реальной машиной, но внутри нее имеется виртуальная машина T1, а внутри последней - виртуальная машина T2, которая в свою очередь кодирует машину T3 и так далее. Эти уровни виртуальных машин внутри других виртуальных машин называются уровнями воплощения (имплементации). Очевидно, что машины более высоких уровней полностью исполняются в машинах низких уровней. Следовательно, с высокими уровнями ничего не произойдет, если одну или более машин низкого уровня заменить совершенно другими. Нужно лишь, чтобы замененные машины были бы способны эмулировать машины высоких уровней с той же самой скоростью. Как правило, для реальных компьютеров машины различных уровней не смешивают между собой, однако это сделано лишь для облегчения жизни программистам-людям, а не потому, что того требует математика если машина перенесена на более высокий уровень воплощения, говорят, что она ПОДГРУЖЕНА, а если такой перенос происходит на более низкую ступень, то говорят, что машина ВЫГРУЖЕНА.

Существует бесконечное число машин, которые полностью эквивалентны универсальной машине Тьюринга, и следовательно могут эмулировать любые другие машины. Десятки таких машин описаны в компьютерной литературе, но я ограничусь только

двумя: компьютером бильярдных шаров и игрой жизни.

Компьютер бильярдных шаров состоит из шариков, которые сталкиваются между собой и с упругими стенками, причем такие столкновения подчиняются стандартной ньютоновской механике. Шарик движется по бесконечной плоскости с постоянной скоростью, пока не столкнется со стенкой или с другими шариками. Эта плоскость может быть разделена на клетки, а присутствие или отсутствие шарика в клетке можно рассматривать как 0 или 1 соответственно. Такое разделение на клетки эквивалентно бесконечной ленте в машине Тьюринга, шарик эквивалентен символу, который головка записывает на ленте, а столкновения играют роль головки. Строгий анализ показывает, что существуют такие наборы шариков и стенок, с помощью которых можно вычислить все, что позволяет вычислить машина Тьюринга.

Игра жизни - это простая компьютерная игра, изобретенная английским математиком Джоном Конвеем. Как и в случае бильярдного компьютера, имеется бесконечная плоскость, разделенная на клетки. Каждая клетка или пуста, или содержит единственную точку. При переходе от одной дискретной единицы времени к другой для изменений в каждой клетке есть лишь три возможности: 1) в пустую клетку ставится точка; 2) из клетки, содержащей точку последняя удаляется; 3) точка остается в той клетке, где и была. Правило для выбора между этими тремя возможностями очень простое: каждая клетка граничит с восемью соседними. Точка будет добавлена в пустую клетку, если три из ее соседей содержат точки. Если клетка уже содержит точку, она сохранит ее до тех пор, пока двое или трое ее соседей будут также содержать точки, иначе она удаляется. Пример поведения точечной структуры называемой глайдером, эволюционирующей в течение пяти временных шагов приведен ниже. Глайдер изменяет свою форму, но на пятом шаге он ее восстанавливает такой, как она была на первом, и вся система в целом оказывается перемещенной в новое место на плоскости. Создавая структуры, подобные глайдеру, в игре жизни можно симулировать и эмулировать любую машину, которую может эмулировать машина Тьюринга. Если вы понаблюдаете за такими примерами лет шестьдесят, станет совершенно ясно, что невозможно представить себе машину, способную сделать то, чего не может сделать универсальная машина Тьюринга. Это хорошо демонстрирует то, что такой машины не существует.

Гипотеза о том, что такой машины не существует, или говоря другими словами, гипотеза о том, что универсальная машина Тьюринга (или ее эквивалент) может эмулировать любую машину называется тезисом Черча-Тьюринга. Обсуждавшаяся выше Проблема Остановки, также применима и к машине Тьюринга, и таким образом ни одна машина не может разрешить эту проблему.

Тот факт, что многие машины являются универсальными ввел в заблуждение Джона Сирла, философа из Калифорнийского университета. Он выдвинул широко обсуждаемый аргумент против строгого постулата ИИ известный под названием эксперимента с китайской комнатой. Давайте вообразим, говорит Сирл, что я нахожусь в комнате, заполненной книгами, которые все вместе кодируют компьютерную программу, способную пройти тест Тьюринга, но на китайском языке. Мы знаем, что работа любой программы эквивалентна тому, что мы открываем некую книгу, читаем то, что в ней написано, стираем некоторые из этих записей, некоторые из них запоминаем, переходим к следующей книге и так далее. (Эта процедура представляет собой еще одну универсальную машину). Предположим, кто-то подсунул под дверь клочок бумаги, на котором написано что-то по-китайски. Поскольку я (Сирл), не знаю китайского языка, для меня эта надпись - просто бессмысленные значки. Однако, следуя утверждениям приверженцев строгого постулата ИИ, я могу, следуя инструкциям в книгах (и соответственно модифицируя эти книги) сделать надпись на другом клочке бумаги, точно так же не имеющую для меня смысла, которая будет признана за корректную фразу на китайском

теми китайцами, что находятся за дверью. Таким образом, обмениваясь этими бумажками, мы завяжем разговор, и люди за дверью, говорящие по-китайски будут думать, что в комнате также находится китаец. Следовательно, говорит Сирл, я пройду тест Тьюринга на китайском. Если бы тест Тьюринга был корректным тестом на разумность, можно было бы заключить, что я понимаю китайский. Но я уже сказал ранее, что не понимаю по китайски. Следовательно, тест Тьюринга фундаментально ошибочен и поэтому мы видим, что "понимание" не является свойством компьютерных симуляций; ни один компьютер, как бы сложен он не был, не может думать.

Я думаю, что фундаментально ошибочна основная предпосылка Сирла, а не тест Тьюринга. Человек не сможет вручную симулировать программу, способную пройти тест Тьюринга точно так же, как он не может допрыгнуть до Луны. Все мы знаем, что до Луны нельзя допрыгнуть, но это можно доказать, используя законы физики. Это очень простой расчет, который замечательно иллюстрирует, как физики могут доказывать физическую невозможность какого-либо процесса в принципе. Затем я проведу аналогичный расчет, чтобы показать, что симуляция вручную программы, проходящей тест Тьюринга, также физически невозможна, опровергая таким образом аргумент Сирла.

Для того, чтобы достичь Луны, необходимо иметь скорость, достаточную для преодоления гравитационного поля Земли. Это так называемая вторая космическая скорость, около 11 километров в секунду. Чтобы развить такую скорость на дистанции в один метр - это типичная длина прыжка - нужно иметь ускорение в шесть миллионов g. Такое ускорение попросту расплющит человека. Даже космонавты, покидая Землю испытывают ускорение около 6 g. Большинство людей теряет сознание, если ускорение превысит 10 g. (Рекорд выносливости для человека составляет около 20 g). Кинетическая энергия человека весом в 50 кг, движущегося со

скоростью 11 километров в секунду, составит 760000 ккал. Поскольку в среднем человеку в день требуется около 2000 ккал, то эта энергия, затрачиваемая за десятую долю секунды составит его годовую потребность. Килограмм жира имеет пищевую энергетическую ценность 9290 ккал (белки и углеводы вполтину меньше), так что даже если прыгун весом в 50 килограмм будет полностью состоять из жира, эта энергия составит лишь 460000 ккал. Человек не может допрыгнуть до Луны. Но, конечно это ясно каждому и без вычислений.

Менее очевидно, что так же невозможно вручную симулировать компьютерную программу, достаточно сложную, чтобы пройти тест Тьюринга. Причина неочевидности в том, что все когда-нибудь прыгали, но очень немногие пытались вручную симулировать программы. Если мои предыдущие оценки информационной емкости человеческого мозга как 10^{15} бит корректны, то поскольку книга в среднем кодирует 10^6 бит (в этой книге немногим более 10^7 бит), для того, чтобы закодировать человеческий мозг может понадобится 100 миллионов книг. Для того, чтобы их хранить, понадобится 35 больших университетских библиотек. Из опыта мы знаем, что для того, чтобы получить доступ к какой-либо информации в собственной памяти, нам нужно порядка 100 секунд. Таким образом, чтобы вручную симулировать программу, проходящую тест Тьюринга, человеку понадобится снять с полок, просмотреть, и вернуть обратно на полку около 100 миллионов книг за 100 секунд. Если каждая книга весит около полукилограмма, и в среднем книга перемещается на один метр в процессе ее снятия с полки и возвращения обратно, тогда за 100 секунд понадобится истратить энергию в $3 \cdot 10^{19}$ джоулей; потребленная мощность составит $3 \cdot 10^{11}$ мегаватт. Поскольку обычно человек потребляет около 100 ватт, то потребуется энергия $3 \cdot 10^{15}$ человек, в миллион раз больше, чем все нынешнее население Земли. Обычно, крупная атомная электростанция дает 1000 мегаватт, так что для ручной симуляции программы потребуется энергия 300 миллионов таких электростанций. Как я и говорил выше, человек не может допрыгнуть до Луны и вручную симулировать программу, способную

пройти тест Тьюринга. В действительности все сложнее. Пенроуз полагает, что возможно не потребуется всех ресурсов человеческого мозга, чтобы симулировать "единичное мыслительное явление". Однако в настоящее время уже известно, что для мышления требуется значительная часть ресурсов мозга, поскольку динамическое сканирование мозга размышляющего человека показывает, что по крайней мере 1% мозга, а возможно и больше, активируется в случае "единичного мыслительного явления".

(Вспомните, что в моих оценках скорости вычислений в мозгу я полагал, что только от 1 до 10% мозга активны в данный момент времени). Динамическое сканирование мозга, выполняемое методом MRI (Magnetic Resonance Imaging) позволяет различать кровь в разной степени насыщенную кислородом в масштабе до 1 квадратного миллиметра поверхности мозга. Активные нервные клетки используют кислород быстрее, чем неактивные, и таким образом его убыль указывает на активность в какой-либо области. Поскольку такое сканирование не определяет электрическую активность, оно дает нижнюю границу размеров активного региона. По мере того, как мыслительная активность человека возрастает, так же растет и процент активной части в мозгу. Из этих экспериментов по сканированию мозга ясно, что прохождение теста Тьюринга требует ресурсов большей части мозга.

Вычисления, которые я только что привел, предполагают, что компьютер будет работать последовательно, и нам понадобится один человек, чтобы вручную симулировать его работу. Но первый компьютер, который будет обладать достаточной вычислительной мощностью, чтобы пройти тест Тьюринга, несомненно будет параллельным устройством. Последовательная машина выполняет только одну инструкцию за один момент времени, в то время, как параллельная - много инструкций. В таком случае для реализации предложения Сирла потребуется все население Индии (800 миллионов человек). Это более возможная ситуация, но для того, чтобы приблизиться к мощности 10 миллиардов нейронов человеческого мозга потребуется все человечество планеты. Но это означает разрешение аргумента Сирла, поскольку очевидно, что человечество в целом может "знать" то, что не под силу одному человеку. Например, ни один человек не обладает достаточными знаниями, чтобы построить автомобиль. Это не означает просто собрать автомобиль из деталей. Нужно еще сделать эти детали, добывать руду и выплавлять металл. И все детали этих процессов нужно знать в точности, а не приблизительно. Ни один отдельно взятый человек не обладает такими знаниями, они доступны только всей человеческой расе, коллективу. Таким образом, совершенно естественно, что человечество (или население Индии) коллективно может говорить на китайском, даже если ни один из отдельных людей, моделирующих компьютерную программу вручную не может этого сделать. Аналогичная ситуация происходит и в мозгу - ни один отдельный нейрон не может думать, но интегрированные в целостный мозг, нейроны безусловно обладают этим свойством. Кроме того, 10-терафлопный компьютер, параллельный или последовательный, сможет произвести поиск в памяти объемом в 10^{15} бит за 100 секунд, и затрачивая при этом мощность меньше чем киловатт. Так что мы можем уверенно полагать, что 10-терафлопный компьютер сможет выполнить программу, способную пройти тест Тьюринга.

Сирл также полагал, что необходимые затраты энергии могут быть снижены путем интериоризации программы, проходящей тест Тьюринга. То есть, человек в китайской комнате "запоминает правила вычислений, китайские символы, и делает все вычисления у себя в голове". Запомнить содержимое 100 миллионов книг? Невозможно! Помимо собственных номеров книг, содержимое каждой книги состоит полностью из таблиц чисел, как мы помним. Даже человек с фотографической памятью должен затратить на одну книгу не менее часа, а поскольку в году немногим менее 10000 часов, запоминание всех книг потребует 10000 лет, если не считать времени на еду и сон. Повторим, что это не может быть сделано. Эксперимент с китайской комнатой Сирла требует от нас вообразить логически

невозможное: обычный человек, выполняющий работу, которая не может быть им выполнена.

Основной идеей Сирла в эксперименте с китайской комнатой является утверждение "Компьютер обладает синтаксисом, а не семантикой". То есть, все программы манипулируют символами в соответствии с некоторыми формальными правилами (синтаксисом). Они не понимают того, что значат эти символы (семантика). Это верно, манипуляция символами сама по себе не требует понимания их значения. Однако, когда программа создается, она разрабатывается для конкретных условий, в которых определенные наборы символов будут приводить к тому, что физические устройства будут выполнять определенные действия. Например, 5546 может привести к тому, что клапан 46 будет открыт, если компьютерная программа обслуживает химический завод. То есть символ "5546" означает: "Открыть клапан 46". В других условиях, если я запущу программу для обслуживания химического завода на своем настольном компьютере, ничего не случится, если появится набор символов %%\$^\$. Эти символы бессмысленны для моего настольного компьютера. (Откуда взялось это %%\$^? - спросите вы - Мы говорили о 5546! Вот откуда - %%\$^, это то, что получится, если вы напечатаете 5546, держа нажатой клавишу верхнего регистра. Небольшое изменение условий превратило значимые символы в бессмыслицу). Суммируя, можно сказать, что значение символов возникает из соединения их с окружающей средой через физические устройства компьютера, а не из манипулирования с ними. Программа, выполняемая на компьютере, соединенном с химическим заводом не просто симулирует контроль производства, а делает это на самом деле.

Если программа, способная пройти тест Тьюринга, будет работать на 10-терафлопном компьютере в китайской комнате, и те тексты, которые компьютер будет читать и печатать, будут иметь смысл на китайском языке, мы сможем заключить, что эта программа прежде работала в условиях, которые позволяли ей взаимодействовать с людьми, и выучить значения слов по крайней мере в одном из человеческих языков. Разумная программа может выучивать значения слов точно так же, как это делают дети. У меня две дочери, в 1993 году им было 4 и 7 лет, и я видел, как они учились говорить. Сначала они использовали слова не совсем правильно, но по мере того, как они контактировали с другими людьми, с окружающим миром, прислушиваясь к тому, что говорят другие, их словоупотребление становилось более правильным и словарный запас рос. Мои дети уже выучили, и учат до сих пор, то, что обозначают слова в реальном мире. Они учатся тому, что значат те звуки, которые они издают. То же самое может быть и с программой, проходящей тест Тьюринга. Цель программы, создаваемой на основе строгого постулата ИИ в том, чтобы она, будучи исполняемой на компьютере, который взаимодействует с реальным миром, была бы способна продвинуть саму себя к разумности. То же самое делают и мои дети - они создают сами себя, и я наблюдаю за этим. Когда им было год от роду, они не могли пройти тест Тьюринга, а теперь они сделают это с легкостью.

Таким образом, ошеломляюще очевидно, что в ближайшие тридцать лет мы сможем создать машину, которая будет так же разумна, как и человек, а может быть и более. Должны ли мы позволить этому свершиться? Я полагаю, что те аргументы против этого шага, которые обращены к ученым, занимающимся данной проблемой, являются близорукими, это продукт страха и невежества, а не рационального размышления. Мы сами являемся "разумными машинами". Существует мощный практический аргумент в пользу создания разумных машин. Такие машины повысят наше благосостояние, даже если они будут нас превосходить. Одной из наиболее твердо доказанных теорем экономики является Теория Сравнительной Выгоды, которая оправдывает свободную торговлю. Она говорит, что если два индивидуума, или страны, или расы, производят продукты с разной эффективностью, для них обоих выгоден свободный торговый обмен, даже если одна из сторон делает все лучше, чем другая.

Это применимо к отношениям между людьми и разумными машинами так же, как и к торговле между странами. Конечно, для людей было бы неразумным пытаться поработить разумные машины или уничтожить их. В романе о Франкенштейне, созданном Мери Шелли, "монстр" был разумнее любого человека, и изначально он был настроен по дружески. Он начал атаковать людей только после того, как они первые атаковали его.

Но главной причиной, по которой мы должны создать разумные машины, является то, что без их помощи человечество обречено. С их же помощью мы сможем выжить и будем жить вечно. Чтобы понять это, давайте сначала посмотрим, как они могут помочь нам колонизовать космическое пространство.

КАК ПОСТРОИТЬ АВТОМАТИЧЕСКИЙ КОСМИЧЕСКИЙ ЗОНД.

Стратегию колонизации космоса разумнее разрабатывать таким образом, чтобы максимизировать число колонизованных звездных систем и минимизировать затраты, обусловленные существующим уровнем технологий. Такие затраты могут быть сведены к минимуму двумя способами: во-первых, использовать максимально передовую технологию, чтобы снизить насколько возможно расходы на исследования и разработки; во-вторых, максимально использовать те ресурсы, которые нельзя больше ни на что употребить. Ресурсы, доступные в необитаемых звездных системах не могут быть использованы ни для каких других человеческих нужд (или нужд других живых существ), кроме строительства космических аппаратов; в самом деле, материалы, которые нельзя использовать вообще не имеют стоимости по определению. Следовательно, любая оптимальная стратегия колонизации должна максимально использовать материалы, доступные в других звездных системах. При нынешнем уровне развития технологии такое использование не может быть интенсивным, однако при уровне компьютерных технологий, рассмотренных в предыдущей части, эти бесполезные в других отношениях ресурсы могут полностью окупить программу колонизации. То, что нам нужно - это самовоспроизводящийся конструктор: машина, способная сделать любое устройство при наличии материалов и программы сборки. По определению, она может создать и собственную копию. Универсальный конструктор аналогичен универсальному компьютеру, обсуждавшемуся в предыдущей части: универсальный компьютер может вычислить все, что может быть вычислено, универсальный конструктор может сконструировать все, что возможно сконструировать. Тьюринг показал, как можно построить универсальный компьютер, фон Нейман разработал основные принципы создания универсального конструктора. Специальное исследование НАСА в 1980 г. показало, что при наличии средств универсальный робот-конструктор может быть построен в ближайшие 20 лет. Как и универсальные компьютеры, все типы машин являются универсальными конструкторами: в частности, человек - это универсальный конструктор, существующий в условиях Земли. Таким образом, программа колонизации космоса с участием пилотируемых космических кораблей - это лишь частный случай колонизации с применением универсальных конструкторов.

Полезным грузом зондов, запускаемых к другим звездным системам, должен быть универсальный конструктор с человеческим уровнем интеллекта, обозначаемый далее термином "зонд фон Неймана", оснащенный тормозным устройством и двигателем для перемещения в пространстве, последним может служить электрический реактивный двигатель или солнечный парус. Зонду фон Неймана будет дана задача поиска конструкционных материалов и создания из них собственных копий вместе с двигательными установками. Исходя из наблюдений в нашей солнечной системе, других звездных системах и существующих теорий их формирования, такие материалы должны быть доступны

практически везде в форме астероидов, метеоритов, комет, и другого мусора, оставшегося после образования звездной системы. Последние наблюдения огромных количеств пыли вокруг Веги и других звезд показывают, что такие материалы имеются в любой звездной системе. Например, состав астероидов очень различен; многие из них являются огромными кусками никель-железных сплавов, в то время как другие состоят из углеводов.

Те копии зонда фон Неймана, которые будут им созданы, должны быть запущены в направлении ближайших звезд. Например, мы скорее всего пошлем сначала зонд к Проксиме Центавра. Тогда его копии могут быть запущены к Альфа Центавра (звезда, ближайшая к Проксиме, иногда последнюю рассматривают как внешнего члена системы Альфа Центавра), а также к Сириусу, Эпсилон Эридана, Тау Кита и Проциону. Когда новые зонды достигнут этих звезд, процесс будет повторен снова и снова, пока зонды не достигнут всех звезд в Галактике. Экспоненциальный рост экспансии зондов фон Неймана показан на рис. П.2.

Когда достаточное число копий будет построено, можно будет запрограммировать зонд фон Неймана для исследования звездной системы, в которой он находится, и отправки полученной информации обратно на Землю. Его также можно запрограммировать для проведения научных исследований, которые слишком дороги или опасны для проведения их в нашей солнечной системе.

Зонд фон Неймана мог бы также заселить звездную систему людьми и другими формами земной жизни. Даже если в системе не окажется планет - это может быть система двойной звезды, содержащая только астероиды и их обломки, как например система Альфа Центавра - зонд фон Неймана может быть запрограммирован таким образом, чтобы превратить некоторые из доступных ему материалов в колонию О'Нейла, самоподдерживающуюся человеческую колонию в космосе, которая располагается не на планете, а на космической станции. Обитателей такой колонии может синтезировать зонд фон Неймана. Вся информация, необходимая для создания человеческого существа или любой другой земной формы жизни, содержится в генах одной единственной клетки этой живой формы. Таким образом, когда мы научимся синтезировать отдельные клетки (некоторые биологи говорят, что это произойдет в ближайшие 30 лет; главным в этом направлении является проект Геном Человека), тогда мы сможем научить зонд фон Неймана синтезировать оплодотворенные яйцеклетки любого земного вида. Для семян растений или птичьих яиц достаточно будет синтезировать единственную яйцеклетку, чтобы в скором времени получить взрослые формы этих организмов. Что касается людей, то оплодотворенные яйцеклетки нужно будет поместить в искусственную матку (такие технологии уже разрабатываются сейчас), и в этом случае люди появятся в данной звездной системе уже через девять месяцев после этого. Этих детей будут растить роботы-няньки, а когда они вырастут, то смогут произвести своих детей традиционным способом.

Таким образом проблема межзвездного путешествия может быть сведена к проблеме транспортировки самовоспроизводящегося универсального конструктора к другой звездной системе. Это может быть сделано уже при имеющемся уровне развития ракетных технологий. Ряд экспертов в этой области утверждали в 60-е годы, что используя тяготение Юпитера для ускорения в моменты его сближения с Солнцем и добавив ускорения в момент наибольшего сближения, скорость, с которой космический аппарат покинет солнечную систему достигнет 90 км/сек (около $3 \cdot 10^4$ с, где с - скорость света, $3 \cdot 10^5$ км/сек) даже для ракет с химическими двигателями. Вояджер, который миновал Непутн несколько лет назад имеет в данный момент скорость около $0,6 \cdot 10^4$ с. С такой скоростью он достигнет ближайших звезд через 10^4 - 10^5 лет.

Зонды с очень малой массой рассматриваются сегодня как стандарт, это делает их гораздо дешевле в сравнении с теми возможностями, которые имел Вояджер. Программа "Быстрый пролет Плутона", запуск для которой намечен на февраль 1999 г. имеет в основе

зонд массой 110 кг. Этому аппарату стоимостью в 400 миллионов долларов потребуется семь лет, чтобы достичь Плутона, по сравнению с двадцатью годами для Вояджера. Пройдя Плутон, зонд будет иметь скорость около 20 км/сек (около $0,6 \cdot 10^{-4} c$), это означает, что он покроет дистанцию в пять световых лет - среднее расстояние между звездами в окрестностях нашей солнечной системы за 80000 лет. Самая ближайшая звезда, Проксима Центавра, находится на удалении в 4,3 световых года. Она является частью тройной звездной системы (три звезды, связанные вместе силами взаимного тяготения), и по всей видимости не имеет планет, подобных Земле, хотя по-видимому в данной системе находятся астероиды и их обломки, оставшиеся после ее формирования. Две ближайшие отдельные звезды, имеющие энергию свечения подобно солнечной, - это Тау Кита (11,3 световых года) и Эпсилон Эридана (10,7 световых лет). Описываемый зонд, если его направить к Проксиме Центавра, достигнет ее за 70000 лет. Так что если бы мы могли создать устройства, способные выдержать десятки тысяч лет путешествия, и если бы мы были очень-очень терпеливыми, мы могли бы запустить межзвездный зонд прямо сейчас.

Но используя современную компьютерную технологию мы можем сделать лучше. Хитрость состоит в том, чтобы делать устройства очень маленькими, используя нанотехнологию, чтобы заставить каждый атом в космическом аппарате выполнять полезную функцию. (Нанотехнология - это технология в масштабе отдельных атомов, которые имеют размеры около нанометра. Мы знаем, что такая технология осуществима, и сейчас частные компании тратят сотни миллионов долларов на ее развитие). Давайте вообразим зонд массой в 100 грамм, далее я покажу, что это гигантская масса, если использовать каждый атом. Но 100-граммовый зонд очень мал с точки зрения космических реактивных систем. Можно легко разработать такой зонд, способный двигаться со скоростью в 90% от максимально возможной - скорости света. При такой скорости зонд покроет расстояние до Проксимы Центавра за пять лет, а расстояние до Тау Кита или Эпсилон Эридана примерно за двенадцать лет. Поскольку радиосигналы путешествуют со скоростью света, мы сможем получить информацию о Проксиме Центавра только через девять лет после запуска, это гораздо меньше, чем пришлось ждать известий о Нептуне от Вояджера. Имея скорость $0,9c$ межзвездные зонды становятся правдоподобными.

Проблема использования ракет для ускорения космических аппаратов до очень больших скоростей заключается в том, что само топливо тоже необходимо разогнать. Так что если мы говорим о ракетах, то почти вся их масса - это масса ракетного топлива. Решение очевидно: то, что разгоняет космический корабль не должно быть его составной частью. Известно, что свет способен оказывать давление, и таким образом, космический корабль, состоящий в основном из гигантского паруса, может ускоряться светом, отраженным от него. НАСА изначально планировало послать такой зонд к комете Галлея, во время ее сближения с Солнцем в 1986 г., но отказалось от этой идеи ввиду отсутствия средств. В этом проекте предполагалось использовать Солнце в качестве источника света. Однако, для того, чтобы разогнать парус до скорости в $0,9c$, энергии Солнца недостаточно, так что для межзвездного зонда таким источником мог бы служить очень мощный стационарный лазер.

Проблемой при использовании лазера для ускорения межзвездного зонда является его торможение, когда цель уже достигнута. Американский физик Роберт Форвард разрешил эту проблему. Он предложил сделать парус, отражающий свет лазера, из двух частей, которые разделяются, когда звезда-цель достигнута. Тогда одна часть паруса будет отражать свет обратно на другую часть, которая и содержит зонд и таким образом замедлять ее. Если рассмотреть предложение Форварда в деталях, получится следующее. Я полагаю, что масса полезной части зонда будет около 100 грамм, а общая масса, включая обе секции паруса, - 1 килограмм. Парус будет состоять из шестиугольника размахом в 8 километров, в центральной части которого будет находиться другой шестиугольник, размером в 3

километра. В этой центральной части будет находиться сам зонд. Внешняя часть будет замедлять скорость малого шестиугольника при приближении к месту назначения

При использовании лазера мощностью в 250 мегаватт, зонд будет иметь ускорение $8g$, при этом он достигнет скорости $0,9c$ через полтора месяца. Существуют детальные проекты лазеров мощностью в 10 гигаватт - такие лазеры предполагалось использовать в 80-е годы как часть стратегической оборонной инициативы президента Рейгана - так что 250-гигаваттный лазер вполне технически возможен. Нам также потребуется огромная линза Френеля, миллиард километров в диаметре, чтобы сфокусировать свет на пятне с размерами большого шестиугольника на расстоянии в 4,3 световых года, расстоянии до Проксимы Центавра. Хотя эти размеры линзы огромны (больше диаметра Солнца), она может состоять из тонкой петли на орбите вокруг Солнца, и таким образом ее масса будет всего 2 триллиона тонн, это размер среднего астероида. (Доплеровский сдвиг при скорости $0,9c$ составляет 4, так что замедление у звезды-цели будет немного меньше, чем $8g$, если только не использовать более мощный лазер). Для того, чтобы обеспечить такой лазер энергией за счет солнечного излучения потребуется площадь в 40 квадратных километров; очевидно, что такой лазер, вместе с источником энергии тоже должен находиться на околосолнечной орбите, как и линза.

Поскольку сам зонд будет по видимому изготовлен в космосе, на своего рода космическом заводе, трудно точно оценить его стоимость. Однако, обычно стоимость зондов примерно равна стоимости конструкционных материалов, поскольку зонд фон Неймана могут изготавливать сами себя (они ведь самовоспроизводящиеся машины), а исходные затраты на исследования и разработки будут невелики, поскольку разумные самовоспроизводящиеся машины изначально будут изготовлены для других целей. Мы знаем, что стоимость ядерной электростанции мощностью в 1 гигаватт составляет (в ценах 1993 года) около 1 миллиарда долларов. Линзы нужно будет изготавливать из металлов, но большие железно-гикелевые астероиды необходимых размеров существуют.

Давайте предположим, что такой астероид стоит 10 миллиардов долларов. Если стоимость зонда примерно равна стоимости такого астероида, а лазер будет получать энергию от атомных электростанций, о которых говорилось, то стоимость межзвездного зонда будет составлять 260 миллиардов долларов, примерно в пять раз больше, чем стоимость программы Аполлон, и примерно половину той суммы, в которую оценивается пилотируемая экспедиция на Марс. Таким образом стоимость космического зонда с беспрецедентной миссией сравнима со стандартными сегодняшними межпланетными программами.

Масса зонда и в самом деле может быть всего 100 грамм. Как я говорил выше, такая малая масса потребует, чтобы каждый атом зонда был бы использован. Дрекслер провел детальное исследование того, как при помощи нанотехнологии заставить работать каждый атом устройства. Он сделал вывод, что машины - универсальные конструкторы, возможны начиная с размеров в несколько миллиардов атомов, так называемые молекулярные универсальные конструкторы. Кроме того, в принципе возможно хранить один бит информации на один атом в расширенном массиве. Физики компании NEC в Японии уже открыли, как закодировать один бит на 20 атомов. 100 грамм материи содержат примерно 10^{24} атомов, если это элементы, более легкие, чем железо, так что в таком зонде возможно будет закодировать 10^{24} бит информации, и снабдить его соответствующими устройствами, чтобы он мог самовоспроизводиться, используя те материалы, которые будут доступны в районе звезды назначения. Чтобы представить, что можно закодировать в 10^{24} бит, вспомним из предыдущей части, что разум человеческого уровня можно симулировать имея 10^{15} бит. Полагая, что симуляция системы биологической поддержки такого существа потребует в 100000 раз больше памяти, симуляция целого человека может уложиться в 10^{20} бит. Таким образом 100 граммовый зонд может нести симуляцию целого города в 10000

человек! (Другая важная задача, которая стоит перед универсальным конструктором - это изменение конфигурации паруса во время перелета, чтобы уменьшить площадь всего устройства. При скорости в $0,9c$ эффект от столкновения с пылью может быть очень серьезным. Даже столкновение с отдельными молекулами газа в межзвездной среде может разрушать парус на такой скорости).

В ранних дискуссиях по поводу межзвездных путешествий одной из первых причин для разгона до скорости близкой к скорости света была необходимость использовать эффект релятивистского замедления времени. Для космического корабля, движущегося со скоростью $0,9c$ время идет примерно в половину медленнее чем для тех, кто остался на Земле. Если корабль отправится к Проксиме Центавра и вернется обратно на такой скорости, на Земле пройдет 9,6 лет, и только 4,2 года для тех, кто будет на корабле. Эта необходимость в высокой скорости отпадает, если люди будут путешествовать как эмуляции: течение времени для них может быть симулировано с каким угодно замедлением по отношению ко времени вселенной. Такая симуляция может выполняться гораздо медленнее, чем та скорость, с которой существует жизнь на Земле, так что для тех людей, которые будут симулированы в космическом корабле путешествие займет несколько часов или дней.

В наши дни, когда существует огромный дефицит бюджета сумма в 250 миллиардов долларов кажется невозможной. Однако, стоимость материалов относительно доходов падает экспоненциально с порядком в 50 лет за последние 150 лет. Это означает, что средний человек сегодня в 20 раз богаче, чем средний человек 150 лет назад. Если такая тенденция сохранится в течение следующих 400 лет, зонд стоимостью в 250 миллиардов долларов будет стоить людям того времени примерно как 80 миллионов долларов для нас теперешних. Сейчас в мире есть несколько сотен людей, чей доход больше, чем 80 миллионов долларов, так что я полагаю, что межзвездный зонд будет обязательно запущен в ближайшие несколько веков.

Также очень вероятно, что предполагаемые затраты снизятся. Когда я впервые начал заниматься исследованиями межзвездных путешествий, в начале 70-х годов, наиболее детально разработанным проектом межзвездного путешествия являлся проект Daedalus, выдвинутый британским межпланетным обществом в 1978 году. Зонд фон Неймана, используя предлагаемый в проекте носитель (ядерная реактивная ракета, которая ускорялась за счет взрывов сбрасываемых ею ядерных бомб) мог бы двигаться между звездами со скоростью в $0,16c$ и стоил бы 200 триллионов долларов, если исходит только из стоимости топлива. Зонд фон Неймана, использующий лазер Форварда и нанотехнологию может двигаться в шесть раз быстрее и стоит в тысячу раз меньше. Нанотехнология и лазерный парус были новыми идеями в 80-е. В 90-е может появиться еще больше идей, применение которых способно снизить стоимость.

Новая реактивная технология в комбинации с нанотехнологией может быть существенно дешевле. Ключевым в реактивном движении ракеты является получение энергии для выброса газа. Самым большим источником энергии является масса, как все знают из уравнения Эйнштейна $E=mc^2$. Химические реакции очень неэффективны: энергия при взрыве одной мегатонны ТНТ соответствует примерно 50 граммам массы. Даже ядерные реакции преобразуют меньше 1% массы в энергию. Однако, при аннигиляции материи и антиматерии вся масса переходит в энергию. Таким образом, ракета должна использовать аннигиляцию в качестве источника энергии.

Антиматерия - это все еще экзотика, так что сначала скажем немного о ее свойствах. Согласно законам физики все материальное существует в двух формах: частиц и античастиц. Античастица в точности такая же, как соответствующая ей частица, за исключением того, что она имеет противоположный электрический заряд. Например, электрон заряжен отрицательно, а его античастица, позитрон, имеет положительный заряд, но во всем

остальном он абсолютно такой же, как электрон. Протон имеет положительный заряд, и таким образом, антипротон заряжен отрицательно. Точно так же, как протон в соединении с электроном дает один атом электрически нейтрального водорода, антипротон в соединении с позитроном дает электрически нейтральный антиатом антиводорода. В принципе могут быть созданы любые антиатомы, хотя до сегодняшнего дня в лаборатории создан только антигелий. Приложив усилия мы можем создать антиуглерод, антижелезо и так далее.

Антиматерию трудно хранить, поскольку если частица приходит в контакт с античастицей они неедленно аннигилируют, превращаясь во вспышку радиации. Если смешать антиводород с воздухом, позитроны будут притягиваться к электронам атомов воздуха за счет разности в зарядах и аннигилировать. То же самое произойдет и с антипротонами. Тем не менее, существуют способы производства и хранения больших количеств антиматерии. Многие миллиарды антипротонов созданы и хранятся в ионных ловушках в лаборатории CERN в Женеве. Антипротоны сейчас можно продавать, стоимость их примерно 1 доллар за миллиард. Разработан детальный план для заводов, которые смогут производить миллиграммы антиводорода в год при стоимости в 1 миллион долларов за миллиграмм при широкомасштабном производстве.

Форвард предложил использовать обычный водород в качестве газа, выбрасываемого ракетой, разогревая его путем добавления малых количеств антиводорода. Такой ракете с полезной нагрузкой в 100 грамм потребуется всего лишь 1,6 кг жидкого водорода и 3,6 миллиграмма антиводорода в качестве источника энергии, если исходить из того, что такая ракета разгонится до скорости $0,1c$, проделает путь к звезде назначения и там затормозится. Предполагая, как и выше, что стоимость зонда складывается в основном из стоимости конструкционных материалов, такой зонд обойдется всего в 4 миллиона долларов, почти вся сумма будет затрачена на антиводород. В настоящее время существует по крайней мере миллион человек, которым по силам такие затраты. И покупатель сможет держать свой межзвездный зонд фон Неймана на собственной ладони! Сейчас существуют очень детальные разработки ракеты Форварда на антиматерии, и некоторые лаборатории объявили, что они начали эксперименты по изготовлению такого аппарата. Мы сможем запустить межзвездный зонд со скоростью $0,1c$ уже к концу этого десятилетия, если у нас будут необходимые компьютерные технологии, универсальные конструкторы молекулярных размеров и компьютеры атомных размеров. Исходя из темпов развития нанотехнологии, я полагаю, что необходимые компьютерные технологии будут существовать к тому времени, когда мы получим компьютер, способный пройти тест Тьюринга. Как показано в предыдущей части, это должно произойти к 2030 году. Зонд фон Неймана может быть запущен в середине следующего века.

Такому зонду потребуется всего пять или десять лет после запуска, чтобы достичь звезд. Вопрос в том, сколько времени ему понадобится, чтобы изготовить копию самого себя? Если мы сравним зонд фон Неймана с единственной известной нам самовоспроизводящейся машиной, человеком, последнему требуется около двадцати или тридцати лет, чтобы воспроизвести себя. Если мы сравним зонд фон Неймана с целой технической цивилизацией, то ей понадобилось около трехсот лет, чтобы превратить Соединенные Штаты в индустриальную державу. Большая часть этого времени была потрачена на разработку технологических решений, а не самих машин. Владея необходимыми технологиями, Германия и Япония воссоздали свою промышленность всего за 10 лет после второй мировой войны, пользуясь при этом минимальными инвестициями извне. Уже упомянутый физик Джерард О'Нейл вычислил, что космические колонии могут быть самодостаточными и воспроизводить себя менее чем за сто лет. Я считаю, что таким образом есть все основания полагать, что зонд фон Неймана может начать изготавливать копии самого себя в течение пятидесяти лет после достижения звезды-цели. Если он разошлет эти копии к

звездам в радиусе 10 световых лет вокруг себя, колонизация галактики может происходить со скоростью в 10 световых лет в 60 лет, или 1/6 светового года в год. Поскольку наша галактика имеет диаметр около 100000 световых лет, потребуется около 600000 лет, чтобы колонизовать ее. Эта колонизация может начаться уже в середине следующего столетия.

СУЩЕСТВА, ПУТЕШЕСТВУЮЩИЕ В КОСМОСЕ НЕИЗБЕЖНО ЗАСЕЛЯТ И БУДУТ КОНТРОЛИРОВАТЬ ВСЮ ВСЕЛЕННУЮ.

Ближайшая к нам крупная галактика, туманность Андромеды, находится на расстоянии в 2,7 миллиона световых лет, так что биосфера может заселить ее по прошествии 3 миллионов лет, используя зонды со скоростью 0,9с, описанные в предыдущем разделе. Ближайший кластер галактик в созвездии Девы находится на расстоянии в 70 миллионов световых лет. В обоих случаях время воспроизводства зондов мало по сравнению со временем путешествия, даже при скорости в 0,9с, так что его можно проигнорировать.

При рассмотрении еще более удаленных галактик при вычислении средней скорости зонда необходимо учитывать расширение вселенной. Закон Хаббла говорит, что чем дальше галактика от Земли, тем быстрее она от нас удаляется. Следовательно, космический аппарат, запущенный с данной скоростью относительно Земли будет иметь меньшую скорость относительно удаленной галактики, когда он ее в конце концов достигнет. Я показываю в приложении для ученых, что отношение момента количества движения космического корабля относительно Земли к моменту количества движения его в удаленной галактике равно отношению радиусов вселенной в момент достижения кораблем галактики и в момент его запуска. Я покажу в главе IV, что максимальное значение этого отношения будет около 300000 в момент достижения вселенной ее максимального размера (наименьшее значение этого отношения равно 3000). Верхняя граница в 300000 предполагает, что если корабль должен достигнуть противоположной границы вселенной в момент ее наибольшего расширения, имея при этом скорость 0,9с (скорость 0,9с означает, что общая энергия равна примерно его удвоенной массе), для этого потребуется начальная энергия в 600000 раз больше массы корабля. Я показываю в приложении для ученых, что такой корабль технически возможен, если использовать аннигиляционную ракету. Для зонда весом в 100 грамм начальная масса ракеты должна быть 10 миллиардов тонн, половину из них составляет антиматерия. Такое количество антиматерии конечно недешево. При стоимости 1 миллион долларов за миллиграмм, миллиард тонн будет стоить 10 триллионов триллионов долларов, что примерно в миллиард раз превосходит существующий валовый национальный продукт всего человечества. Посылка такого зонда к противоположной границе вселенной потребует ресурсов целой звездной системы. Но это может быть сделано.

Лучшей стратегией, конечно является посылка зондов от одной галактики к другой, а не прямо к противоположной границе. Однако, это становится все более и более трудным по мере того, как вселенная расширяется и галактики удаляются друг от друга. В приложении для ученых показано, что во вселенной, размер которой будет в момент наибольшего ее расширения составлять 3000 – 300000 раз от существующего, противоположная граница будет находиться на расстоянии от 1 до 10 терапарсеков (терапарсек равен 10^{12} парсек). Вселенная достигнет этого состояния через $5 \cdot 10^{16}$ - $5 \cdot 10^{18}$ лет спустя (в собственном времени). За это время материальный состав вселенной существенно изменится, как показано в следующей таблице.

ВАЖНЕЙШИЕ МОМЕНТЫ ИСТОРИИ БУДУЩЕГО.

Событие

Время (годы)

Солнце расширяется и поглощает Землю	$7 \cdot 10^9$
Галактики испаряются из кластеров	10^{11}
Звезды утрачивают форму; все массивные звезды становятся нейтронными звездами или черными дырами	10^{12}
Наиболее долгоживущие звезды расходуют все свое топливо и становятся белыми карликами	10^{14}
Мертвые планет отделяются от мертвых звезд при звездных столкновениях	10^{15}
Белые карлики остывают до 5 К и становятся черными карликами	10^{17}
Нейтронные звезды остывают до 100 К	10^{19}

В данной таблице предполагается, что жизнь не будет влиять на эволюцию материи. На самом деле, конечно же она будет влиять. Например, вместо того, чтобы позволить Солнцу испарить Землю через семь миллиардов лет, наши потомки могут увести планету целиком в космическое пространство и использовать ее для экспансии биосферы. (Дайсон показал, что увести планету из солнечной системы возможно, если у вас есть несколько миллионов лет для этого). Позволив природе идти своим путем и уничтожить Землю означало бы разрушить оставшуюся на ней биосферу без всякой цели. Если же наоборот, мы уведем Землю в космос, ее материалы могут быть использованы для создания колоний О'Нейла, где жизнь

будет продолжаться. В этом случае будет возможна более населенная и более разнообразная биосфера, чем если Земля останется нетронутой, потому что на Земле жизнь может использовать только атмосферу и первые несколько километров земной коры. Если же Земля будет уведена в космос, весь ее материал может быть обеспечен существованию жизни. Это справедливо и в отношении других планет и даже самого Солнца. Очень много времени спустя, сначала звездная система, потом галактика, потом кластер галактик и наконец вся материальная вселенная будут использованы расширяющейся биосферой.

Помните, что в глобальном масштабе времени у жизни нет выбора: она должна использовать естественные ресурсы, чтобы выжить. И я полагаю, что она это делает.

Луч света, посланный с Земли, находящейся в начале вселенной достигнет противоположной стороны последней в момент ее максимального расширения, так что космический аппарат, запущенный через несколько миллиардов лет и имеющий энергию, о которой говорилось выше, прибудет в ту же точку немногим позже светового луча, сразу после того, как вселенная начнет сокращаться. Я полагаю, что полное заселение вселенной будет технически возможно к этому времени при использовании технологий, которыми мы будем обладать в ближайшие полвека. Компьютерная симуляция биосферы, завоевывающей вселенную изображена на рис. II.3, II.4, II.5.

На первом рисунке показана вселенная через 10^{16} лет. Она примерно в 3 тысячи раз

больше, чем сейчас. В таком масштабе размеры вселенной в настоящее время соответствуют точке в конце этого предложения. Вселенная представлена в виде двухмерной сферы, Земля расположена на ее северном полюсе. Противоположная сторона вселенной - точка-антипод таким образом находится на южном полюсе. Черный круг на сфере показывает положение вспышки света, посланной с Земли в 1993 году. Этот свет достиг экватора сферы, то есть за 10^{16} лет он покрыл только половину расстояния от Земли до точки-антипода. Зачерненная область обозначает биосферу, которая к этому времени поглотила около одной трети вселенной.

Второй рисунок показывает вселенную через 10^{17} лет от настоящего времени. Она все еще расширяется, и стала больше, чем на предыдущем рисунке. Жизнь поглотила теперь около трех четвертей вселенной. Луч света, оставивший Землю 10^{17} лет назад все еще не достиг точки-антипода, хотя и близок к ней. Расширяющаяся биосфера немного отстает от луча.

Третий рисунок показывает вселенную спустя 10^{18} лет от настоящего времени. Вселенная продолжает расширяться, и стала больше, чем на предыдущем рисунке, но она уже очень близка к своему максимальному размеру. Жизнь поглотила около 90% вселенной. Свет, пущенный с Земли 10^{18} лет назад уже достиг точки-антипода.

На четвертом рисунке показана вселенная 10^{19} лет спустя. Она уже миновала стадию максимального расширения и теперь сокращается. Теперь она меньше, чем на предыдущем рисунке. Жизнь полностью завоевала вселенную. Черный круг все еще обозначен, как и на предыдущих рисунках он изображает луч света, посланный с Земли в 1993 году, но теперь он дошел до точки-антипода и отразился обратно к Земле.

Следующий вопрос состоит в том, сможет ли жизнь получить контроль над вселенной, когда окончательно завоеует ее? Говоря иначе, будут ли наши потомки направлять вселенную, или она будет направлять их? Ответ состоит в том, что они могут в будущем контролировать движение целой вселенной. Механизм, которым они будут пользоваться - это хаос в уравнениях, описывающих динамику вселенной.

В физике существует много определений слова "хаос", но в основном "хаос - это нестабильность". То есть при малых изменениях начальных условий в хаотической системе ее движение будет экспоненциально отклоняться от ожидаемого. Стабильная эволюция, напротив, означает, что при малых изменениях начальных условий, движение такой измененной системы будет очень близко к движению исходной. Для примера стабильного движения, предположим, что мы переместили частицу на два метра влево. Тогда, спустя секунду, частица будет на расстоянии одного метра от того положения, в котором она находилась бы, если бы ее не перемещали; через две секунды она будет на расстоянии в полметра от такого положения, через три секунды - на расстоянии четверти метра и так далее. Мы видим, таким образом, что "стабильность" означает тенденцию к тому, что начальные условия несут существенны. Образно говоря, система знает, куда она хочет попасть, и направляется туда, не обращая внимания на то, что мы с ней делаем. Чтобы заставить частицу из этого примера оказаться на расстоянии одного метра от невозмущенного пути спустя 60 секунд после начала движения, мы должны были бы удалить ее от начальной позиции на сто световых лет влево.

В качестве примера нестабильного хаотического движения рассмотрим следующий. Предположим, что мы передвинули начальную точку движения на два метра влево, тогда через секунду частица будет удалена на четыре метра от того положения, в котором она могла бы оказаться без изменения начальных условий, через две секунды она будет удалена на 8 метров от такого положения, через три секунды - на 16 метров и так далее. Отклонение этой хаотической системы от невозмущенного состояния составляет 2^t , где t - время в секундах. Видно, что спустя очень малое время частица будет невыразимо далеко от того

положения, в котором она могла бы находиться: через 60 секунд эта гипотетическая частица окажется на расстоянии в 100 световых лет от того места, где она находилась бы если бы изменений начальных условий не произошло. (Это, конечно только гипотетический пример, поскольку ничто не может двигаться быстрее света). Такую хаотическую систему очень легко заставить двигаться туда, куда мы хотим, и это не требует больших затрат энергии. Для того, чтобы эта гипотетическая частица оказалась на расстоянии одного метра от невозмущенного положения через 60 секунд движения, нам достаточно вначале сдвинуть ее влево на очень малую долю размера какого-нибудь атома.

В больших масштабах гравитация является наиболее важной силой, а большие системы частиц, управляемые гравитацией, почти всегда хаотичны. Лучший пример - это наша солнечная система. Гравитационное притяжение Земли другими планетами делает положение Земли на ее орбите хаотичным. То есть, форма и размер земной орбиты не изменяются очень сильно, но точное положение планеты очень нестабильно: оно изменяется по закону 2^t , как и предыдущем примере, за тем исключением, что здесь t - время, приведенное к масштабу в 3,5 миллиона лет. Последствия такого хаоса могут быть драматичными. Предположим, что бабочка решила перелететь с одного цветка на другой на расстояние в 1 метр. Эффект одного этого движения одной бабочки может сдвинуть Землю на противоположную сторону ее околосолнечной орбиты за 500 миллионов лет.

Если одна бабочка может передвинуть Землю с одной стороны орбиты на другую за 500 миллионов лет, то несомненно, что наши потомки, когда они населят всю вселенную, смогут контролировать ее эволюцию в масштабе времени 10^{16} лет.

Как и в случае бабочки и Земли, наши потомки не смогут контролировать все аспекты будущего движения вселенной. Как бабочка не может изменить формы и размеров земной орбиты, так и наши потомки не смогут изменить того факта, что после достижения вселенной максимального размера она начнет сжиматься и коллапсирует до нулевого размера за 10^{18} лет собственного времени. То, что смогут сделать наши потомки - это изменить то, как будет сжиматься вселенная. Вселенная может коллапсировать быстрее в одних направлениях, чем в других, и мой коллега, Джон Барроу, показал, что скорость коллапса вселенной в разных направлениях хаотична. В частности, жизнь в далеком будущем может легко заставить вселенную коллапсировать очень быстро в двух измерениях, сохраняя в то же время постоянный размер в третьем. Они могут это сделать, и они должны это сделать.

Они должны заставить вселенную двигаться по такому пути потому, что только в этом случае жизнь в далеком будущем будет иметь достаточно энергии, чтобы выжить. Чтобы представить этот будущий источник энергии, давайте выясним, как биосфера получает энергию сейчас. Ее источником является Солнце, и оно может поставлять энергию только потому, что горячее, чем межзвездное пространство. Биосфера существует, поскольку зеленые растения получают энергию от горячего пятна на небе (Солнца) и рассеивают свое излишнее тепло в межзвездном пространстве. В действительности, его рассеивает вместо растений атмосфера, но мы не будем вдаваться в технические детали. Суть в том, что биологическая активность на Земле возможна только потому, что энергия берется от высокотемпературного источника и рассеивается в низкотемпературном охладителе.

Теперь рассмотрим коллапсирующую вселенную. Мы знаем, что газ охлаждается при расширении и нагревается при сжатии. Так работает холодильник. Газ расширяется в испарителе, охлаждая воздух в холодильной камере. Тепло переходит от теплого воздуха к более холодному газу. Потом нагретый газ выводится из испарителя, сжимается, становясь еще горячее, и это тепло передается воздуху, окружающему холодильник. Во вселенной радиация действует как газ в холодильнике: она охлаждается, когда вселенная расширяется и становится горячее, когда вселенная начинает сжиматься.

Однако, если в одном измерении вселенная остается постоянного размера, а в двух

других - сжимается, радиация в этих двух последних направлениях будет становиться горячее, чем в том, что остается постоянным. То есть направления сжатия будут горячими, а постоянное направление - холодным. Эта разница температур будет служить жизни в далеком будущем источником энергии так же, как Солнце дает энергию жизни на Земле сейчас.

Вселенная, естественно будет иметь тенденцию коллапсировать более быстро в одном направлении, чем в другом. Но почти всегда эту природную тенденцию нужно будет корректировать, прежде чем разница температур станет достаточно большой, чтобы обеспечить жизнь достаточной энергией. Но если жизнь будет использовать хаос в скоростях коллапса в различных направлениях, точные вычисления (см. приложение для ученых) показывают, что необходимая энергия будет доступна. Так что, как я и говорил, жизнь должна будет заставить двигаться вселенную по этому необычному пути.

Кроме того, жизнь должна завоевать всю вселенную и для того, чтобы иметь энергию для направления эволюции вселенной по этому необычному пути. Вспомним снова Землю и бабочку. Хотя бабочка может передвинуть Землю, она скорее всего этого не сделает, потому, что другая бабочка на другой стороне Земли погасит движение первой, если она двинется в противоположном направлении. Хаотический эффект будет кумулятивным только в том случае, если бабочки будут действовать совместно, чего конечно не происходит. В случае со вселенной, она будет двигаться в правильном направлении только если отдельные живые существа будут действовать вместе во всем космосе. Если жизнь завоеует всю вселенную и если вселенная все еще будет примерно гомогенной в момент достижения ей максимального расширения, очень вероятно, что живые существа будут действовать в правильном направлении везде во вселенной, даже если у них не будет возможности общаться друг с другом когда они начнут. (Вспомним, что свет сможет дойти до точки-антипода только один раз, прежде чем начнется коллапс, так что у него не будет времени на обратный путь, прежде чем жизнь должна будет начать действовать). Причина того, что жизнь вероятно будет действовать согласованно в том, что если вселенная является более или менее гомогенной, тогда она начнет коллапсировать в разных направлениях с разными скоростями, но эти разные направления будут одними и теми же везде. То есть, горячие области будут в одном и том же направлении, неважно в каком месте вселенной находится жизнь. Следовательно, жизнь будет пытаться усилить температуру в одном и том же направлении, и таким образом, автоматически действовать согласованно. Жизнь будет двигать вселенную.

Я продолжу историю о том, как жизнь будет действовать в фазе коллапса вселенной в главе IV, но сначала позвольте показать что может произойти, если жизнь потерпит неудачу и не сможет действовать согласованно. В этом случае жизнь ожидают два ужасающих варианта развития - вечное возвращение и тепловая смерть.

ГЛАВА 4.

Физика вблизи конечного состояния: классическая Теория Точки Омега.

Компьютерные определения "Жизни", "Личности" и "Души".

Для того, чтобы исследовать может ли жизнь существовать вечно, я должен буду определить понятие жизни на языке физики. Я утверждаю, что "живое существо" есть объект, который кодирует информацию (в физическом смысле этого слова) и эта закодированная информация сохраняется естественным отбором. Таким образом, жизнь является формой

процесса обработки информации, а человеческая душа - очень сложной компьютерной программой. В частности "личность" определяется как компьютерная программа, способная пройти тест Тьюринга, обсуждавшийся в главе 2.

Такое определение жизни существенно отличается от того, что средний человек (и средний биолог) называет жизнью. В традиционном определении жизнь - это сложный процесс, основанный на углеродных молекулах. Однако, даже сторонники традиционного определения согласны, что ключевыми словами являются "сложный процесс", а не "углеродные молекулы". Хотя все системы, которые сегодня по общему признанию являются живыми, базируются на химии углерода, нет причины считать, что аналогичные процессы не могут протекать в других системах. Действительно, английский биохимик Кэрнс-Смит предположил, что первые живые существа, наши далекие предки, были основаны на металлических кристаллах, а не на

углероде. Если это правда, то тогда, когда мы настаиваем на том, что живые существа должны иметь основой химию углерода, мы вынуждены будем заключить, что наши далекие предки не были живыми. В теории Кэрнс-Смита наши предки были самовоспроизводящимися организованными группами дефектов в металлических кристаллах. Спустя какое-то время эти группы были перенесены на другой субстрат - углеродные молекулы. Важным здесь были группы, а не субстрат, и организованные группы - это другое название информации.

Но, конечно, жизнь не является статичным набором групп. Скорее, это динамический набор групп, который воспроизводится во времени. Следовательно, это процесс. Но не все процессы живые. Ключевым свойством живых процессов является то, что их воспроизводство происходит благодаря обратной связи с окружающей средой: информация, кодируемая группами постоянно изменяется, но разброс таких изменений ограничивается этой обратной связью до узкого ранга. Таким образом, я утверждаю, что жизнь есть информация, сохраняемая естественным отбором.

Такое определение имеет некоторые следствия, противоречащие обыденному сознанию. В 1986 Дж. Барроу и я показали, что исходя из этого определения автомобили являются живыми. Они самовоспроизводятся на автомобильных заводах, используя людей-механиков. Конечно, их воспроизводство не является автономным, им нужны заводы, которые являются внешними по отношению к ним самим. Но то же делают мужчины: чтобы произвести младенца мужского пола необходим внешний биохимический завод, называемый маткой. И их воспроизводство тоже нуждается в других живых существах. Точно так же происходит размножение цветковых растений: они используют пчел для опыления и других животных для распространения семян. Различные виды автомобилей в их среде обитания сохраняются естественным отбором: они идет жестокая борьба за существование между различными "расами" автомобилей. Японские и европейские автомобили конкурируют с американскими за жизненные ресурсы - деньги производителя, и в результате будет произведено больше тех или других автомобилей (американских, японских или европейских). Согласно моему определению жизни не только автомобили, но все машины, особенно компьютеры являются живыми. (Хотя конечно, автомобили не являются "личностями").

В том же самом году, когда Барроу и я опубликовали наше утверждение о том, что автомобили живые, ведущий биолог Ричард Даукинс из Оксфордского университета опубликовал такое точно же утверждение. На первой странице своей знаменитой книги "Слепой часовщик" Даукинс пишет: "компьютеры ... и машины в этой книге будут строго рассматриваться как биологические объекты. Реакцией читателя может быть вопрос: "Да, но на самом-то деле разве они живые?" Слова - это наши слуги, а не хозяева". В той же самой книге Даукинс упоминает машины как "почтенные живые существа". В своей ранней книге "Эгоистичный ген" Даукинс говорит, что идеи человеческого разума, которые сохраняются

естественным отбором "... должны рассматриваться как живые структуры не только метафорически, но и технически". Биолог Даукинс пришел к тому же самому определению жизни, которое я буду использовать: жизнь есть информация, сохраняемая естественным отбором. Любая попытка свести жизнь к физике неизбежно приведет к этому определению.

Исключительно важно, чтобы мое определение жизни не было понято неправильно. Немедленная реакция большинства людей на мое определение типична: "Конечно жизнь куда больше, чем просто обработка информации, закладка данных в компьютер и их перемалывание машиной. Это может быть и важно для машины или компьютерного хакера, но настоящие люди куда как сложнее. Они зарабатывают на жизнь, они наслаждаются общением с другими людьми, они ищут смысл жизни, они поклоняются Богу, они любят друг друга, они растят детей. Бесконечное время, которое оказывается потрачено только на компьютерные игры - что за ужасная мысль!"

Я совершенно согласен. Это действительно ужасная мысль. Но эта не та эсхатология, которую я обещаю. Принципиальным является то, что на уровне физических "винтиков и гаек" все выше упомянутые действия "настоящих" людей в самом деле являются различными информационными процессами. Человеческое общение, познание, любовь - все это умственная деятельность мозга. Другими словами, на физическом уровне это информационные процессы, и ничего кроме информационных процессов. Но на человеческом уровне они не холодные и безжизненные "информационные процессы", а теплые человеческие взаимоотношения, радость, познание, любовь. Кроме того, можно показать, что основой (на физическом уровне) всех других действий человека является обработка информации. Проблема в том, что законы физики накладывают свои ограничения на обработку информации, и следовательно на активность и существование жизни. Если законы физики не позволяют обработку информации в какой-либо области пространства-времени, тогда жизнь там просто не сможет существовать. И наоборот, если законы физики разрешают обработку информации в какой-то области, тогда есть возможность для существования там какой-либо формы жизни. Эти ограничения и разрешения аналогичны тем, которые накладывает пища на биологическом уровне. На человеческом уровне, конечно, невозможно свести все переживания человека к еде, это просто один из многих видов деятельности, и действительно, другие вещи более важны (по крайней мере для большинства из нас). Но наличие достаточного количества пищи - это первейшее условие всех других видов деятельности. Не может быть радости, познания, работы, любви без еды. Соответственно и обсуждение будущего жизни должно быть в согласии с определением жизни на физическом уровне как информационного процесса.

Итак, я буду утверждать, что жизнь будет продолжаться вечно, если машины некоторого вида смогут существовать вечно. Важна структура, а не субстрат.

Существует удивительное сходство между идеей разума, как компьютерной программы и средневековой христианской идеи души. Обе фундаментально нематериальны: программа является последовательностью чисел, и число, скажем, 2 существует "абстрактно", как класс всех двоек. Символ "2", написанный здесь, есть представление числа 2, а не само число. Фома Аквинский (вслед за Аристотелем) определял душу как "форму деятельности тела". В языке Аристотеля формальной причиной действия является абстрактная причина, в противоположность материальной и эффективной причинам. Для компьютера программа есть формальная причина, в то время, как материальной причиной являются свойства материи, из которой сделан компьютер, а эффективной причиной - замыкание и размыкание электрических цепей. Для Фомы Аквинского человеческая душа нуждается в теле, чтобы думать и чувствовать, точно так же как компьютерной программе нужен компьютер, чтобы исполняться.

Фома Аквинский думал, что человеческая душа имеет два инструмента: действующий

разум (*intellectus agens*) и восприимчивый разум (*intellectus possibilis*), один из них имеет способность приобретать понятия, а другой - способность сохранять и использовать приобретенные понятия. Сходные разграничения сделаны в компьютерной теории: общие правила, касающиеся обработки информации, закодированы в центральном процессоре и аналогичны действующему разуму; программа, закодированная в оперативной памяти или на ленте аналогична восприимчивому разуму. (В машине Тьюринга аналогиями являются общие правила манипуляции символами, закодированные в устройстве, которое печатает или стирает символы на ленте и сами инструкции на ленте, соответственно). Кроме того, слово "информация" возникло из Аристотелевско-Аквинского понятия "формы": мы "проинформированы", если к распознающему разуму добавлены новые формы. Даже семантически информационная теория души та же самая, что и у Аристотеля и Аквинского.

Что означает для жизни существовать вечно?

Теперь мы знаем, как определить жизнь, используя язык теории информации. Нам понадобится теория относительности, чтобы определить "вечно". Вспомним, что в теории относительности пространство и время объединены в одну сущность, называемую пространство-время. Обычно пространство-время представляют диаграммой Минковского (рис. 4.1).

На диаграмме Минковского вертикальная ось представляет время, а горизонтальная - пространство. Поскольку пространство и время - это одно и то же, мы можем измерять их в одинаковых единицах. Время измеряется годами, так что пространство будет измеряться в световых годах. В этих естественных единицах скорость света $c = 1$, поскольку свет за год проходит расстояние в один световой год. История светового луча может быть представлена на диаграмме Минковского как прямая линия, наклоненная под углом в 45 градусов к вертикальной (временной) оси. История любого объекта, который не движется, есть просто прямая линия на диаграмме Минковского. Объект, который движется со скоростью, меньшей скорости света (все реальные объекты попадают в эту категорию, поскольку ничто не может двигаться быстрее света), представляет собой кривую, угол наклона касательной к которой всегда меньше чем 45 градусов от вертикали. Такая кривая называется мировой линией.

Конечно, рисунок 4.1 очень упрощен. На нем только одна пространственная ось. В действительности имеются три пространственных и одно временное измерения, так что пространство-время четырехмерно. На рисунке 4.2 сделана попытка представить более реалистичную картину: два пространственных измерения, вместе с вертикальной осью времени.

Набор всех историй световых лучей, которые идут из любой точки пространства-времени (такая точка называется событием) образует конус. Если этот конус составлен лучами, идущими в будущее, он называется световым конусом будущего. Если конус составляют световые лучи, движущиеся в прошлое из точки-события, то он называется световым конусом прошлого. Таким образом мировая линия может определять световые конусы прошлого и будущего. Как видно из рисунка 4.2, набором всех событий в пространстве-времени, которые могут влиять (посылать сигналы) на данную мировую линию, являются все события, находящиеся внутри и на поверхности светового конуса прошлого этой мировой линии, а набором тех событий, на которые может повлиять данная мировая линия, являются все события внутри и на поверхности ее светового конуса будущего. Ни одно событие (точка в пространстве-времени) которое находится вне светового конуса прошлого мировой линии не может на нее повлиять, поскольку ничто не может двигаться быстрее света. Чтобы понять это, представьте мировую линию вашей

собственной истории. Если Вам от двадцати до сорока, Вам остается еще 50 или 60 лет на вашей мировой линии. Предположим, что некая личность на орбите Бетельгейзе решила послать сегодня сигнал на Землю. Поскольку Бетельгейзе удалена примерно на 500 световых лет, этому сигналу потребуется около 500 лет, чтобы достичь нас, поскольку сигнал должен путешествовать со скоростью света или меньшей. Вы давно умрете к тому времени. Следовательно событие в пространстве-времени "сейчас на Бетельгейзе" находится вне вашего светового конуса прошлого.

Ваша мировая линия имеет определенную конечную точку в пространстве-времени: она заканчивается вашей смертью. Но мы можем представить мировые линии, которые не имеют конечной точки. Такие мировые линии называются "бесконечными в будущем". Бесконечные в будущем мировые линии подобно вашей мировой линии определяют световой конус прошлого. Световой конус прошлого вашей мировой линии в точности тот же самый, как и световой конус прошлого ее конечной точки (см. рис. 4.2). Однако, это неверно для мировых линий, бесконечных в будущем: они не имеют конечной точки по определению. Тем не менее, мы можем считать, что эти бесконечные в будущем мировые линии определяют "точки" - эти точки не являются событиями в пространстве-времени, это точки на границе пространства-времени. Это те точки, которые определяют конец времени. Теперь две бесконечные в будущем мировые линии могут иметь различные или одинаковые световые конусы прошлого. Роджер Пенроуз предположил, что мы можем использовать эту разницу чтобы определить набор точек границы пространства-времени. В частности, Пенроуз говорит, что две бесконечные в будущем мировые линии попадают в одну и ту же точку на будущей p -границе (s -boundary) пространства-времени, если они обе определяют одинаковый световой конус прошлого. Если две мировые линии определяют разные световые конусы прошлого, они попадают в разные точки будущей p -границы. Более точно, точка будущей p -границы является световым конусом прошлого бесконечной в будущем мировой линии, рассматриваемой как единое. (Вспомним, что для мировой линии с концом в пространстве-времени световой конус прошлого определяется ее будущей конечной точкой. Световой конус уникально определяется этой конечной точкой и соответственно конечная точка уникально определяется световым конусом. Таким образом, каждая точка в пространстве-времени может рассматриваться как идентичная с самим световым конусом прошлого. Но когда мы делаем такое отождествление, световой конус должен рассматриваться как единое, не как составленный из набора своих индивидуальных точек.) Рисунок 4.3 иллюстрирует p -границу (" p " - сокращенно "причина", поскольку точки определяются световыми конусами, которые разделяют события на те, которые могут иметь причинное влияние на мировые линии, и на те, которые не могут этого).

Итак, жизнь есть обработка информации, и очевидно, что она должна проделать весь этот путь до будущей p -границы, чтобы можно было сказать, что она существует вечно. Это приводит к:

ОПРЕДЕЛЕНИЕ: я буду говорить, что жизнь продолжается вечно, если:

- 1) обработка информации продолжается неограниченно по крайней мере вдоль одной мировой линии "гамма" G на всем ее протяжении до будущей p -границы, то есть до конца времени.
- 2) количество информации, обработанной в промежутке между настоящим моментом и этой будущей p -границей бесконечно в области пространства-времени с которой мировая линия G может "общаться", то есть области светового конуса прошлого G .
- 3) количество информации, сохраняемой в любое данное время "тау" T , внутри данной области стремится к бесконечности по мере того, как T приближается к своему будущему

пределу (этот будущий предел T является конечным в замкнутой вселенной, но бесконечным в открытой, если T измеряется в том, что физиками называется "собственным временем").

Это грубая обрисовка более технического определения данного в приложении. Но позвольте мне пока проигнорировать здесь детали. Важным с физической (и этической) стороны является объяснение причин для введения каждого из трех условий. Причина для условия 1 уже была дана: оно просто устанавливает, что должна быть по крайней мере одна история, в которой жизнь (=обработка информации) никогда не кончается.

Условие 2 говорит нам о двух вещах: первое, что обработанная информация "засчитывается" только в том случае, если возможно, хотя бы в принципе связаться с результатами вычислений в истории G . Это важно для космологии из-за ограничения горизонтов события. В закрытой фридмановской вселенной, которая является стандартной моделью (правда, очень упрощенной) нашей действительной вселенной (если она на самом деле замкнута), каждый из движущихся рядом наблюдателей неизбежно утрачивает способность посылать световые сигналы любому другому, движущемуся рядом наблюдателю, и не имеет значения, насколько они близко друг от друга. Жизнь, очевидно была бы невозможна, если бы один мозг никогда бы не мог связаться с другим. Жизнь - это организация, а организация может поддерживаться только постоянной связью между ее различными частями. Вторая часть условия 2 говорит нам, что количество информации, обработанной между настоящим моментом и концом времени бесконечно. Я утверждаю, что имеет смысл говорить о вечном существовании жизни только тогда, когда число мыслей, образованных между настоящим и концом времени действительно бесконечно. Но мы знаем, что каждая "мысль" соответствует как минимум одному обработанному биту. Следствием этой части условия 2 является то, что продолжительность времени более правильно измерять скоростью мышления, а не собственным временем атомных часов. Промежуток времени, требующийся разумному существу, чтобы обработать 1 бит информации - продумать одну мысль - есть прямая мера "субъективного" времени, и следовательно более важная мера времени с точки зрения жизни. Личность, которая думает или переживает (принципиальной разницы между этими состояниями нет), в 10 раз быстрее, чем средняя личность, в фундаментальном смысле проживает в 10 раз больше, чем средняя личность, даже если хронологический возраст быстро думающей личности короче, чем у средней.

Различие между собственным и субъективным временем, принципиальное для условия 2, очень сходно с различием между двумя формами длительности в томистической философии. Фома Аквинский различал три типа длительности. Первым был *tempus*, который измерялся изменением отношений (например, позиций) между физическими телами на Земле. *Tempus* аналогичен собственному времени; изменения как в человеческом мозгу, так и в атомных часах пропорциональны истинному времени, и для Аквинского также, *tempus* контролировал изменения в умах материальных существ. Но в томистической философии длительность для святых существ – ангелов - контролировалась не материей, скорее она измерялась изменениями мысленных состояний самих этих существ. Второй тип длительности назывался у Аквинского *aevum*, он совершенно аналогичен тому, что я назвал "субъективным временем". *Tempus* становится *aevum* когда душа освобождается из уз материи. Аналогично, условие 2 требует, что скорость мышления контролируется все меньше и меньше собственным временем по мере того, как T приближается к своему будущему пределу. *Tempus* плавно переходит в *aevum* в будущем.

Третьим типом длительности в томизме является *aeternitas*: длительность, переживаемая только Богом. *Aeternitas* можно представить как переживание всех событий *tempus* и *aevum* в прошлом, настоящем и будущем во всей вселенной сразу. Определение *aeternitas*, данное христианским философом Бетиусом (480-524 гг.) в его книге "Утешение в философии" (которую он написал ожидая в тюрьме казни за измену) гласит: "... вечность, следовательно

является законченным и полным владением неограниченной жизнью в целом и сразу". Но подробнее об aeternitas позже.

Условие 3 вводится потому, что хотя условие 2 необходимо для существования жизни вечно, но оно не достаточно. Если компьютер с конечным объемом хранилища информации - вспомним из главы 2 что это значит, что такой компьютер является конечным автоматом - будет действовать вечно, это значит, что он начнет повторять себя снова и снова. Психологический космос стал бы ницшеанским Вечным Возвращением. Каждая мысль и каждая последовательность мыслей, каждое действие и каждая последовательность действий повторялись бы не однажды, а бесконечное число раз. Я подробно показал в предыдущей главе, что такая вселенная была бы морально уродливой или бессмысленной. Даже раньше, чем св. Августин (чьи возражения против Вечного Возвращения я цитировал в предыдущей главе), первый великий христианский теолог Ориген отвергал идею того, что "Иисус придет снова, чтобы посетить эту жизнь, и сделает то же самое, что он сделал, не только один раз, но бесконечное число раз, в соответствии с циклами". Один из ранних отцов церкви, св. Климент также отвергал Вечное Возвращение точно по такой же причине. Все христианские теологи согласны между собой: христианский космос прогрессивен.

Только если условие 3 добавлено к условию 2, можно избежать психологического Вечного Возвращения. Ориген подчеркивал, что такое психологическое Вечное Возвращение сделало бы цели человечества бессмысленными (и это привело его к тому, что он отверг идею реинкарнации). Также, видимо верно утверждать, что "субъективно" конечный автомат существует только конечное время, даже если он может существовать бесконечное количество собственного времени и обработать бесконечное число данных. О существе (или последовательности поколений) можно по настоящему сказать, что они существуют вечно, только если они физически способны, по крайней мере в принципе, иметь новые переживания и думать новые мысли.

Давайте теперь рассмотрим, позволяют ли физические законы жизни обработке информации длиться вечно. Фон Нейман и другие показали, что обработка информации (более точно, необратимое хранение информации) ограничивается первым и вторым законами термодинамики. Хранение одного бита информации требует наличия определенного минимального количества свободной энергии, это количество обратно пропорционально температуре (см. приложение для точной формулы). Следовательно, обработка и хранение бесконечного объема информации между настоящим и конечным состоянием вселенной возможны только если интеграл по времени от P/T является бесконечным, где P - есть энергия, использованная для вычисления а T - температура. Таким образом, законы термодинамики позволяют обработать бесконечное количество информации в будущем, если достаточное количество энергии будет доступно в течение всего будущего времени.

Что значит "достаточно" - зависит от температуры. В открытых и плоских расширяющихся вселенных температура падает до нуля в пределе бесконечного времени, так что все меньше и меньше энергии требуется для обработки одного бита с течением времени. Действительно, в плоской вселенной только конечное количество всей энергии достаточно для обработки бесконечного числа битов. Конечная энергия таким образом распределяется по бесконечному времени. С другой стороны, замкнутые вселенные, заканчиваются сингулярностью бесконечной плотности и температура стремится к бесконечности по мере приближения к сингулярности. Это означает, что вблизи конечной сингулярности количество энергии, требуемой на один бит будет расти. Однако, почти все замкнутые вселенные испытывают "сплющивание" когда они коллапсируют в конечную сингулярность. Это означает что они сжимаются с разными скоростями в разных направлениях. Как я отмечал в

главе 2, такое сжатие приводит к увеличению разницы между температурой излучения, идущего с разных направлений, и такая разница может обеспечить достаточно свободной энергии для бесконечного количества информации, обрабатываемой между настоящим и конечной сингулярностью, несмотря на то, что количество собственного времени между настоящим и концом времени является конечным в замкнутой вселенной. Таким образом, хотя замкнутая вселенная существует только конечное количество собственного времени, она тем не менее может существовать бесконечно в субъективном времени, которое является мерой длительности, важной для живых существ.

В большинстве замкнутых вселенных сплющивания недостаточно, чтобы получить необходимую энергию. Однако, существует особый тип замкнутых вселенных, в котором энергия сжатия является достаточной. Это такие вселенные, которые коллапсируют только в одном направлении, оставаясь неизменного размера в двух других. Такие вселенные называются вселенными Тауба, в честь математика А. Тауба из Калифорнийского университета, который их открыл (мне повезло быть его ассистентом в начале 70-х). Рисунки 4.4 и 4.5 показывают коллапс вселенной Тауба и температурные различия в ней.

Рисунки 4.4 и 4.5 изображают коллапс в одном и том же направлении. Вселенная становится все более и более похожа на сплюснутую сферу. В действительности это очень нестабильная форма коллапса. Почти всегда происходит так, что сначала вселенная может сжиматься на короткое время, потом возвращаться к сферической форме, потом снова испытывать Тауб-подобный коллапс но в другом направлении.

Однако, если жизнь уже заполнит всю вселенную прежде, чем начнется коллапс Тауба, она сможет использовать нестабильность, чтобы продолжить коллапс Тауба в том же направлении, с тем, чтобы вселенная становилась более сплюснутой, чем она могла бы быть без вмешательства жизни. Жизнь захочет этого, жизнь должна будет сделать это, для того, чтобы максимизировать разницу температур в разных направлениях. Вспомним из главы 2, что отношение температур равно отношению размеров вселенной в разных направлениях. Чем больше разница температур, тем больше энергия, доступная жизни. Как я обсуждал в главе 2, энергия для жизни с необходимостью приходит из коллапса вселенной как целого. Доступная энергия стремится к бесконечности, по мере того, как вселенная стремится к нулевому размеру и бесконечной температуре и плотности. Парадоксально, но вселенная должна закончиться финальной сингулярностью в конечное собственное время для того, чтобы жизнь выжила в бесконечном субъективном времени.

Экспериментальные тесты для Теории Точки Омега.

Хотя законы термодинамики допускают удовлетворение условий 1 - 3 в открытой и плоской вселенной, это не значит, что это допускают другие законы физики. Как я обсуждал в главе 3, Фриман Дайсон показал, что хотя энергия доступна в открытых и плоских вселенных, обработка информации должна будет производиться во все больших и больших истинных объемах. Этот факт неизбежно делает невозможным любую связь между противоположными сторонами "обитаемой" области в плоской вселенной, поскольку красное смещение требует возрастающих количеств энергии для посылки сигнала, а Дайсон показал, что доступно только конечное количество энергии. С другой стороны открытые вселенные расширяются в будущем так быстро, что это делает невозможным образование каких-либо структур для успешного хранения возрастающих объемов информации. Это приводит к

Первое проверяемое предсказание Теории Точки Омега: вселенная должна быть замкнута.

Однако, существует проблема в большинстве замкнутых вселенных - появляется горизонт события, который предотвращает связь. Горизонты событий - это поверхности в пространстве-времени, которые отделяют в нем области, с которыми может общаться наблюдатель от тех, с которыми он общаться не может. Горизонт событий для для любого наблюдателя с бесконечным будущим есть таким образом его световой конус прошлого, как видно из рисунка 4.3. Если вселенная замкнута, тогда в настоящее время она очень близка к тому, чтобы быть одного и того же размера во всех направлениях - мы говорим, что она изотропна. Если она останется изотропной на всем протяжении своей будущей истории, тогда ее π -граница будет иметь ту же топологию, что и ее пространственные части: она будет трехмерной сферой. Диаграмма Пенроуза представляет удобный способ изображения пространства-времени. На рисунке 4.7 представлена диаграмма Пенроуза для замкнутой фридмановской вселенной с доминированием материи.

Фридмановская вселенная - это пространство-время, которое изотропно и гомогенно везде. Доминирование материи означает просто, что все гравитационное притяжение происходит благодаря массе покоя материи. Нет никаких давлений, о которых можно говорить в больших масштабах. Наша вселенная, по-видимому является вселенной такого сорта, и в ней световой луч или релятивистская ракета может достичь противоположного конца вселенной вскоре после того, как начнется обратный коллапс (см. глава 2). Если бы, с другой стороны, большинство материи, обеспечивающей гравитацию находилось бы в форме света, мы имели бы вселенную с доминированием излучения. Такая вселенная расширялась бы более быстро, чем вселенная с доминированием материи: свет и релятивистские ракеты могли бы достичь только половины пути к противоположной стороне, прежде чем начался бы обратный коллапс. Если бы мы не знали, что наша вселенная - с доминированием материи, это могло бы быть еще одним предсказанием.

Почти во всех замкнутых вселенных есть горизонты событий. Во вселенной Тауба они также есть. Но существует редкий класс замкнутых вселенных, в которых нет горизонтов событий. Отсутствие горизонтов событий означает по определению, что каждая мировая линия всегда может послать световой сигнал другой мировой линии. Это означает, что все мировые линии имеют один и тот же световой конус прошлого, который следовательно, должен быть равен всему пространству-времени. Но это означает, что π -граница этих редких замкнутых вселенных, лишенных горизонтов событий должна быть одной точкой. Тогда мы имеем

Второе проверяемое (?) предсказание Теории Точки Омега: будущая π -граница вселенной состоит из единственной точки; назовем ее Точкой Омега (отсюда название теории).

Я даю в приложении пример простой Фридмановской вселенной с Точкой Омега. Такая модель, однако, нефизична, потому, что она требует отрицательного давления, то есть гравитация вблизи Точки Омега становится отталкиванием. Я также показываю, что любая Фридмановская вселенная с Точкой Омега с необходимостью имеет отрицательное давление, так что если Точка Омега будет иметь место в нашей вселенной, это значит, что последняя должна отклониться от изотропии в далеком будущем. Я могу добавить, что исчезновение горизонтов усиливает первое предсказание: я

показываю в приложении, что если будущая π -граница является единственной точкой, то вселенная с необходимостью замкнута.

Но мы знаем, что вселенная будет отклоняться от изотропии в будущем. Она будет коллапсировать с различными скоростями в разных направлениях. Американский физик

Чарльз Миснер предложил способ, используя который можно получить точечную p -границу в замкнутой вселенной только с положительным давлением. Тауб-подобный коллапс не только обеспечит для жизни разницу температур. Он также устраняет горизонты. Или, скорее, устраняет их в одном направлении. Если луч света будет послан в направлении коллапса вселенной Тауба, он сможет обойти вселенную бесконечное число раз в этом направлении до наступления конечной сингулярности. То есть, в этом направлении не будет горизонта события. К несчастью, горизонты события все еще существуют в двух других направлениях. Идея Миснера была в следующем предположении: вселенная испытывает Тауб-подобный коллапс в одном направлении, достаточный для того, чтобы свет мог обойти целую вселенную в этом направлении, затем вселенная становится более сферической, а потом испытывает Тауб-подобный коллапс в другом направлении, достаточный, чтобы луч света обошел ее в этом направлении. Потом процесс повторяется в третьем направлении.

Повторяясь бесконечное число раз такие тройные серии Тауб-подобных коллапсов полностью ликвидируют горизонты, поскольку свет будет способен обойти всю вселенную бесконечное число раз во всех направлениях. Исходно Миснер предположил этот механизм для начала времени, но потом отказался от своей идеи, когда понял, что существует очень малая вероятность того, что вселенная перейдет из одного экстремального коллапса Тауба в другой. Я говорю "экстремальный коллапс Тауба" потому, что для того, чтобы свет мог обойти коллапсирующую вселенную только один раз в направлении коллапса, вселенная должна сжиматься в этом направлении примерно в 70 раз. И даже если случайно вселенная сожмется в одном направлении в 70 раз, а в двух других останется неизменной, то крайне невероятно, что потом она снова будет сжиматься, в другом направлении в 70 раз, а остальные измерения не будут меняться. Почти всегда вселенная сжимается одновременно во всех направлениях.

Однако, жизнь может использовать нестабильности чтобы заставить вселенную переходить из одного экстремального коллапса Тауба в другой. Хаос, который существует в уравнениях Эйнштейна - как раз то самое место, которое это позволяет. Таким образом, жизнь должна направлять вселенную из одного коллапса Тауба в другой по двум причинам: во-первых, коллапс Тауба максимизирует доступную энергию, во вторых это единственный путь устранить горизонты когда все давления положительны. Но жизнь должна заселить всю вселенную, для того, чтобы направить последнюю по этому пути. Если жизнь попытается форсировать коллапс Тауба в масштабе, отличном от всей вселенной образуются горизонты и жизнь окажется в области, которая будет сворачиваться более быстро, чем вся вселенная. Информационные процессы могут продолжаться только в закрытой вселенной, которая заканчивается точечной p -границей, и при этом информационные процессы с необходимостью охватывают всю замкнутую вселенную. Другими словами, жизни для того, чтобы сохраниться, даже на самом примитивном уровне существования необходимо населить всю вселенную в какой-то момент будущего. Жизнь не имеет возможности оставаться в ограниченной области. Простое выживание диктует расселение. Но если жизнь завоевывает вселенную, тогда она имеет возможность существовать на более процветающем уровне.

Можно сделать и другие предположения. Например детальный анализ (см. приложение) того, как энергия должна быть использована для хранения информации приводит к

Третье проверяемое предсказание Теории Точки Омега: плотность состояний частицы должна стремиться к бесконечности, когда энергия стремится к бесконечности, но тем не менее плотность состояний растет не быстрее, чем энергия в кубе.

Эти предсказания лишь показывают, что Теория Точки Омега - это теория будущего

жизни во вселенной. К сожалению, это не слишком весомые или полезные предсказания, но нужно помнить, что физическая эсхатология очень молодая наука, и для развития новой идеи в физике нужно время. Рассказывают, что премьер-министр Великобритании, посетив М. Фарадея, только что сделавшего свое великое открытие электромагнетизма, спросил его: "А на что годится электричество, мистер Фарадей?" Фарадей ответил: "А на что годится новорожденный младенец? Вы должны подождать, пока он вырастет".

Эйнштейн изобрел космологию в 1917. Первое солидное предсказание в космологии, фоновое излучение вселенной, имеющее температуру 3 градуса Кельвина было сделано в 1948, и подтверждено в 1965. Янг и Миллс изобрели теорию локальной меры в 1954, Глэшоу использовал эти идеи в теории электрослабого взаимодействия в 1961, но массы частиц в ней брались от руки, теория была очевидно нелогична. Вейнберг и Салам добавили Хиггсовский механизм образования массы к теории Глэшоу в 1967 и 1968 соответственно, а т'Хуфт доказал, что теория Глэшоу-Вейнберга-Салама математически обоснована в 1971. Нейтральные токи, первое солидное предсказание этой теории были открыты в 1973. Даже в физике 20 века нужно около двадцати лет, чтобы получить действительно полезные результаты новой теории. Одно из последних предсказаний, которое пришло ко мне в феврале 1992 и может удовлетворять критерию полезности -

Четвертое проверяемое предсказание Теории Точки Омега: масса верхнего кварка должна быть 185 ± 20 ГэВ, а масса бозона Хиггса должна быть 220 ± 20 ГэВ. Эти числа говорят, что ширина бозона Хиггса должна быть 2,1 ГэВ, а отношение ширин распада бозона Хиггса на обратно поляризованные Z-бозоны и поляризованные по долготе Z-бозоны должно быть 0,55.

В частности, верхний кварк может быть найден (95% уверенности) когда общая светимость Теватрона Лаборатории Ферми достигнет 200 обратных пикобарн. Это значит, что он может быть найден во время двухгодичного пробега коллайдера, который начался в мае 1992, и который накопит светимость в 100 обратных пикобарн к концу 1994. (Если масса верхнего кварка меньше, чем 100 ГэВ, его могли бы найти в сентябре 1992. Я предсказывал, в феврале 1992, что этого не будет, и этого действительно не случилось. Верхний кварк будет найден после полного пробега 1992-1994, если

его масса меньше 150 ГэВ). Однако, Теватрон найдет верхний кварк после 1996, поскольку планируется усовершенствование его главного инжектора в 1995, и это усовершенствование позволит найти верхний кварк в 1997, если его масса меньше 200 ГэВ, что является верхней границей оценки его массы из косвенных экспериментов. Во время пробега коллайдера Теватрона в 1988-89 было найдено одно событие, которое могло бы быть образованием пары верхний кварк-антикварк. Если бы это было так, тогда экспериментальные данные дают верхнего кварка в 120 ГэВ. Теория Точки Омега настаивает, что это событие не было образованием пары кварк-антикварк. В октябре 1992 текущий пробег Теватрона обнаружил событие, показанное на рис. 4.10, которое опять могло бы быть созданием пары кварк-антикварк. В этом случае обнаруженная масса верхнего кварка равна 180 ГэВ, в точности то, что предсказывает теория.

Предсказанная масса бозона Хиггса слишком велика, чтобы его можно было обнаружить на Теватроне, но масса в 220 ГэВ безусловно может быть найдена на ЦЕРНовском Большом Адроновом Коллайдере, который намечен к запуску в 1999. Общей светимости в 10^4 обратных пикобарн будет достаточно, чтобы найти бозон Хиггса; это значит, что даже более скромной светимости, чем та, которую разработчики планируют для Большого Адронического Коллайдера будет достаточно. Теория Точки Омега говорит, что бозон Хиггса будет найден в 2000 на Большом Адроновом Коллайдере (БАК). Если Сверхпроводимый Суперколлайдер (ССК) будет закончен в 2002, как намечено, на нем

можно будет найти бозон Хиггса в 2003.

Все эти даты предполагают, что инструменты будут закончены, когда это изначально запланировано. К сожалению, такое завершение зависит не от физиков или инженеров, а от политиков. Как я говорил, есть даже некоторое сомнение, будут ли фонды для усовершенствования главного инжектора Теватрона. Стоимость такого усовершенствования около 200 миллионов долларов, что очень мало, по сравнению с затратами на БАК (2 миллиарда) и ССК (10 миллиардов), но в наши дни гигантского бюджетного дефицита...

Четвертое проверяемое предсказание получено из анализа процесса, с помощью которого информация, которая кодируется жизнью будет перенесена с обычной материи (в которой она закодирована сейчас) в форму, способную противостоять возрастающим температурам вблизи конечной сингулярности Точки Омега. Математические детали даны в приложении.

Но идея, лежащая в основе четвертого предсказания легка для объяснения. Информация может быть закодирована с помощью молекулярных систем - ее сегодняшней основы (как люди, так и компьютеры сейчас созданы из молекул), только до тех пор, пока температура излучения вселенной меньше, чем типичная энергия связи молекул. В зависимости от того, как много излучения будет генерировано жизнью в будущем, температура вселенной достигнет этого предела когда она свернется до размера примерно между ее нынешним размером и одной тысячной от него. Следовательно, информация должна быть перенесена на другую основу до наступления этого времени. Для того, чтобы этот перенос был эффективным, жизнь должна послать сигналы во всех направлениях по крайней мере один раз между временем максимального расширения и временем переноса информации. Помня, что вселенная должна сжиматься в 70 раз, чтобы позволить жизни послать сигналы через всю вселенную в одном из направлений, это означает, что вселенная должна быть в момент своего наибольшего расширения по крайней мере в 70^3 раз больше своего настоящего размера. Кроме того, она не может быть много больше этого размера при максимальном расширении, иначе вселенная будет слишком близка к плоской модели, в которой жизнь умрет, прежде чем максимальное расширение будет достигнуто. Но размер вселенной при максимальном расширении определяется двумя числами: константой Хаббла, которая говорит нам как быстро вселенная расширяется сейчас, и параметром плотности, который говорит о том, как быстро масса вселенной замедляет скорость ее расширения. Таким образом это может дать

Пятое проверяемое предсказание Теории Точки Омега: параметр плотности вселенной (Q) должен быть $4 \cdot 10^{-4} < Q < 4 \cdot 10^{-6}$, а константа Хаббла должна быть меньше или равна 45 км/сек-мпарсек.

Но это лишь дает жизни возможность перенести информацию на другой субстрат. Единственным субстратом, который по-видимому будет доступен при низких температурах, и на который данный перенос можно будет сделать является сама вселенная. То есть, я предполагаю, что информация будет храниться в движущихся или стоячих волнах, используя саму вселенную как замкнутый объем для этих волн. Однако, кодирование информации во вселенной как целом может потребовать по крайней мере нескольких обходов светом во всех направлениях так, чтобы при этом температура и следовательно средний размер вселенной оставался постоянным. При сценарии Миснера этого не происходит, потому, что он требует сворачивания вселенной.

Но это может поле Хиггса (если оно реально). В соответствии со Стандартной Моделью в физике элементарных частиц, поле Хиггса пронизывает все пространство. Плотность энергии поля Хиггса может быть рассчитана, и она должна быть в 10^{54} раз

больше плотности энергии материи. Такое вычисление находится в согласии с экспериментом только если существует равное мощное отталкивающее гравитационное силовое поле, называемое Космологической Константой, которое компенсирует поле Хиггса везде в пространстве. Пока температура не станет очень высокой - около 100 ГэВ или 1000 триллионов градусов Цельсия эти всеобщие поля балансируют друг друга.

Однако, поле Хиггса изменяется при сжатии, а Космологическая Константа - нет. Это означает, что жизнь может использовать такое сжатие чтобы уменьшить поле Хиггса, позволяя таким образом отталкивающей Космологической Константе замедлить скорость коллапса вселенной. Вспомним, что даже во Фридмановской вселенной возможна модель, в которой свет обходит вселенную, если присутствует отрицательное давление - отталкивающая гравитационная сила. Грубый подсчет показывает, что изменения поля Хиггса при сжатии достаточно, чтобы позволить жизни замедлить коллапс вселенной для осуществления требуемого обхода ее светом в промежутке времени между максимальным расширением вселенной и тем моментом, когда температура станет слишком горячей для молекулярного субстрата жизни.

Такое количество обходов светом должно быть максимализовано, и это соответственно максимализует вероятность того, что жизни удастся этот перенос. Соответственно масса бозона Хиггса должна быть максимальной. Но если массы бозона Хиггса и верхнего кварка будут слишком велики, то уравнения Стандартной Модели станут нестабильными для существующих сейчас условий. Таким образом мы получаем допустимые массы бозона Хиггса и верхнего кварка. Они даны в четвертом предсказании.

Не только массы бозона Хиггса и верхнего кварка должны иметь специфические значения, но и гравитационная отталкивающая сила Космологической Константы должна становиться заметной когда температура становится достаточно высокой. Этот эффект можно было бы наблюдать во время так называемых фазовых переходов Вейнберга-Салама. К сожалению я не знаю, как обчислить результаты этого эффекта, и поэтому не могу сделать определенных предсказаний.

Как я обсуждал в главе 2, для того, чтобы жизнь могла действовать согласованно в самых огромных масштабах и была бы способна использовать хаос в уравнениях Эйнштейна, вселенная должна оставаться однородной в большом масштабе до времени обратного коллапса еще 10^{18} лет в будущее. Однако, должны быть некоторые неоднородности в ранней вселенной, иначе не смогли бы существовать звезды и галактики. Поскольку неоднородности имеют тенденцию расти со временем, вселенная будет однородной в больших масштабах только если амплитуда неоднородностей в этих масштабах сейчас является очень малой. Амплитуда неоднородностей обычно выражается в понятии контраста плотности массы DR/R_0 , где DR - вариация плотности, отнесенная к средней плотности R_0 . Это дает

Шестое проверяемое предсказание Теории Точки Омега: спектр энергии контраста плотности DR/R_0 должен быть типа Харрисона-Зельдовича. Кроме того, амплитуда контраста плотности в самых больших масштабах, которые мы можем видеть, должна быть меньше, чем $2 \cdot 10^{-4}$, и соответственно этому, температурные флуктуации фонового космического излучения должны быть меньше чем $6 \cdot 10^{-5}$.

Спектр энергии типа Харрисона-Зельдовича вводится потому, что это единственный тип спектра, который согласуется со вселенной, которая все еще будет примерно Фридмановской во время обратного коллапса, но которая также начинается с исходной Фридмановской сингулярности. Самые большие масштабы, которые мы можем видеть - это граница видимой вселенной. Амплитуда этого спектра получена исходя из того факта, что

неоднородности в масштабе видимой вселенной не могут расти слишком сильно пока биосфера не достигнет пределов видимой вселенной. Неоднородности в таком масштабе было бы невозможно устранить в то время, когда вселенная начнет коллапсировать, и это в свою очередь означало бы появление горизонтов, что невозможно в соответствии со вторым предсказанием.

Как я обсуждал в главе 2, вселенная остывает по мере расширения. Это означает, что было время в прошлом, когда вселенная была настолько горяча, что она была непрозрачна как Солнце. Эту температуру вселенная имела когда ее объем составлял одну тысячную от теперешнего. Когда вселенная расширилась дальше, она резко стала прозрачной для излучения, и таким образом, когда мы наблюдаем фоновое космическое излучение, мы смотрим на вселенную в точности в тот момент, когда она стала прозрачной. Этот момент определяет границу видимой вселенной.

Данное предсказание в действительности разрешает Проблему Изотропии в космологии. Вспомним, что изотропия означает одинаковость во всех направлениях. Температура космического фонового излучения замечательно изотропна: она одна и та же во всех направлениях с точностью до 10^{-5} . Объяснение такой изотропии было серьезной проблемой, поскольку, если во вселенной доминировало излучение или материя со времен сингулярности Большого Взрыва 20 миллиардов лет назад, и расширение было в среднем изотропным, тогда излучение, приходящее с любого данного направления никогда за всю свою историю не будет в причинном контакте с излучением, приходящим из противоположного направления. Мы знаем из опыта, что когда два тела имеют ту же самую температуру, они обычно побывали в контакте. Но две части ранней вселенной из которых приходит фоновое излучение равны по температуре с точностью до 10^{-5} , хотя они никогда не были в причинном контакте.

Миснер старался объяснить температурную изотропию, говоря, что различные области были в причинном контакте, поскольку расширение не было изотропным: оно было Тауб-подобным, что разрешает множество обходов света. Но как мы видели выше, это объяснение Миснера не работает.

В 1981 Алан Гут из MIT предложил другое объяснение, которое он назвал "раздуванием". В модели Гута расширение вселенной от сингулярности Большого Взрыва не было ни с доминированием материи, ни с доминированием излучения. Напротив, в ранней вселенной существовала отталкивающая сила, в чем-то аналогичная Космологической Константе, описанной выше, которая "раздула" очень малую область, находившуюся в причинном контакте. Таким образом, в обоих решениях Проблемы Изотропии - Миснера и Гута - противоположные части неба имеют одинаковую температуру, потому что они однажды побывали в причинном контакте.

В моем решении эти температуры одинаковы потому, что в противном случае вселенная в далеком будущем будет негостеприимным местом для жизни. Будущее граничное условие определяет прошлое, а не прошлое граничное условие определяет будущее. Обычно люди думают, что это прошлое определяет будущее, а не наоборот. Но если уравнения эволюции детерминистичны, а время симметрично, как это и есть в уравнениях Эйнштейна, тогда граничные условия могут быть даны в любой момент времени; и точно так же правомерно думать, что будущее определяет прошлое.

Шестое предсказание показывает, что Теория Точки Омега по крайней мере так же сильна в смысле космологической модели как и Модель Раздувания. Обе теории предсказывают одинаковый спектр энергии для контраста плотности. Но в Теории Раздувания есть трудности с предсказанием амплитуды этого спектра и следовательно трудности с предсказанием амплитуды малых флуктуаций в фоновом космическом излучении. Такие флуктуации должны присутствовать в настоящем, поскольку ненулевой

контраст плотности будет искажать фоновое излучение. Зная амплитуду и спектр энергии можно рассчитать амплитуду температурных флуктуаций фонового космического излучения. Ответ таков: амплитуда температурных флуктуаций меньше, чем $6 \cdot 10^{-5}$, что по порядку величины находится внутри ее наблюдаемой величины - $5 \cdot 10^{-6}$. Детали даны в приложении. Наши нынешние знания в космологии слишком ограничены, чтобы сделать вычисления, дающие более точный ответ, чем порядок величины.

Шестое предсказание важно, потому, что оно показывает, что контраст плотности в областях, которые никогда не были в причинном контакте тем не менее можно объяснить с помощью механизма, отличного от раздувания. Как я сказал выше, это объяснение приходит из конечного, а не начального граничного условия: что жизнь должна существовать на всем пути к Точке Омега.

Теологические выводы: вездесущность, всеведение и всемогущество.

Давайте теперь рассмотрим теологические выводы из Теории Точки Омега. То, что из теории можно сделать эти выводы станет ясным, если я перескажу ряд сделанных выше заключений более понятными словами. Как я указывал выше, для того, чтобы операции по обработке информации могли осуществляться вблизи Точки Омега, жизнь должна настолько распространить эти операции так, чтобы охватить ими весь физический космос. Мы можем говорить, совершенно определенно, что жизнь вблизи Точки Омега вездесуща. По мере приближения к Точке Омега выживание диктует то, что жизнь должна коллективно завоевать контроль над всей материей и всеми доступными источниками энергии вблизи конечного состояния, и этот контроль становится полным в Точке Омега. Мы можем сказать, что жизнь становится всемогущей в тот момент, когда достигает Точки Омега. Поскольку, согласно гипотезе, хранимая информация становится бесконечной в Точке Омега, логично говорить, что Точка Омега является всеведущей; Он/Она знает все, что только возможно о физической вселенной (и следовательно, о Себе Самой).

Точка Омега обладает и четвертым свойством. Вспомним, что говоря математически, п-граница есть полное завершение пространства-времени: она в действительности не является пространством-временем, но находится "вне" его. Вспомним также, что п-граница, состоящая из единственной точки эквивалентна полному набору точек пространства-времени (рассматриваемому как единое) и определенному бесконечному собранию поднаборов точек пространства-времени (всех световых конусов прошлого). Другими словами, Точка Омега не просто вся конечная реальность, она кроме того еще и восполнение (completion) всей конечной реальности. Идея Бога, как восполнения является стандартной в теологии. Как утверждает немецкий теолог Вольфхарт Панненберг, "... Бог обычно понимается по аналогии с человеком в том, что Он должен привести к совершенству все. Человек верит, что для этого совершенствования предназначен и он сам, но оно реализуется в его личной жизни лишь частично и ограниченно".

Окончание пространства-времени является одновременно и всем пространством-временем и в то же время находится вне его. (Вне пространства-времени, поскольку Точка Омега является не индивидуальными точками пространства-времени, но всеми такими точками, понимаемыми как единое целое). Будет логично сказать, что Точка Омега является "и трансцендентной и в то же время имманентной" для каждой точки пространства-времени. Когда жизнь охватит всю вселенную, она будет включать в себя все больше и больше материи, и различие между живым и неживым утратит свой смысл.

Можно и по другому взглянуть на такое включение всего пространства-времени в

Точку Омега. Все различные мгновения истории вселенной коллапсируют в Точку Омега; "длительность" Точки Омега можно рассматривать как эквивалент набора всего опыта всей жизни, которая была, есть и будет существовать во всей истории вселенной, вместе со всеми неживыми мгновениями. Такая "длительность" очень близка идее aeternitas томистической философии. Мы могли бы сказать, что aeternitas есть эквивалент объединения всего tempus и aevum. Если мы принимаем идею о том, что жизнь и персональность включают изменения по самой своей природе (для того, чтобы пройти тест Тьюринга, например, существо должно делать хоть что-нибудь), тогда такое отождествление - это единственный способ получить Личность, Которая всеведуща, и следовательно, чье знание не может измениться: всеведение есть с необходимостью качество неизменного во времени конечного состояния, состояния, тем не менее эквивалентного собранию всех ранних, невсеведущих изменяющихся состояний. Точка Омега в своей имманентности представляется Личностью, поскольку, в любой момент нашего будущего коллективная система обработки информации произведет, или будет способна произвести подпрограммы, которые смогут пройти Тест Тьюринга; высокий уровень интеллекта потребуются, по крайней мере на коллективном уровне, для того, чтобы выжить в постоянно усложняющихся внешних условиях вблизи конечного состояния.

Строго говоря, я не знаю, будет ли Точка Омега в своей имманентности иметь человеческий тип разума, правда на высшем уровне его воплощения. (Идея "уровней воплощения" обсуждалась в главе 2). Наверно нет; разум человеческого типа - это проявление очень низкого уровня обработки информации: как обсуждалось в главе 2, скорость обработки информации в нем составляет от 100 до 10000 гигафлопс, а компьютерная емкость хранения информации только 10^{15} бит. Тем не менее, Точка Омега является Личностью (во всем времени нашего будущего), потому, что Существо с таким уровнем вычислительных возможностей может легко создать подпрограмму, которая способна пройти Тест Тьюринга, для того, чтобы говорить за Него/Нее. Как я буду обсуждать в следующих главах, наши воскрешенные "Я" возможно будут взаимодействовать с такой подпрограммой; возможности человека не позволяют ему общаться напрямую с высшем уровнем воплощения, которым обладает Точка Омега в тот момент, когда мы будем воскрешены (этот высший уровень будет тогда кодировать не меньше чем $10^{10^{123}}$ бит, я покажу в главе 10 как рассчитать это число). За неимением лучшего термина, я буду называть всеобщую универсальную систему обработки информации в ее существовании в любой момент глобального времени "вселенским разумом".

Существует интересная связь между моим утверждением о том, что Точка Омега является личностью, поскольку содержит подпрограмму, способную пройти Тест Тьюринга, и христианским понятием Личности, того как это слово применяется к Богу. В классическом греческом языке слово *prosopon* - (*persona* - это латинский эквивалент) - первоначально значило "лицо" или "физиономия", но кроме этого слово означало и маску, которую носил актер, чтобы обозначить тот характер, который он играет. Но в 4 век н.э. (когда дебаты о Троице достигли своей высшей точки) это слово стало означать те врожденные аспекты человеческого склада ума, которые отличают одно человеческое существо от другого. Сегодня слово "личность" означает весь индивидуальный человеческий разум, включая врожденные и приобретенные в процессе обучения аспекты каждого индивидуального характера. Поскольку когда Точка Омега будет взаимодействовать с нами, человеческими существами как личность (как малая подпрограмма), тогда Он/Она будет выявлять только малую часть своего полного характера, из этого следует, что Точка Омега является Личностью в первоначальном смысле этого слова и в смысле 4 века. Имея много подпрограмм, проходящих Тест Тьюринга, Точка Омега может быть многими Личностями; Он/Она имеет много "ликов". "Три Лица Бога" или "много Ликов Точки Омега" не означает тритеизм или политеизм. Идея многих "ликов" Бога в действительности заключена в самых

первых стихах Библии: "В начале создал Бог небеса и землю." (Быт. 1:1). Исходно, на еврейском языке, слово переведенное как "Бог" - это слово "Elohim", что является множественным числом.

Я буду иногда использовать такие выражения как "Точка Омега воскресит нас" или "Точка Омега любит нас" в последующих главах, и в этих выражениях я буду говорить о Точке Омега в одном из Его/Ее имманентных Личных аспектов в далеком будущем. Я никогда не буду добавлять "трансцендентность" или "имманентность" к "Точка Омега", но вместо этого я буду давать контекст, который прояснит, что я имею в виду. В Библии есть примеры такого способа изложения. Например, когда Бог говорит с Моисеем из горящего куста, там говорится (Исх. 3:2) "... ангел Господень явился ему из пламени в середине куста...", в то время, как двумя стихами далее говорится "Когда Господь(Lord) увидел, что он отвернулся, Бог(God) позвал его из этого куста..." но там не говорится, что ангел исчез и ему на смену пришел Бог. Другими словами, "ангел" в этом выражении означает Бога в Его/Ее имманентном аспекте. Подобный внезапный переход от "ангела Господня" к "Господу" происходит в книге "Бытие" в стихах 16:7 и 16:13, когда Бог разговаривает с Агарью. Редакторы из Оксфордского Университета говорят в примечании об обоих случаях: "Здесь "ангел Господень" - это не небесное существо, подчиняющееся Богу, но сам Господь в его земном выражении". Можно пойти дальше, и утверждать, что все ангелы, упомянутые в Библии по именам - Михаил, Гавриил, Рафаил и Уриил - означают Бога в Его имманентности. Все эти имена оканчиваются на "-ил", что означает "Бог". Значения этих слов на еврейском определены: "Михаил" - "Кто есть Бог", "Гавриил" - "Мощь Бога", "Рафаил" - "Исцеляющая Сила Бога", "Уриил" - "Огонь Бога". Определенно, что логично рассматривать одну из суперпрограмм вселенского разума в далеком будущем, обладающую подпрограммой способной пройти Тест Тьюринга, как "ангела". Как я говорил, эти программы все вместе составляют Точку Омега в Его/Ее имманентности.

Такое включение всей прошлой, настоящей и будущей истории вселенной в Точку Омега не просто математическая натяжка. Такое отождествление в действительности означает, что Точка Омега "переживает" всю историю вселенной "сразу". Давайте посмотрим, что для нас значит "переживать" какое-либо событие. Это значит, что мы обдумываем и эмоционально ощущаем то событие, которое мы видим, слышим, чувствуем и т.д. Предположим для простоты, что наши ощущения ограничиваются только зрением. Мы видим другого человека, современного нам, посредством тех световых лучей, которые отразились от него мгновение назад. Но мы не можем "видеть" человека, который умер много веков назад, потому, что его световые лучи давно покинули солнечную систему. И наоборот, мы не можем "видеть" Туманность Андромеды как она есть сейчас, мы видим ее какой она была 2 миллиона лет назад. Таким образом, мы переживаем как одновременные те события, которые находятся на границе нашего светового конуса прошлого (это верно для зрения, для других чувств картина более сложная, потому, что мы переживаем как одновременные те события, которые достигают нас в одно и то же мгновение вдоль определенных времяподобных кривых внутри нашего светового конуса прошлого).

Но все времяподобные и светоподобные кривые сходятся в Точку Омега. В частности, все световые лучи от всех людей, которые умерли тысячи лет назад, которые живут сейчас, и которые будут жить тысячи лет спустя, пересекутся там. Световые лучи от людей, умерших тысячи лет назад не потеряны навечно; напротив, эти лучи будут перехвачены Точкой Омега. Или, говоря по другому, эти лучи будут перехвачены снова и снова теми живыми существами, которые населят всю физическую вселенную вблизи Точки Омега. Вся информация, которую можно будет извлечь из этих лучей будет извлечена в момент Точки Омега, Которая следовательно будет переживать все время целиком и одновременно, точно так же как мы переживаем одновременно Туманность Андромеды и человека в одной

комнате с нами. (Я должен предупредить читателя, что я игнорировал проблему прозрачности и проблему утраты когерентности этими световыми лучами. Пока мы не принимаем их в расчет, невозможно точно сказать, как много информации можно будет извлечь из прошлого. Но на базовом онтологическом уровне (при условии, что поддерживается глобальная гиперболичность (детерминизм)) вся информация из прошлого (=вся история вселенной) остается в физической вселенной и доступна для анализа в Точке Омега). В своем "Утешении в философии" Бетиус цитирует Платона: "... мы должны следовать Платону, говоря, что Бог в действительности вечен, но мир бесконечен (поскольку мир - это не только событие одновременного настоящего)". Таким образом, Точка Омега является вечной.

Закljučая данную главу: неопределенно долгое существование жизни не только возможно физически; оно также естественно приводит к модели Бога, Который эволюционирует в Его/Ее имманентном аспекте (события в пространстве-времени), и в тоже время вечно совершенен в Его/Ее трансцендентном аспекте (Точка Омега, которая не является ни временем, ни пространством, ни материей, но выше всего этого).

ГЛАВА 6. Квантовая версия Теории Точки Омега.

Основные идеи квантовой космологии.

В традиционной квантовой космологии вселенная представлена волновой функцией $R(h,F,S)$, в то время как в классической общей теории относительности h и F являются соответственно пространственной метрикой и негравитационными полями, заданными на фиксированной трехмерной свертке S (Вспомним из главы 5, что "свертка" - это основное, базисное "пространство", а метрика - мера расстояний на этом пространстве). Трехмерная свертка и ее топология фиксированы. Начальными данными в квантовой космологии являются не (h,F) , заданные на S , как в случае классической общей теории относительности, а $R(h,F,S)$. Для этих начальных данных уравнение, называемое уравнением Уиллера-ДеВитта определяет $R(h,F,S)$ для всех значений h и F . Другими словами, волновая функция, а не метрика или негравитационное физическое поле является в квантовой космологии фундаментальным физическим полем. Должна быть задана только начальная волновая функция, но заданная однажды, она определена везде. То, что мы понимаем как самые фундаментальные поля в классической общей теории относительности, h и F , играют роль координат в квантовой космологии. Но это не означает, что h и F не являются реальностью. Они так же реальны, как и в классической теории. Но это означает, что более, чем одно h и F существуют на S в одно и то же время. Чтобы понять это, вспомним, что классическая метрика $h(x)$ является функцией пространственных координат на свертке S . Эта метрика имеет ненулевые значения во всех точках S ; то есть, для всей области значений координат, изменяющихся на S , когда мы перемещаемся в пространстве от одной точки к другой. Каждое значение $h(x)$ одинаково реально, и все значения h во всех точках S существуют одновременно. Сходным образом, точками в области значений переменных волновой функции $R(h,F,S)$ являются различные значения h и F , каждый набор (h,F) соответствует полной вселенной в данный момент времени. Центральное утверждение Интерпретации многих миров состоит в том, что все эти вселенные на самом деле существуют, точно так же как различные значения $h(x)$ существуют в различных точках S : квантовая реальность составлена из множества вселенных (миров). Конечно, мы не осведомлены об этих мирах, мы знаем только свой мир, но законы квантовой механики могут это объяснить: мы так же не ощущаем других миров, как мы не ощущаем движения Земли вокруг Солнца. (В предельном

случае, возле сингулярностей миры могут влиять друг на друга).

Чтобы зафиксировать начальные классические данные мы выбираем функцию $h(x)$ из бесконечного числа возможных метрических функций, которые могут существовать на S . Все эти возможные миры образуют пространство функций. Чтобы зафиксировать начальные квантовые данные, мы выбираем волновую функцию $R(h,F,S)$ из бесконечного числа возможных волновых функций, которые могут существовать на классическом пространстве функций (h,F) . Нужно однако помнить, что все значения функционального пространства (h,F) реально существуют на S одновременно. В квантовой космологии собрание всех возможных волновых функций составляет набор возможных миров; то, какая единственная волновая функция реализуется в действительности, является случайным. Но все возможные миры классической космологии - пространство всех физически возможных (h,F) - больше не является случайным. Они все существуют реально.

В традиционной квантовой космологии не существует времени на самом фундаментальном физическом уровне. Волновая функция вселенной $R(h,F,S)$ - это все, что есть, и в ней нет ссылки на четырехмерную свертку M или четырехмерную метрику g . На самом основном, онтологическом уровне, времени не существует. Как это может быть? Конечно, мы видим время. Или мы его создаем? То, что мы видим - это взаимоотношения между объектами (конфигурациями физических полей) в пространстве. Все, что мы имеем - это пути (траектории) в собрании (h,F) всех возможных взаимоотношений физических полей на S . Но этого достаточно, потому, что каждый такой путь определяет историю, полное пространство-время.

Чтобы понять это, представим, что мы находимся в точке P на (h,F) , и выбрали определенный путь g на (h,F) , который начинается в P . Каждая точка соответствует целой вселенной (пространственно). Когда мы движемся вдоль g , отношения между физическими полями будут плавно меняться от своих значений в P . Такая вариация будет выглядеть изнутри g как временная вариация, поскольку каждая точка g - это полная пространственная вселенная, а последовательность точек, следовательно - это последовательность пространственных вселенных. Но это то же самое, что и в случае классической четырехмерной свертки M , (где еще одно измерение образуется за счет "складывания в стопку" последовательностей S , одну на другую) с метрикой пространства-времени g в пространственно-временными полями F . В проведенном ранее анализе мы получили (M,g) как расширение S и ее полей.

Все пути на (h,F) реально существуют, что с необходимостью означает, что все, я имею в виду все, истории, которые не противоречат основной физической субстанции вселенной (h,F) реально существуют. В частности, даже истории, которые во многом не согласуются с законами физики реально существуют. Очевидно, что на (h,F) существуют и замкнутые пути, так что есть истории, где Вечное Возвращение является истиной. Существуют также истории, ведущие к нашему теперешнему настоящему, в которых реальные исторические личности (например Юлий Цезарь) никогда не существовали. В такой истории физические поля перераспределяют друг друга во времени (более точно, вдоль пути, соответствующего такой странной истории), таким образом, чтобы создать ложную память, причем не только память человеческих существ, но и "память" в виде многочисленных рукописей и монументов. Точно так же, как бесконечное число прошлых ведут к настоящему моменту, точно так же из него исходят бесконечные варианты будущего. Так что любое непротиворечивое будущее не только возможно, но существует на самом деле. Но, конечно не все будущие одинаково вероятны. То есть, существует один путь на (h,F) , ведущий из данной точки P , который значительно более вероятен, чем все остальные. Такой путь называется фазовым путем. Вдоль такого пути, по крайней мере в нижнем энергетическом пределе, соблюдаются законы физики и память правдива. В этом случае нижнего

энергетического предела мы можем назвать такой путь классическим путем. Классический путь на (h,F) , это такой путь, который создает классическое пространство-время (M,g) , подчиняющееся уравнениям Эйнштейна.

До сих пор я еще ничего не сказал о том, что же делает сама волновая функция R . Но это должно быть нечто физически определяемое, что закодировано только в полях (h,F) . Если она не вызывает никакого физического эффекта, мы можем просто убрать ее из физики, она не имела бы реального существования. Но я утверждал выше, что R является реальным полем, таким же реальным, как и (h,F) .

То, что определяет R - это набор всех фазовых путей и также "вероятностей" которые связаны с каждой точкой и каждым путем на (h,F) . Волновая функция является комплексной, и как все комплексные функции она имеет амплитуду и фазу. Фазовые пути по определению, это такие пути, которые перпендикулярны поверхности с постоянной фазой. Квадрат амплитуды в точке P на (h,F) дает "вероятность" этой точки. Гейзенберг и Мотт показали, что если "вероятность" имеет свой обычный смысл, тогда задав тот факт, что мы приближенно находимся в точке P , условная вероятность перехода в ближайшую точку Q является максимальной, если Q лежит на фазовом пути, проходящем через P , по крайней мере в случае гамильтониана нерелятивистской свободной частицы. Относительная вероятность очень близка к 1 вдоль фазового пути, и очень быстро падает к нулю, если мы сдвинемся с него в сторону.

В волновой функции содержится вся физика. На самом деле, сами законы физики полностью избыточны. Они кодируются в волновой функции. Классические законы физики - это просто такие соотношения, которые наблюдаются вдоль фазового пути наблюдателем, находящимся на этом пути. Вдоль других путей могут быть другие соотношения, другие законы физики. И все другие пути существуют, и следовательно другие законы физики реально соблюдаются; правда, крайне мала вероятность того, что мы сможем увидеть, как они действуют. Само уравнение Уиллера-ДеВитта также довольно избыточно. Это просто подпорка, облегчающая нахождение действительной волновой функции вселенной. Если мы знаем граничное условие, которому удовлетворяет эта функция, тогда мы можем вывести уравнение Уиллера-ДеВитта, которое будет просто частным уравнением, одним из многих, которому волновая функция удовлетворяет. Таким образом в квантовой космологии нет больше реальной случайности в законах физики. Любой закон физики соблюдается вдоль фазового пути, и этот закон, направляемый волновой функцией вселенной может быть выведен из этой функции. Вся случайность в квантовой космологии заключена в самой волновой функции, или скорее в граничном условии, которое выбирает одну волновую функцию, которая и существует реально.

Граничное условие Точки Омега для волновой функции вселенной.

Я буду предполагать, что областью квантовой гравитации является класс всех четырехмерных сверток, которые удовлетворяют Лоренцевой метрике g ; та же самая область, что и в классической общей теории относительности.

Глава 8.

Точка Омега и физическая вселенная существуют с необходимостью.

Онтологический аргумент в компьютерной науке.

Предположим, что с физической точки зрения доказано, что Точка Омега реально существует. Можно ли тогда все еще утверждать, что Бог существует отдельно и независимо от Точки Омега? Нет, если мы докажем, что Точка Омега "существует с необходимостью", в широком логическом смысле термина "необходимость", так что отвергнуть такое существование было бы логическим противоречием. Со времен Канта существует утверждение, что "существование не есть предикат", и Фреге расширил это кантовское утверждение до "существование не есть предикат первого уровня". Философы чувствовали, что в общем онтологический/космологический аргумент неправилен. Если это так, то любое доказательство существования Бога невозможно, поскольку, по мнению Канта "Физико-теологическое доказательство основывается на космологическом, а космологическое на онтологическом." Кроме того, ученые-логики в целом полагали, что доказать существование чего-либо средствами одной логики невозможно. Я утверждаю, что как философы, так и логики неправы: думаю, что можно доказать, что вселенная существует с необходимостью. Доказательство будет основано на анализе смысла слова "существование". Это не будет пересмотр онтологического аргумента тысячелетней давности. Доказательство будет базироваться на некоторых довольно очевидных метафизических выводах современной компьютерной науки и космологии. То, что такие научные теории имеют такие выводы, не удивительно; во всех фундаментальных теориях делаются неявные метафизические утверждения о фундаментальной природе реальности. Обычно в науке истинность метафизики проверяется экспериментами в физике. Корректные предсказания ньютоновской небесной механики подтверждали не только эту механику, но и метафизическую теорию о детерминистичности вселенной. Как станет ясно дальше, онтологический аргумент, который я привожу является очевидным выводом из тех идей, которые занимают центральное место в современной компьютерной науке.

Симуляция и эмуляция.

Большая часть компьютерной науки посвящена созданию симуляций тех явлений, которые существуют в физическом мире. В такой симуляции, математической модели, изучаемый физический объект кодируется программой. Эта модель включает в себя максимально возможное число характеристик изучаемого объекта (ограниченное, конечно, нашим знанием этих характеристик и ресурсами компьютера). Когда программа исполняется, модель эволюционирует во времени. Если исходная модель точна, если она включает достаточно ключевых характеристик реального объекта, такая эволюция во времени будет с достаточной точностью повторять развитие во времени реального объекта, и таким образом можно будет предсказывать важные особенности, которые будет иметь в будущем реальный объект.

Предположим, что мы пытаемся симулировать город, заселенный людьми. Сейчас такие симуляции создаются, но пока они очень приблизительны. Но предположим, что все больше и больше параметров реального города включены в нашу симуляцию. В частности, все больше и больше характеристик каждой индивидуальной личности. В принципе мы можем представить себе симуляцию настолько совершенную, что каждый отдельный атом в каждом человеке и каждом объекте в городе имеет свой аналог в симуляции. Давайте представим, что в предельном случае такая симуляция абсолютно совершенна: каждое свойство настоящего города и людей в нем точно представлены в симуляции. Кроме того,

давайте предположим, что когда такая программа исполняется на некоем гигантском компьютере, эволюция во времени симулированного города и людей в нем в точности повторяет реальную эволюцию во времени настоящего города с его людьми. Абсолютно точная симуляция чего-либо называется эмуляцией. Сегодня единственное, что мы можем эмулировать в компьютерах - это другие компьютеры, но в следующей главе я покажу, что истинная эмуляция реальных физических объектов в принципе возможна.

Ключевой вопрос таков: существуют ли эмулированные люди? Насколько они сами могут это сказать - да. По предположению, любое действие, которое могут совершить реальные люди, чтобы решить, существуют ли они, - думать, взаимодействовать с другими людьми, - могут и эмулированные люди, и они это делают. Просто не существует способа для эмулированных людей, которым они могли бы определить, что "реально" они внутри компьютера, что они просто эмуляции. Они не могут соприкоснуться с реальным веществом, физическим компьютером изнутри своей программы. Можно представить себе даже эмуляцию всей физической вселенной, содержащей в частности всех людей, которые живут в реальной вселенной, и которая точно повторяет эволюцию во времени реальной вселенной. И снова, не существует способа для людей внутри эмулированной вселенной, чтобы сказать им, что они - просто последовательности чисел, перемалываемые компьютером, а не реальные люди. А как мы сами можем решить, не являемся ли и мы попросту симуляциями внутри гигантского компьютера? Очевидно, что никак. Но очевидно, что мы реально существуем. Следовательно, я утверждаю, что если для физической вселенной возможно быть в абсолютно точном соответствии с ее симуляцией, то мы должны использовать идентичность по неразличимости и отождествить эту вселенную и ее совершенные эмуляции. Идентичность по неразличимости - это философское правило, введенное Лейбницем. Согласно ему, сущности, которые не могут быть различены по какому-либо признаку, даже в принципе, в любой момент прошлого, настоящего и будущего, должны считаться идентичными.

Как обсуждалось в главе 2, когда физический компьютер эмулирует другой компьютер, эмулируемый компьютер называется виртуальной машиной. Говорят, что он существует в виртуальной реальности. Но такая эмуляция компьютеров может и не ограничиваться одним уровнем. Эмулируемый компьютер может эмулировать третий компьютер, и так без конца. Такая иерархия компьютерных симуляций называется уровнями воплощения. Можно быть осведомленным только о более высоких уровнях воплощения. Самый низкий уровень воплощения называется окончательной реальностью. Как я указывал выше, мы не можем знать, является ли наша собственная вселенная окончательной реальностью.

Но возможно ли для вселенной быть в точном, один к одному, соответствии с какой-либо эмуляцией? Я полагаю, что да, если мы обобщим то, что понимается под симуляцией. В компьютерной науке симуляция - это программа, которая в своей основе является как бы картой, отображающей набор целых чисел сам на себя. То есть, инструкции программы говорят компьютеру как перейти из настоящего состояния, представленного последовательностью целых чисел, к следующему состоянию, также представленному такой последовательностью. Но давайте вспомним, что на самом деле нам не нужен физический компьютер; начальная последовательность чисел и общее правило (инструкции или карта) для замены существующей последовательности следующей - вот все, что необходимо. Но это общее правило само может быть выражено как последовательность чисел. Таким образом, если бы время существовало глобально, и если бы самые фундаментальные основы физической вселенной и временные переходы между одним моментом и следующим, были бы дискретны, тогда совершенно определенно все пространство-время могло бы быть в соответствии "один в один" с некоторой программой. Но время может не существовать

глобально (оно не существует, если традиционная квантовая космология верна), и субстанцией вселенной могут быть непрерывные поля, а не дискретные объекты (во всех существующих физических теориях основной субстанцией являются непрерывные поля). Так что, если действительная вселенная описывается чем-либо подобным существующим теориям, то она не может быть в соответствии "один в один" со стандартной компьютерной программой, которая основывается на целых числах. Сейчас не существует модели "непрерывного" компьютера. Тьюринг даже утверждал, что это бессмысленно.

Но давайте взглянем более широко на то, что считать симуляцией. Рассмотрим набор всех математических понятий. Давайте считать, что совершенная симуляция существует, если физической вселенной можно сопоставить в соответствие "один в один" некие внутренне непротиворечивые поднаборы всех математических понятий. В таком смысле "симуляция" вселенной может быть создана, поскольку "симуляция" означает, что такая вселенная может быть исчерпывающе "описана" логически непротиворечивым способом. Отметим, что "описание" не требует того, чтобы мы или другие ограниченные (или неограниченные) разумные существа могли в действительности найти такое описание. Может случиться так, что реальная вселенная распадается на бесконечную иерархию уровней, когда кто-то пытается исчерпывающе ее описать. В таком случае создать "Общую теорию всего" невозможно. Тем не менее, может оставаться истинным то, что "симуляция" в более общем смысле, существует, если каждый такой уровень будет находиться в соответствии "один в один" с некоторым математическим объектом, и такие уровни взаимно согласуются ("согласуются" означает, что в случае несоответствия между уровнями существует правило, тоже математический объект, для того, чтобы решить, какой уровень корректен). Критическим моментом такого обобщения является установление того, что реальная физическая вселенная - это нечто входящее в набор всех математических объектов. Это следует из того, что вселенная имеет совершенную симуляцию, а мы согласны с тем, что вселенная отождествляется со своей симуляцией. Таким образом, на наиболее основном, онтологическом уровне физическая вселенная - это концепт.

Алгоритм для установления того, какие концепты существуют физически.

Но конечно же не все концепты существуют физически. Однако некоторые существуют. Какие же? Ответ дает предыдущий анализ программ. Те симуляции, которые достаточно сложны, чтобы содержать наблюдателей - думающих и чувствующих существ - как подсимуляции, существуют физически. И кроме того, они существуют физически по определению: потому что это именно то, что мы понимаем под существованием, то, что думающие и чувствующие существа ощущают, что они сами существуют. Вспомним, что симулированные чувства и мысли являются реальными. Поэтому действительная физическая вселенная, в одной из которых мы сейчас ощущаем свои мысли и чувства, существует с необходимостью, по определению того, что мы понимаем под существованием. Физическое существование является определенным типом взаимоотношений между концептами. Существование таким образом является предикатом, но предикатом определенных, очень очень сложных симуляций. Конечно это не предикат простых простых концептов, таких как "100 талеров". (Кант использовал 100 талеров как пример сущности, для которой существование не является принадлежностью - предикатом - кроме ее физических атрибутов, таких как металл, определенный размер и т.д.)

С равной необходимостью будут существовать и другие различные вселенные. В частности, вселенная, в которой мы делаем что-нибудь немного отличающееся от того, что

мы делаем здесь, также будет существовать (конечно, при условии, что такие действия не будут логически противоречить остальной части вселенной). Но здесь нет ничего нового; все это уже присутствует в онтологии Интерпретации Многих Миров. Сколько же в точности вселенных существует физически зависит от того, как вы определяете "думающих и чувствующих существ". Если вы принимаете узкое определение - что такие существа должны по крайней мере иметь такую же степень сложности как человек - тогда набор возможных вселенных достаточно узок: в нашей с Дж. Барроу книге "Антропный космический принцип" мы обсуждали, как тонко должна быть настроена наша вселенная, чтобы содержать в себе существ, подобных нам.

Что произойдет, если вселенская симуляция завтра прекратиться? Коллапсирует ли тогда вселенная в несуществование? Конечно, такое прекращение симуляций существует математически. Но если нет внутренней причины, различимой изнутри самой симуляции, способной ее прекратить, она может быть перенесена внутрь большей симуляции, которая не прекращается. Поскольку именно наблюдения существ внутри симуляции определяют, что существует физически, и поскольку с их точки зрения ничего не случится

ГЛАВА 9.

Физика воскресения из мертвых к вечной жизни.

Общественное бессмертие как следствие Теории Точки Омега.

Предположим, что Точка Омега действительно существует. Можем ли мы, смертные человеческие существа найти надежду в этом факте? Я полагаю, что можем. Потому, что надежда в своем фундаментальном смысле означает, что будущее окажется лучше, чем настоящее или прошлое. Даже на самом материалистическом уровне будущее существование Точки Омега могло бы дать нашей цивилизации уверенность в возрастании общего благосостояния, постоянно увеличивающегося знания, и в буквальном смысле бесконечного прогресса. Такой постоянный оптимизм "встроен" в определение Точки Омега, данное в главе 4. Такой словесный оптимизм поддерживает ортодоксальную христианскую позицию в видении мира природы против, скажем, гностической точки зрения. В ортодоксальном христианстве физическая вселенная добра по своей природе, потому, что создана всемогущим и всеведущим божественным Существом, Которое является всеблагим.

Конечно, из физики следует и другое: хотя наша цивилизация может продолжаться вечно, наш вид, *Homo sapiens* с необходимостью должен исчезнуть, точно так же, как индивидуальное человеческое существо должно с необходимостью умереть. Потому, что по мере приближения к Точке Омега температура стремиться к бесконечности везде во вселенной, и для нашего типа жизни просто невозможно выжить в таких условиях. (Несуществование Точки Омега нам мало поможет. Если вселенная была бы открытой и бесконечно расширяющейся, тогда температура падала бы до нуля при таком расширении. В холодном будущем такой вселенной недостаточно энергии для выживания *Homo sapiens*. К тому же, протоны вероятно распадаются, а мы состоим из атомов, в которые входят протоны.)

Но смерть *Homo sapiens* (кроме смерти человеческих индивидуальностей) является злом только в ограниченной системе ценностей. По человечески важно то, что мы думаем и чувствуем, а не специфическая телесная оболочка, которая одевает человеческую личность. Точно так же, как внутри вида *Homo sapiens* личность является личностью независимо от того, мужчина это или женщина, черный или белый, так же и разумное существо является

личностью независимо от того, принадлежит ли оно к виду Homo sapiens или нет. Сейчас народы неевропейского происхождения имеют более высокий прирост рождаемости, чем европейцы, и следовательно процент Homo sapiens европейского происхождения уменьшается. Человеческая раса меняет свой цвет. В моей личной системе ценностей такая смена цвета выглядит морально нейтральной; важными являются общие условия нашей цивилизации: возрастаем ли мы в своем знании и мудрости? Безусловно, наши научные знания больше, чем 100 лет назад, и хотя мы сделали много серьезных отступлений, я думаю тем не менее, что мы мудрее, чем наши прапрадеды. Если Точка Омега существует, то такое продвижение будет продолжаться беспрестанно. Наши виды - это промежуточный шаг на бесконечно длинной временной Цепи Жизни которая составляет всю жизнь в пространстве-времени. Принципиальный шаг, но все же только шаг. Действительно, это логическое необходимое следствие вечного прогресса - наш вид должен исчезнуть. Потому, что мы - конечные существа, мы имеем определенные ограничения. Наш мозг может кодировать столько информации, что мы можем понимать только довольно простые аргументы. Если жизнь на своем подъеме однажды достигнет Точки Омега, в этот миг наиболее развитые умы должны быть не Homo sapiens. Наследниками нашей цивилизации должны быть другие виды, их наследниками другие, и так ad infinitum (до бесконечности) до Точки Омега. Мы должны умереть - как индивидуальности, как виды - для того, чтобы наша цивилизация могла жить. Но тот вклад в цивилизацию, который мы делаем как индивидуальности переживет наши индивидуальные смерти. Судя по тому, как быстро развиваются сейчас компьютеры, я могу догадываться, что следующим поколением разумных существ в буквальном смысле будут машины, обрабатывающие информацию. Имея нынешнюю скорость развития компьютеры достигнут человеческого уровня обработки информации и способности к обобщению примерно в течение века, совершенно точно - за тысячу лет.

Физический механизм индивидуального воскрешения.

Многие найдут уверения в том, что жизнь как целое бессмертна мало утешительным для их собственной смерти как индивидуальностей. Они чувствуют, что по настоящему добрый Бог мог бы как-нибудь обеспечить также и индивидуальную жизнь после смерти. Вспомните обсуждение томистского aeternitas в главе 4. Там я говорил, что если вселенная глобально гиперболична (детерминистична), вся информация, содержащая всю историю человечества, включая каждую деталь каждой личной жизни будет доступна для анализа всем сообществом жизни в далеком будущем. По крайней мере в принципе (снова игнорируем трудности извлечения надежной информации из фонового шума) для жизни далекого будущего возможно сконструировать, используя эту информацию совершенно точную симуляцию этих прошлых жизней: действительно, эта симуляция достаточно близка к нашим нынешним жизням, с точки зрения Точки Омега. И в 8 главе я утверждал, что достаточно совершенная симуляция живого существа будет живой. Ниже я приведу аргументы в пользу того, что Точка Омега применит Его/Ее энергию для того, чтобы осуществить такую симуляцию. Вкратце я покажу, что тяга к полному знанию (которое будет искать жизнь в будущем для того, чтобы выжить и которое может быть достигнуто только в Точке Омега), видимо достаточно для такого анализа прошлого и следовательно симуляция видимо будет проведена.

Тогда физический механизм воскрешения таков: мы будем эмулированы в компьютерах далекого будущего. Таким образом, как обсуждалось в главах 2 и 8, техническим термином для реальности, которую воскрешенные личности будут населять в будущем является "виртуальная реальность" или "киберпространство".

Такое воскрешение не зависит от возможности извлечь достаточно информации из светового конуса прошлого. В действительности всеобщее воскрешение физически возможно даже если вообще никакой информации об индивидуумах нельзя извлечь из светового конуса прошлого. Поскольку ресурсы вселенского компьютера возрастают без ограничений по мере приближения к Точке Омега, то следовательно, если будут постоянно сохранены хотя бы самые грубые описания нашего нынешнего мира, тогда неизбежно придет время, когда ресурсов компьютера будет достаточно, чтобы симулировать наш сегодняшний мир просто грубой силой – симуляцией всех логически возможных вариантов нашего мира. Например, человек имеет около 110000 активных генов. Это значит, что человеческий геном может кодировать около 10^{10^6} генетически различных людей. Далее, человеческий мозг может хранить от 10^{10} до 10^{17} бит, что дает от $2^{10^{10}}$ до $2^{10^{17}}$ возможных людских памяти. Отсюда, имеется около $10^{10^{17}}$ различных человеческих состояний. Я покажу дальше, что эмуляция всех возможных вариантов нашего мира, так называемой видимой вселенной, может потребовать около $10^{10^{123}}$ бит компьютерной памяти и что такой объем неизбежно будет доступен в далеком будущем.

Доказательство того, что эмуляция всей видимой вселенной физически возможна.

Точка Омега возможно захочет эмулировать людей при помощи симуляции всех возможных квантовых состояний, соответствующих человеческому существу. Возможное число таких состояний определяется максимальным количеством информации, которое может сохраняться внутри сферы радиуса R . Оно дается Ограничением Бекенштейна: информация, кодируемая внутри меньше или равна $3 \cdot 10^{43}$ бит, умноженных на на массу внутри сферы в килограммах и на радиус сферы в метрах. (Применяя Ограничение Бекенштейна мы должны полагать массу как форму энергии: $E=mc^2$). Поскольку типичный человек весит меньше 100 кг и меньше, чем 2 м роста (и таким образом уместается внутри сферы диаметром 1 м) получаем, что человеческое существо может кодировать $3 \cdot 10^{45}$ бит или меньше. Таким образом имеется не больше чем $10^3 \cdot 10^{45}$ (что примерно составляет $10^{10^{45}}$) возможных квантовых состояний, в которых может находиться человеческое существо. С той мощностью компьютеров, какая будет неизбежно доступна, Точка Омега может просто симулировать все из них. Знание только человеческого генома будет достаточно для этого. И даже если информация о человеческом геноме не сохраниться до тех пор, пока ресурсы компьютеров станут достаточными, можно будет воскресить всех возможных людей зная только, что их геном кодируется ДНК. Простая симуляция всех жизненных форм, которые могут кодироваться ДНК (информационная стабильность требует, чтобы это число было конечным) будет включать и всех логически возможных людей. Возможно даже будет смоделировать все возможные видимые вселенные. Число возможных видимых вселенных было впервые определено Пенроузом, оно составляет $10^{10^{123}}$.

Ограничение Бекенштейна следует из основных постулатов квантовой теории в комбинации с такими предположениями: 1) система ограничена в энергии и 2) система ограничена или локализована в пространстве. Строгое доказательство Ограничения Бекенштейна может потребовать квантовой теории поля, но достаточно легко описать в целом почему квантовая механика приводит к такому ограничению на информацию, кодируемую в ограниченной области. В своей основе Ограничение Бекенштейна является проявлением принципа неопределенности. Вспомним, что принцип неопределенности говорит нам, что существует предел точности с которой мы можем измерять момент частицы и ее положение. Более точно, принцип неопределенности гласит, что положение точки в фазовом пространстве не может быть определено точнее, чем постоянная Планка h .

Поскольку состояние системы определяется ее локализацией в фазовом пространстве, это означает, что число возможных состояний меньше или равно размеру области фазового пространства где данная система может находиться, деленного на размер минимального фазового пространства, постоянную Планка. Такая процедура вычисления состояния, основанная на существовании абсолютного минимума размера, h , является крайне важной методикой в квантовой статистической механике. Мы уже использовали ее в главе 3, чтобы доказать почти полную периодичность ограниченной квантовой системы. Она подтверждена тысячами экспериментов, основанных на такой методике вычисления. В физике элементарных частиц высоких энергий любое вычисление "перекрестного сечения" требует подсчета возможного числа начальных и конечных состояний частицы, и для этого применяется выше изложенный метод. Поперечное сечение, мера того, как много частиц рассеиваются в определенном направлении когда они сталкиваются в ускорителе, является основной количественно проверяемой величиной в физике элементарных частиц. Ограничение Бекенштейна на число возможных состояний таким образом подтверждается корректностью рассчитанных перекрестных сечений. В целом, Ограничение Бекенштейна на максимальную информацию, которая может быть закодирована в данной области является абсолютно надежным выводом современной физике, таким же надежным как Скала Гибралтара.

Также можно использовать Ограничение Бекенштейна чтобы вывести верхнюю границу скорости обработки информации. Время, которое требуется свету для пересечения сферы данного диаметра равно этому диаметру, деленному на скорость света. Поскольку состояние внутри сферы не может полностью измениться пока сигнал идет с одной стороны на другую, скорость обработки информации ограничена сверху Ограничением Бекенштейна, деленным на этот промежуток времени. Подставляя числа мы получаем, что скорость изменения состояний меньше или равна $4 \cdot 10^{51}$ бит в секунду, умноженному на массу системы в килограммах. То есть, скорость обработки информации, возможная для системы зависит только от ее массы, а не от пространственного размера или других переменных. Так, человеческое существо массой около 100 кг, не может менять свои состояния быстрее, чем $4 \cdot 10^{53}$ раз в секунду. Конечно это число огромно, (и в действительности человек меняет свои состояния вероятно много медленнее) но оно конечно.

Из Ограничения Бекенштейна следует, что используя компьютер с памятью, объем которой дается этим Ограничением, компьютерная симуляция личности, планеты, видимой вселенной, не только будет очень удачной, она будет совершенной. Она будет эмуляцией. Как я утверждал в главе 8, эмуляция сущности является этой сущностью. Эмулированный человек будет состоять из эмулированных клеток тела, состоящих из эмулированных молекул, состоящих из эмулированных атомов, состоящих из эмулированных электронов, кварков и глюонов. Ни один эксперимент, использующий экспериментальную установку, которая находится внутри видимой вселенной не сможет различить эмуляцию и оригинал. Эмуляция и оригинал будут одним и тем же. (Если симуляция человека совершенна, эта симуляция также будет иметь онтологическую свободную волю. Можно показать, что это будет находиться в согласии с Ограничением Бекенштейна следующим образом. Ограничение Бекенштейна предполагает, что состояние вакуума уникально, так что никакой информации в вакуумных флуктуациях не содержится. Таким образом, хотя число состояний, в которых может находиться человек, конечно, переходы между ними тем не менее не детерминистичны, если генератор случайностей в мозгу человека использует эти флуктуации, как обсуждалось в главе 8, и это находится в согласии с Ограничением. Для свободной воли симуляция должна быть связана с этими флуктуациями, которые существуют на самом базовом онтологическом уровне.)

Может возникнуть вопрос, насколько морально такое воскрешение посредством

грубой силы: так будут воскрешены не только умершие, но и те люди, которые никогда не жили. Однако, центральное утверждение физики Многих Миров (глава 5) и метафизики Многих Миров (глава 8) заключается в том, что все люди и все истории, которые могут существовать, действительно существуют. Они просто не существуют на нашей фазовой траектории, и таким образом мы не имеем сведений о них. Воскрешенный может не беспокоиться, на какой фазовой траектории его воскресили, на его собственной или другой, - поскольку он воскрешен. Если персональная идентичность между исходным и воскрешенным человеком требует, чтобы они оба были в одинаковом квантовом состоянии, тогда воскрешение грубой силой будет необходимо, чтобы обойти Теорему Не-клонирования, которая говорит, что невозможно сконструировать аппарат, который может дублировать (клонировать) произвольное квантовое состояние. Другими словами, не может быть построена ни одна машина, которая берет объект в состоянии R на входе и генерирует на выходе два объекта в таком же состоянии R для любого произвольного R . Но тем не менее правда, что для любого частного состояния R_1 возможно построить машину A_1 , которая будет брать на входе объект в состоянии R_1 и давать на выходе два объекта, каждый из которых будет в том же состоянии R_1 . Таким образом, если мы знаем, что система может находиться в одном из конечного числа квантовых состояний R_i для $i=1,2,\dots,10^{10^{70}}$ в случае человека, тогда единственный способ для того, чтобы быть уверенным в том, что давно умерший человек воскрешен заключается в том, чтобы сделать $10^{10^{70}}$ устройств и генерировать $10^{10^{70}}$ возможных человек. Как я показал выше, можно будет снизить эту верхнюю границу.

Теорема Не-клонирования является выражением того, что обычно называют "квантовой нелокальностью", обозначающей тот факт, что сложные квантовые системы, которые однажды провзаимодействовали навсегда становятся одинаковыми, не имеет значения, как далеко они будут отстоять друг от друга пространственно. В случае клонирующей машины, если состояние R объекта произвольно, тогда клонирующая машина должна будет изменить это состояние чтобы его определить, и такое изменение состояния может удвоить исходный объект и клонирующую машину таким образом, что эти два "дубликата" могут и не быть в том же самом квантовом состоянии, что и оригинал. Но если клонирующая машина построена для того, чтобы дублировать определенное состояние, начальное изменение состояния не является необходимым; удвоения не происходит.

Квантовая нелокальность важна для воскрешения людей в их квантовых состояниях, поскольку она означает, что необходимо будет воспроизвести не только индивидуальность в изолированном виде, но и ее окружение. В частности, ежедневное взаимодействие людей между собой удваивает их квантовомеханически, так что будет необходимо воспроизвести квантовые состояния соответствующие всему роду человеческому в каждый момент времени. Поскольку люди также взаимодействуют с неживой природой, для того, чтобы получить точное квантовое состояние может оказаться необходимым реплицировать всю видимую вселенную. Но, как я показал выше, все возможные видимые вселенные могут быть воспроизведены в их квантовых состояниях если объем памяти компьютера достигнет по крайней мере $10^{10^{123}}$ бит. В далеком будущем ресурсы вселенского компьютера будут много много больше.

Когда будут воскрешены мертвые ?

Мертвые будут воскрешены, когда ресурсы компьютера вселенной станут настолько велики, что объем памяти, требуемый для сохранения всех возможных человеческих симуляций будет составлять лишь незначительную часть от всеобщего объема. Поскольку

объем ресурсов для хранения информации стремится к плюс бесконечности примерно как t^{-1} , где t - собственное время, и в Точке Омега $t=0$, воскрешение произойдет между 10^4 - 10^{10} и 10^4 - 19^{123} секундами перед Точкой Омега. (Не имеет значения, в чем измерять время - в годах, секундах или планковских интервалах (10^{-43} сек), все эти масштабы дадут примерно один и тот же порядок величины из-за двойной экспоненты). Эти числа основаны на положении, что личность не считается воскрешенной пока он/она не эмулирована - повторена в точности в своих квантовых состояниях. Однако, дальше я утверждаю, и Ганс Моравец также показывает в своей книге "Разум-дитя", что симуляция в действительности не обязательно должна быть эмуляцией квантовых состояний, чтобы рассматриваться как исходная личность. Мы оба, Моравец и я, чувствуем, что если самые существенные элементы личности симулированы, то этого вполне достаточно, чтобы идентифицировать ее с исходной. Если так, то приведенные выше числа указывают верхнюю границу, и действительное воскрешение произойдет много раньше. Моравец полагает, что оно случится, когда наши машинные потомки населят галактику Млечного Пути.

Но даже в этом случае мертвые не будут воскрешены еще тысячи лет как минимум. Это пугает многих людей, которые беспокоятся о том, что будут делать их души в это время. Вот как об этом говорит Дж. Апдайк:

"Идея о том, что мы будем спать века и века без малейшего проблеска сновидений пока наши тела будут превращаться в пыль, а камни на наших могилах сравняются с землей, наверно так же ужасна, как и полное уничтожение."

Душа не будет ничего делать, даже спать сном без сновидений, потому, что она не будет существовать. Человеческая душа не является природно бессмертной, и когда вы умираете, вы умираете до тех пор, пока Точка Омега не воскресит вас. Но между моментом вашей смерти и моментом вашего воскрешения не проходит ни секунды субъективного времени, хотя во вселенной пройдут триллионы лет. Эта точка зрения поддерживалась И. Ньютоном. Он показывает это ссылаясь на обещание Иисуса разбойнику на кресте - "Сегодня ты будешь со мной в раю" (Лк.,23:43). Поскольку, всеобщее воскресение произойдет через тысячи лет после смерти Иисуса и разбойника, обещание "сегодня" может быть верным только если нет промежутка в субъективном времени разбойника между его смертью и воскресением.

Почему мертвые будут воскрешены?

Симуляция всех возможных вариантов, из которых можно прийти к будущему, почти наверняка будет сделана из тяги ко всеобщему знанию. Из нашей собственной тяги к знанию того, как началась жизнь на нашей планете мы пытаемся симулировать (воскресить) все возможные формы примитивной жизни, которые случайно возникали на доисторической Земле. Строго говоря, вопрос о том, будем ли мы воскрешены отличается от вопроса будет ли нам дарована вечная жизнь после этого воскрешения. Я обсуждаю причины того, почему все сообщество жизни вблизи Точки Омега - Точка Омега в своем имманентном аспекте - даст нам вечную жизнь в главе 10.

Теория формы (структуры) против теории продолжительности в вопросе идентичности.

Как описано выше наше воскрешение будет являться точной репликой нас самих в компьютерах далекого будущего. Такая симуляция людей является воскрешением только в

том случае, если мы принимаем то, что философы называют "структурной теорией идентичности"; то есть, основная суть идентичности двух объектов, которые существуют в разное время лежит в достаточно близкой идентичности их строения. Физическая продолжительность не важна. Многие знаменитые философы (в частности Дж. Локк) защищали эту теорию идентичности. Однако другие выдающиеся философы настаивали на том, что существенной для идентичности является физическая непрерывность во времени. Такая теория была названа "теорией продолжительности". Хотя философы изначально разработали теорию идентичности для разрешения проблемы идентичности личности - т.е. например когда можно корректно утверждать, что младенец, родившийся в 1953 остается той же личностью, что и взрослый в 1993 - они в целом согласны, что эта теория идентичности приложима также и к неживым объектам.

Я утверждаю, что вопрос идентичности двух физических систем, находящихся в различных точках пространства и времени - это вопрос физики, а не философии. И поэтому я буду приводить физические аргументы, которые показывают, что структурная теория идентичности корректна, а теория продолжительности - нет. Тем не менее, я также покажу, что есть достаточная непрерывность между исходной умершей личностью и ее будущей эмуляцией, даже если их идентичность основана на теории структуры. Следовательно, какую бы теорию мы не выбрали, будущая эмуляция является исходной личностью.

Английский философ Энтони Флю выдвинул так называемое "Обвинение Реплике": "Ни одна реплика, даже самая совершенная, произведенная Богом или человеком, в нашей вселенной или где-то еще, не может быть - в самом существе своем - исходной личностью." Во всех своих сочинениях, касающихся вопроса бессмертия на протяжении последних 30 лет, Флю подчеркивал, что логически первичным вопросом является вопрос о персональной идентичности: "Каким образом можно доказать, что восстановленная на Страшном Суде личность - это я сам, а не блестяще изготовленная подделка?". Потому, что пока не решен этот основной вопрос, "наказывать или награждать реплику, восстановленную в Судный День, за грехи или благодеяния прежнего Энтони Флю, умершего и кремированного многие века назад так же нечестно, как наказывать или награждать одного из близнецов за то, что в действительности было сделано другим."

Во первых Флю не прав относительно нашей судебной системы. Она считает идентичными копии компьютерных программ. Если я скопирую и буду пользоваться текстовым редактором, не заплатив программисту, его создавшему, меня могут вызвать в суд. Утверждение, что "та программа, которой я пользовался - это просто реплика" не будет принято в мою защиту. Меня могут также обвинить, если я буду использовать без разрешения организм, геном которого запатентован. Идентичные близнецы не являются идентичными личностями. Программы их разумов отличаются невероятно, так же как и у двух других разных людей. И вполне корректно считать их разными личностями. Но два существа, идентичные по своим генам, и по своим разумам являются одной и той же личностью, и вполне законно рассматривать их как равно ответственных.

Однако, вопрос об идентичности личности - это вопрос физики, а не юриспруденции, особенно той, которая основана на доквантовом взгляде на мир. Физическая реальность не зависит от мнения юристов. Судьи инквизиции сказали Галилею, что Земля - неподвижный центр вселенной. Должен ли я поэтому верить в неподвижность Земли? Несколько столетий назад суд Сэйлема, штат Массачусетс, провозгласил ведьм опасными для общества. Должен ли я поэтому верить в ведьм?

Я буду отвечать на "Обвинение Реплики" двумя способами, используя физику. Во первых, в квантовой механике есть критерий, для того, чтобы решить, когда две системы, занимающие различное положение во времени и пространстве, идентичны. Я докажу, что этот критерий требует от нас считать исходного человека идентичным с воскрешенным, даже

если между ними не существует физической непрерывности. Во вторых, я покажу, что в Теории Точки Омега между исходной и воскрешенной личностью существует достаточная непрерывность, чтобы отождествить их. Идентичность исходной и воскрешенной личности устанавливается физикой.

Квантовая механика в пользу структурной теории идентичности.

Я думаю, что наиболее логичное и ошеломляющее опровержение Обвинения Реплики - это квантовомеханический аргумент. Фундаментальным фактом квантовой механики является то, между двумя системами, например атомами, находящимися в одинаковом квантовом состоянии, нельзя обнаружить разницу в принципе: если их физически поменять местами вселенная (за исключением, может быть фазы) останется неизменной. Эта всеобщая и абсолютная неразличимость систем в одинаковом квантовом состоянии является центральной в современной физике. В частности, огромное число явлений нельзя объяснить, если мы не соглашаемся с полной идентичностью систем в одинаковом квантовом состоянии.

Эта полная идентичность является фундаментальной причиной стабильности материи: без такой идентичности принцип исключения не смог бы предотвратить коллапс атомов всех твердых тел в состояние черных дыр. Эта полная идентичность объясняет парадокс Гиббса в статистической механике. Эта полная идентичность является основным положением при выводе планковского распределения излучения абсолютно черного тела.

Можно рассмотреть парадокс Гиббса в деталях, поскольку его можно вывести не ссылаясь на атомы, а используя только идеи классической термодинамики. Это иллюстрация того, как квантовомеханические эффекты, в частности идентичность систем в одинаковом квантовом состоянии, могут проявлять себя на макроскопическом уровне. Предположим, что мы имеем две емкости, содержащие газ, в обоих при одинаковом давлении P и температуре T , каждая емкость имеет объем V . Американский физик Дж. Гиббс в 1875 г. и английский физик Дж. Максвелл в 1878 г. показали, что если две емкости содержат газы, различающиеся хоть в чем-нибудь, тогда, если мы соединим эти емкости и позволим газам диффундировать друг в друга, из этого процесса можно извлечь полезную энергию. С другой стороны, если газы абсолютно одинаковы, тогда доступная энергия в точности равняется нулю. Оба, и Гиббс и Максвелл, подчеркивали, что для вычисления выделяющейся энергии не имеет значения, в чем именно разница между газами, она должна просто быть, пусть самая малая.

Энергия выделяющаяся при такой диффузии однако не является малой. Например, если каждый газ находится под давлением в 1 атмосферу, и имеется по одному кубометру каждого газа, то выделяющаяся энергия составит $1.4 \cdot 10^5$ джоулей, этого достаточно, чтобы лампочка мощностью 40 ватт горела в течение часа. Если молекулы, составляющие газы, абсолютно идентичны, то лампа не горит вообще. Законы термодинамики ясны и недвусмысленны - любое отличие, в чем бы оно ни заключалось, между молекулами двух газов заставит гореть лампу целый час, если такого отличия нет, лампа гореть не будет.

Эксперименты также ясны и недвусмысленны. Если обе емкости содержат одинаковый газ, например кислород, то энергия не выделяется. Если емкости содержат разные газы, например кислород и углекислый газ, то выделяется именно предсказанное количество энергии.

Суммируя можно сказать, что в квантовой механике есть критерий идентичности физических систем, и этот критерий позволяет, даже требует, чтобы считались идентичными системы, существующие в один и тот же момент времени. Сейчас пришло время использовать этот критерий в философской дискуссии о том, что означает идентичность. В физике 19 века, которой невольно придерживается Флю, идентичность систем, существующих в один и тот же момент времени считалась бессмыслицей.

Корабль Тезея.

Классическую модель такой точки зрения представляет "Корабль Тезея". Согласно Плутарху:

"Судно, на котором Тезей уплыл и благополучно вернулся со всеми молодыми людьми сохранялось афинянами до времен Деметрия Фалерского (280 г. до н.э.); его так тщательно оберегали и подновляли, что оно выглядело совсем новым, и дало философам пример для их дискуссий, касающихся идентичности вещей, которые изменяются добавлением. Некоторые считали, что эти вещи те же самые, другие - что нет"

Английский философ Т. Хоббс использовал Корабль Тезея для нападения на структурную теорию идентичности, которая необходима для теории воскрешения Точки Омега:

"...два тела, существующие одновременно должны быть одним и тем же численным телом. Если, например, этот корабль Тезея, различия в котором производились путем постоянной замены старых досок новыми, был бы тем же самым численным телом что и в начале даже после того, как все доски были заменены на новые, то какой-нибудь человек мог собирать все эти старые доски, и составив их вместе в нужном порядке мог снова сделать корабль, который несомненно был бы тем же самым численным телом, что и в начале, и тогда мы бы имели два корабля, численно те же самые, что является абсурдом."

Неидентичность систем, находящихся в разных пространственных позициях не является верной для квантовой механики, а все реальные физические системы являются квантовыми. Человек, в частности, - просто квантовая система особого типа. Таким образом, квантовый критерий идентичности систем приложим к людям, и следовательно, два человека в одинаковом квантовом состоянии будут одной и той же личностью: если "реплика" умершего будет воссоздана с точностью до квантового состояния, тогда такая "реплика" _будет_ этой личностью. Отвергать такую идентичность - значит отвергать основной постулат квантовой механики, подтвержденный огромным количеством экспериментов, выполненных в течение века. Таким образом мы должны принять возможность существования "двух численно одинаковых кораблей", даже если это "абсурдная" идея. Наука всегда говорит нам, что на самом деле "абсурдные" идеи являются истинными. Пятьсот лет назад почти каждый наверно согласился бы, что идея Земли, движущейся вокруг Солнца "абсурдна".

В примере с кораблем Тезея по умолчанию принимается, что возможно, по крайней мере в принципе, постоянно различать исходный корабль и сделанную копию. Конечно, сейчас, когда мы не можем сделать два корабля в одинаковом квантовом состоянии, это верно. Но когда дубликация корабля Тезея будет сделана в далеком будущем, и два корабля будут находиться в одном и том же квантовом состоянии, тогда невозможно будет, даже в принципе сказать, где исходный корабль, а где реплика.

Традиционно теология требует продолжительности, чтобы поддерживать идентичность между исходным и воскрешенным человеком, и такая продолжительность обеспечивается введением идеи о бессмертии души. Такой необходимости можно избежать в квантовой механике, и поэтому бессмертная душа больше не требуется для индивидуального бессмертия.

Теория продолжительности: последующая эмуляция идентична
исходной личности.

Однако, я не думаю, что нужно заходить так далеко, когда только точное воспроизведение квантового состояния было бы успешным для истинного воскрешения личности. Нужно постоянно помнить, что атомы, из которых состоят наши тела постоянно замещаются другими атомами из пищи, которую мы едим. Многое (но не все) в человеческом теле полностью создается заново - реплицируется - в течение нашей жизни, когда одни клетки умирают и заменяются другими. Эта постоянная замена вещества нашего тела была известна давно: Фома Аквинский подробно разобрал этот вопрос в *Summa Contra Gentiles*. Его очень беспокоило людоедство: если "личность" определяется своими атомами, а Бог может воскресить людей, только вернув им те атомы, из которых они состояли, то как тогда Бог сможет воскресить людоедов, атомы тел которых принадлежат другим людям? И если логически невозможно воскресить их, то как их тогда наказать за людоедство? Если бы Аквинский знал о постоянном круговороте вещества в биосфере, он был бы озабочен еще серьезнее: когда можно различить индивидуальные атомы, простое вычисление показывает, что тело каждого человека на Земле состоит из атомов, которые когда-то были частью других людей. Мы все были бы людоедами. Проблема решается в квантовой механике тем, что все атомы одного и того же химического элемента идентичны. Не существует способа отличить атом людоеда от атома его жертвы.

Если смотреть еще глубже, вещество нашего тела постоянно меняется. На субъядерном уровне кварки и глюоны, составляющие нейтроны и протоны в атомах нашего тела аннигилируют и возникают вновь в масштабе времени меньше, чем 10^{-23} сек; таким образом мы исчезаем и возникаем вновь - воскрешаемся - 10^{23} раз в секунду в нашей нормальной жизни. То есть, сохраняется не вещество человеческого существа, а только его структура. Более важно то, что и сама эта структура не сохраняется в совершенстве в течение ежедневной репликации. Проявлением этого факта является феномен старения. Структура сохраняется достаточно хорошо, поскольку в биологических системах существует обратная связь, которая позволяет структуре как целому частично корректировать ошибки, которые случаются когда она реплицируется. Удивительно, что и человеческий мозг по-видимому не сохраняет полностью все, о чем он помнит. Наука показывает, что ресурсов для этого недостаточно. Вероятнее всего, что сохраняется только часть запомненного, и вызов в памяти целого включает "распаковку" сжатой информации. Такой механизм хранения вероятностен, и в нем могут возникать ошибки. Так что совершенно здоровые люди "помнят" о событиях, которые никогда не происходили.

Поскольку не вещество, а только часть структуры постоянно поддерживается даже в нашей обычной жизни, то "Обвинение Реплики" можно обойти даже при классическом взгляде на мир. Доказано, что достаточная часть структуры в некоторой форме постоянно сохраняется, и это дает возможность Точке Омега воскресить нас, используя эту информацию и обратную связь для коррекции ошибок, с такой же точностью, как это воскрешение происходит каждый день в нашей жизни. Я показал, что такая степень сохранности информации имеет место в теории о воскрешении Точкой Омега. Потому, что если пространство-время глобально гиперболично, тогда вся структура сохраняется в световом конусе прошлого любого события вблизи Точки Омега, и следовательно, вся эта структура доступна в далеком будущем для создания и эмуляции воскрешенного тела. Если мы принимаем идентификацию души с компьютерной программой или структурой, мы можем интерпретировать эту сохранность структуры как бессмертие души. Но нужно помнить, что

"бессмертие" структуры является только проявлением сохранения информации в детерминистических физических системах: "душа" не думает и не чувствует, пока она находится в бестелесной форме в световом конусе. С другой стороны, если квантовая механика (или другой механизм) нарушает глобальную гиперболичность, или даже уничтожает всю информацию об отдельных индивидуальностях, тогда просто сохранение того факта, что биологическим субстратом является ДНК достаточно, чтобы воскресить идентичные квантовые состояния всех умерших людей. Так что в любом случае, имеет место достаточная продолжительность структуры между настоящим временем и далеким будущим.

Проблема зла: Теодицея Точки Омега.

Если жизнь воскрешенных будет так замечательна, то может возникнуть вопрос: почему мы должны проживать нашу нынешнюю жизнь, проходить эту "долину слез". Почему не начать жизнь сразу с воскрешения? Ответ был дан в главе 6: наша настоящая жизнь логически необходима; эмуляции, неотличимые от нас самих должны прожить ее. Для Точки Омега логически невозможно спасти нас. Даже всеислие ограничено логикой. Это природное разрешение "проблемы зла". Но жало этого зла устраняет всеобщее воскрешение: Точка Омега воздаст нам за все зло прошлого и настоящего в будущей жизни.

Нужно расширить это объяснение, потому, что проблема зла всегда была главной трудностью монотеистических религий, таких как Христианство, Иудаизм, Ислам. Если Бог всемогущ, всеведущ и всеблаг, почему есть возможность существования зла во вселенной вообще? Если Бог всеблаг, Он мог бы пожелать, чтобы не было никакого зла. Однако, поскольку Он всеведущ, то невозможно, чтобы Он не знал бы о том зле, которое есть в мире, невозможно, чтобы он не знал о том, что зло возникнет как следствие тех законов природы, которые Он устанавливал. Поскольку Он всемогущ, Он мог бы создать вселенную, в которой зло в наблюдаемом мире не случалось. Даже хуже того, Его всеислие делает Его морально ответственным за зло этого мира. Землетрясения и извержения вулканов случаются в обитаемых районах каждые несколько лет и уносят десятки тысяч человеческих жизней. Однако именно Бог поддерживает существование материи и законов физики, контролирующей эту материю, тех самых законов, делающих эти бедствия неизбежными. Кроме того, поскольку Он всеведущ, Он знает, что как следствие законов природы эти землетрясения и извержения вулканов произойдут, и Он знает, когда они произойдут. Однако Он не делает ничего, чтобы остановить эти бедствия или хотя бы предупредить людей, которые будут страдать и умирать. Землетрясения и извержения вулканов - это примеры того, что называют "природным злом", это следствие действия неодолимых сил. Один Бог несет ответственность за это зло, в противоположность "моральному злу", где ответственность с Ним разделяют человеческие существа. Отметим, что даже в случае морального зла, окончательную ответственность несет Бог, потому, что он поддерживает существование злых людей.

Итак, вот она, проблема зла: Бог, который всемогущ, всеведущ и всеблаг, по-видимому, логически несовместим с эмпирическим фактом существования зла.

С самого начала Христианства, проблема зла была сильнейшим аргументом для атеизма. Ранний христианский писатель Lucius Lactantius в своей книге "Гнев Божий" приписывает формулировку проблемы зла греческому философу-атеисту Эпикуру, цитируя его работу (которая не сохранилась до настоящего времени):

"Бог или хочет устранить зло, но не может; или Он может устранить зло, но не хочет; или Он не хочет и не может сделать этого одновременно. Если Он хочет, но не может, тогда Он слаб, что не согласуется с характером Бога; если Он может, но не хочет, тогда Он

завистлив, что тоже противоречит Его смыслу; если Он не сожжет и не хочет, тогда Он и слаб и завистлив, и следовательно, не является Богом; если же Он может и хочет, что единственно находится в согласии с Его сущностью, откуда тогда проистекает зло? или почему Он его не устраняет?"

В своей "Сумме Теологии", которая рассматривается как основание католической теологии со времен средневековья, св. Фома Аквинский упоминает проблему зла как первую из двух главных разумных причин, препятствующих вере в Бога. (Другой причиной было то, что даже физика средних веков не нуждалась в Личностном Боге, безличные законы природы были достаточны для описания всего наблюдаемого мира). Как утверждал Аквинский:

"... Само слово "Бог" означает, что Он бесконечно благ (God-goodness). Следовательно, если Бог существует, то в мире не должно быть никакого зла, но оно есть. Следовательно, Бог не существует. Далее, если что-то можно объяснить на основе немногих положений, нет нужды вводить излишние. Но по-видимому все, что мы видим в этом мире может быть объяснено на основе принципов, предполагающих, что Бога не существует. Потому, что все естественные явления могут быть сведены к одному принципу, который есть природа, а все волевые явления могут быть сведены к одному, которое есть человеческое желание или воля. Следовательно, нет необходимости предполагать существование Бога".

Основная цель этой книги - показать, что современной физике требуется принцип Бога, цель этого раздела - показать, что тщательный физический анализ также разрешает проблему зла. Обычным теологическим термином для обозначения проблемы зла служит "теодицея", от греческих слов theos, означающего "Бог" и dike - "правосудие". Все теодицеи стараются "оправдать Бога с точки зрения людей"; эти теории пытаются доказать, что несмотря на все зло в этом мире, Бог тем не менее всеблаг. Сам термин "теодицея" был предложен немецким философом Лейбницем. Традиционная христианская теодицея называется "Августиновской", в честь св. Августина, который первым детально разработал объяснение присутствия зла в мире. Согласно его точке зрения, во вселенной не было зла, пока первые человеческие существа не совершили злых поступков. С тех пор все люди наследуют эту тенденцию совершать злые дела, и следовательно, ответственность за все зло во вселенной лежит на людях, а не на Боге. Более широко, ответственность за зло лежит на других духовных существах (ангелах), отвергших Бога: природное зло рассматривается как результат действий злых духов (дьяволов). Есть две трудности в данной традиционной теории. Во первых, наука показывает, (1) что не существует таких существ, как злые духи, (2) вселенная не была свободна от зла прежде чем эволюция привела к человеку: животные страдали и умирали так же, как и теперь. Во вторых, такое объяснение не освобождает Бога от ответственности за зло, поскольку Он поддерживает существование зла, и мог бы его устранить, если бы решил это сделать.

Чтобы избежать второй трудности, все авторы теодицей утверждают, что по той или иной причине (эти причины различаются в разных теодицеях), для Бога логически невозможно устранить то зло, которое случается в мире. Это обстоятельство единственное может освободить Бога от ответственности за зло, поскольку даже всемогущество не может сделать того, что логически невозможно.

"Логически невозможно" означает "логически противоречивое положение дел". Такая ситуация была бы попросту бессмысленна, поскольку любое утверждение может быть выведено из противоречия. Вот пример простого доказательства этого. Пусть P - любое утверждение, и предположим, что как A так и не-A истинны. Теперь, поскольку A истинно

(это наше исходное предположение), следовательно Р или А (исключающее или) истинно. Но поскольку не-А (согласно исходному предположению, это вторая половина противоречия) истинно, то следовательно Р - истинно. Такое устранение противоречий из рационального обсуждения разрешает старую школьную загадку против всемогущего Бога: "Если Бог всемогущ, тогда Он может создать такой камень, что и Сам не поднимет. Но если Он не сможет его поднять, значит Он не всемогущ!". Камень, настолько тяжелый, что всемогущий Бог не может его поднять - это логическое противоречие, ничего не значащий шум, а не камень, который в действительности может существовать. Всемогущество Бога не может быть ограничено человеческой способностью сочинять бессмыслицы. Всемогущество Бога означает лишь, что Он может все, что не является логически невозможным.

Многие традиционные теодицеи утверждают, что Бог не смог бы создать лучший мир, чем тот, в котором мы сейчас живем; этот мир, которому Бог решил дать воплощение - лучший из всех возможных миров. Это утверждение неоднократно высмеивалось скептиками. Они утверждают, что мы, люди, делаем этот мир более лучшим для жизни. Например, мы устранили многие болезни. Почему всемогущий Бог не мог бы сделать этого раньше? Теологи возражают, что зло логически необходимо, для того, чтобы иметь (1) свободную волю или (2) вселенную, в которой закалялись бы отважные души. Даже если мы согласимся с логической необходимостью этого, говорят скептики, то почему зла так много? Потому, что недостаточно показать, что зло логически необходимо, нужно еще показать, что имеющееся количество зла в этом мире логически необходимо. Будет ли мир логически невозможен, если один ребенок будет страдать от болезни на одну минуту меньше? Или на одного человека меньше будет уничтожено нацистами в Холокосте?

Отметим, что как традиционные теодицисты, так и скептики предполагают, что только один мир из множества возможных миров существует в действительности. Но квантовая механика дает эмпирические свидетельства того, что может существовать больше, чем один мир (см. приложение об интерпретации многих миров). Кроме того, я утверждал в главе 8, что все миры, которые ведут к Точке Омега существуют в действительности в силу логической необходимости. Поскольку ребенок страдает именно столько времени, и поскольку шесть миллионов евреев погибли в Холокосте, то это означает, что такие события логически возможны. Следовательно, предполагая, что наша вселенная кончится в Точке Омега, эти ужасные вещи должны были случиться в силу логической необходимости в одной из историй. И наоборот, поскольку это зло не является логически необходимым для всех историй, есть реально существующие истории нашей вселенной, где этого не происходило (будем надеяться что их большинство).

Точка Омега освобождается от ответственности за зло, как природное, так и моральное, потому, что Ему/Ей логически невозможно устранить любое зло во всем множестве историй вселенной, которые существуют. Поскольку в других теодицеях Бог произвольно выбирает какой мир создать, Он остается морально ответственным за все зло в нем. Даже теолог Джон Хикк согласен с тем, что "все теодицеи явно или неявно предполагают окончательную ответственность Бога за существование зла". В частности, в обоих теодицеях, как Августиновской, так и Кальвинистской падение как ангелов, так и людей ко злу рассматривается, как предрешенное Богом.

Заметим однако, что все предыдущие ремарки о логической невозможности устранения любого зла относятся только к Точке Омега в Его/Ее трансцендентном аспекте, поскольку он предполагает, что мы рассматриваем все истории как целое. Логически необходимые истории, все вместе составляющие целостную реальность могут рассматриваться как "эманируемые" Точкой Омега в Его/Ее трансцендентности. Такая "эманация" аналогична тому способу, которым Демиург платоновской философии создает реальность; основная разница в том, что в нашем случае цепь существ создается обратно во

времени, из неизбежного будущего, а не в пространстве. Наша космология динамична, а не статична. Таким образом Точка Омега в своей трансцендентности не имеет "свободы выбора" в том, какой мир Ему/Ей создавать. Тем не менее, в своем имманентном аспекте Точка Омега имеет свободу выбирать какую вселенную Он/Она пожелает создать, и в действительности создает вселенную (генерирует историю) по механизму, описанному в главе 7 (граничное условие Точки Омега). Здесь нет противоречия между свободой и необходимостью, поскольку понятие "свобода" приложимо только к живым существам во времени. Его нельзя приложить к Точке Омега в Его/Ее трансцендентности, поскольку трансцендентная Точка Омега находится вне времени. Это конец всех историй, окончательная будущая граница пространства и времени.

Несмотря на отсутствие всякой моральной ответственности за зло, Точка Омега может - и сделает это - смягчить то зло, от которого мы страдаем сейчас тем, что даст нам вечную счастливую жизнь. Это в Его/Ее власти, в то время как полное устранение зла - нет. Поскольку будущая жизнь будет длиться вечно, то добро, которое мы получим в ней будет в буквальном смысле бесконечно больше, чем то конечное зло, которое причиняет нам страдания в настоящей жизни. (Верхняя граница всего зла, которое могут испытать все живые существа - растения, животные, люди - в своей жизни дается числом возможных состояний, в которых может находиться видимая вселенная - $10^{10^{123}}$, реальное количество зла, конечно же намного меньше.)

Теодицея, в которой основной упор делается на бесконечное добро, которое придет в будущем, а не на конечное зло в прошлом, называется Иринейской теодицеей, в честь Ириней, Епископа Лионского. Намек на такой способ решения проблемы зла имеются в Христианстве с самого его начала. В "Сумме Теологии" Аквинский утверждает "Бог позволяет злу случиться, чтобы потом принести больше добра". Но мне больше всего нравится выражение этой идеи в Христианстве, данной первой великой женщиной-теологом, матерью Джулианой из Норвича, которая жила в 1342-1416 г. Она выражала свои теологические воззрения как откровения. Когда она изумилась, почему "грех не был предотвращен с самого начала великой всевидящей мудростью Бога", она услышала голос Иисуса, который сказал ей: "Греху должно случиться, но все будет хорошо. Все будет хорошо, и все вещи станут благом". Мать Джулиана замечательно выразила теодицею Точки Омега.