

АЙЗЕК
АЗИМОВ

Выбор катастроф

от гибели вселенной
до энергетического кризиса



АМБРА
СПИДИТ

Айзек АЗИМОВ

Выбор катастроф

1979

АЗИМОВ А.

Выбор катастроф / А. Азимов — 1979

Слово «катастрофа» обычно ассоциируется с трагической развязкой. Именно о катастрофах, которые могут привести человечество к гибели, идет речь в этой книге. Но так ли уж они неизбежны? Может быть, надо реально оценить опасность и обдуманно сделать выбор? P.S. В ДАННОМ ФАЙЛЕ ПРОПУЩЕНА 8 ГЛАВА. ОБРАЩАЕМСЯ КО ВСЕМ, У КОГО ЕСТЬ ЭТА КНИГА: ПРОСИМ ПЕРЕДАТЬ ОТСКАНИРОВАННУЮ 8-Ю ГЛАВУ ИЛИ ПОЛНЫЙ ФАЙЛ ВСЕЙ КНИГИ. ПРИСЫЛАЙТЕ НА ПОЧТОВЫЙ ЯЩИК editaldebaran.ru

Содержание

Страх и трепет	5
Предисловие	9
Часть первая	10
1. Страшный суд	10
2. Возрастание энтропии	15
3. Крушение Вселенной	29
4. Гибель звезд	39
Часть вторая	53
5. Столкновения с Солнцем	53
Конец ознакомительного фрагмента.	64

Айзек Азимов

Выбор катастроф

Страх и трепет

«Цари мира уподобятся вулканам и поглотят друг друга до полного истребления их прародителем. Как только он истребит их, то сам повернется против себя и пожрет себя до конца. И небеса сего мира опрокинутся друг на друга, и эти зоны будут опрокинуты. И их небо обвалится и разобьется. Их мир упадет на землю, земля не сможет нести всех их; так они обрушатся в бездну и бездна разрушится...» Библиотека Наг-Хаммади. Трактат II. 5.

Страх – спутник, а быть может, и вожатый человеческой истории, не упускающий возможности напомнить о своем существовании. Раскрываясь в ответ на усилия человеческого познания, мироздание не только балует приятными перспективами, но и обнаруживает вещи, которые совершенно бессмысленны с точки зрения современного рассудка. Эти пугающие провалы в прекрасной картине универсума вызваны его конечностью. Конечностью даже не в пространстве или времени, а конечностью как самой его сущью.

Провал номер один – смерть. Наша смерть, смерть наших близких делает человеческий разум беспомощным. Мы спасаемся от этой беспомощности благодаря религии, ценностям, которые ставим выше собственного существования, ищем жизнь после смерти – и все равно конечность нашего существования остается настолько могущественным фактором, что она накладывает отпечаток на все сферы человеческого духа.

Второй провал – конечность человеческих способностей познания. Несмотря на бурное развитие физики и астрономии в нашем столетии – столетии атомной бомбы, Большого Взрыва и черных дыр, – эта конечность видна более чем наглядно. Для того чтобы описать универсум, человек вынужден вводить константы, которые, казалось бы, должны служить точками опоры для научного восприятия мира. Однако, как это ни парадоксально, некоторые константы вносят не столько ясность, сколько парадоксальность в описания вселенной, рожденные различными современными теориями. Самая важная из подобных констант – скорость света – означает, что вся информация, которую мы можем зафиксировать нашими приборами, определена жесткими временными рамками. Иными словами, наблюдая за космосом, мы видим и слышим прошлое, древность, глядящую на нас с небес, – то, какими были звезды сотни, тысячи, миллионы лет назад. Но это значит, что настоящее изучаемых объектов всегда остается за рамками нашего опыта. Вместо единой шкалы для изучения реальности остается полученная человеком в удел точка в пространстве-времени – Земля (ничем, по существу, не выделяющаяся среди миллиардов иных возможных «точек отсчета»), и лавина математических моделей, описывающих относительность любых пространственно-временных характеристик.

Айзек Азимов говорит о третьем провале, пугающем человечество с самой зари его письменной истории: о необходимом прекращении существования человечества как рода. Если мы конечны, если мир конечен, то и человечество когда-либо прекратит свое существование – даже если оно сумеет продлить агонию до энтропийной смерти, или же до «Большого схлопывания» (т. н. «Отскока»).

На самом деле все три страха являются ипостасями одного и того же – страха смерти. Сознаемся себе – мы не только чувствуем себя полноправными представителями рода человеческого, но и необходимым условием существования универсума. На нас держится бытие мироздания. В «Чжуан-цзы» мы встречаем фразу: «Небо и земля родились одновременно со мной; весь мир и я составляем одно целое...» Именно это и объясняет озабоченность человека не только своей конечностью, но и конечностью мира, конечностью человеческого рода.

Все, что есть, получает имя из наших уст, смысл – из наших душ. В Ветхом Завете говорится: «Господь Бог образовал из земли всех животных полевых и всех птиц небесных, и привел к человеку, чтобы видеть, как он наречет их, и чтобы, как наречет человек всякую душу живую, так и было имя ей». Не так уж и сложно продемонстрировать истинность этих слов – истинность утверждения, что все существующее было и будет существующим-для-нас, то есть находящимся в рамках совокупного опыта человеческой культуры.

Действительно, за пять с половиной веков до Рождества Христова греческий философ Анаксимандр создал одну из первых дошедших до нас космологий. Кажущаяся сейчас странной и экзотичной, она, по общему мнению, является серьезным шагом вперед по сравнению с представлением о земле, покоящейся на слонах, стоящих на черепахе, плавающей по бескрайнему океану... Итак, Анаксимандр утверждал, что Земля неподвижно висит в центре мироздания, она похожа на барабан, а окружающие ее светила – это трубки из влажного воздуха, наполненные огнем.

Спустя какое-то столетие пифагорейцы стали утверждать, что земля шарообразна, а светила являются настоящими небесными телами. Эта, геоцентрическая, картина мироздания господствовала в течение двух тысячелетий (по крайней мере в образованных кругах. Для всех остальных земля была плоским блином, добравшись до края которого можно было рухнуть в геенну огненную). Наиболее известен Птолемей, создавший образцовую астрономическую систему, базировавшуюся на математическом аппарате, объяснявшем практически все видимые небесные явления (в том числе и неравномерности в движении планет). Гелиоцентрические учения, возникавшие еще в античности, отбрасывались именно из-за того, что не имели необходимой математической базы.

Лишь в 1543 г. появилось знаменитое сочинение Николая Коперника «Об обращениях небесных сфер», где предлагалась такая гелиоцентрическая гипотеза, которая позволяла объяснять небесные движения, экономя математические действия, сокращая их шаги. Именно этой экономией Коперник и оправдывал (правда, не без неискренности в тоне) свою гипотезу, расходившуюся с традиционной и поддержанной Церковью картиной космоса.

С течением времени гипотеза Коперника превратилась в необходимый атрибут научной картины мира. Однако постепенно стало ясно, что другие звезды в не меньшей степени являются центрами своих собственных миров. Начался поиск «точки опоры» – центра мироздания, который мог бы явиться и началом для наших оценок реальности, и удобным способом вообразить космос, охватывая его одним мысленным взором. Наука достаточно быстро отказалась от локализации этого места в пространстве, благодаря Эйнштейну осознав невозможность мыслить пространство без времени. Центр пространства оказался началом времени. Это уже не Земля, не Солнце, не таинственная черная дыра в сердцевине галактики, а Большой Взрыв.

Однако мы должны каким-то образом пространственно вообразить этот временной центр. Итак, где же то место, от которого разлетаются галактики и метagalактики?

Элементарная логика, подсказываемая, кстати, и Айзеком Азимовым, приводит к выводу, что таким центром должна быть периферия, край наблюдаемой нами вселенной. Именно там, где находятся самые «старые» (то есть самые удаленные от нас) объекты – радиогалактики, квазары, – и пребывает то, что было прежде всего, то есть центр мироздания.

Парадокс? Да. Но едва ли он вызовет головокружение у современного человека.

Однако нам хотелось бы задать еще один вопрос – на этот раз Риторический: так что же, вселенная, образ которой создали поколения физиков, математиков, астрономов от Эйнштейна до Пенроуза и Хокинга, является той самой, подлинной? Добрались ли мы до итоговой картины мироздания?

Едва ли. То и дело появляются сообщения о наблюдениях такого рода явлений, которые, судя по всему, нарушают наше убеждение в истинности избранных констант (скорости света, гравитационной постоянной g). К тому же Азимов использует в своих космологических главах

лишь «догматическую» астрофизику. Не следует забывать, что существует немало альтернативных, «еретических» теорий, не слишком известных широкому кругу читателей, но всерьез обсуждающихся в научных кругах. Можно упомянуть хотя бы теорию устойчивой вселенной Фреда Хойла, особенно его концепцию «отсеков», выдвинутую в 70-х годах – концепцию, где математический аппарат и астрономические наблюдения синтезировались с философскими доктринами выдающихся ученых конца XIX столетия – Маха и Авенариуса. Здесь впервые в расчеты была введена такая составляющая, как человек, структура и особенности его восприятия, использующего пространственные образы для описания того, что по сути своей не имеет пространственной природы (элементарных частиц).

Трудно сказать, каким предстанет мир в глазах человека XXII столетия. Однако вполне вероятно (более чем вероятно), что он будет совсем иным, чем в концепциях современных ученых.

Какая из картин мироздания более истинна? Анаксимандрова или Эйнштейнова? Ответ ясен: все зависит от того, чего мы ждем от вселенной, какой смысл в нее вкладываем. Человек забыл о словах из Книги Бытия, между тем под его руку до сих пор подводится все существующее – и он именуется им, даже не замечая, что это именно он именуется, принимая на себя ответственность...

Итак, это – наш мир. Не в том смысле, что мы являемся единственными его владельцами и господами (ведь кто-то подводит его к нам). Но в том, что мы принимаем непосредственное участие в его ормировании: от первого нашего вдоха до последнего выдоха.

Именно поэтому человек боится не только своей смерти, но находится во власти заботы о мироздании (и цивилизации).

Айзек Азимов дает нам практически исчерпывающий список опасностей, подстерегающих человечество, – список, который формирует «объективная» наука XX столетия. Простота и ясность изложения им более чем сложных тем – от теории Большого Взрыва до дрейфа ледников и эпидемий – вызывают неподдельное восхищение. Возможно, подобная ясность стала возможна еще и потому, что фантастика XX столетия осуществляла «выбор катастроф» вслед за учеными (порой даже опережая их); таким образом практически все перечисленные Азимовым опасности уже были «освоены» фантастами.

Многие из угроз, особенно изображенные в конце книги, действительно реальны и опасны для человека. Формируя здание мира, мы вкладываем в него и свои скрытые страхи, которые возвращаются, например, в виде угроз термоядерной войны или перенаселения. Другие опасности имеют абстрактный характер, так как опираются на картины космоса, существующие лишь на кончике карандаша астрофизика.

Однако объединяет их то, что человек в равной мере способен переживать угрозу наступающего «антропогенного» (то есть вызванного деятельностью человека) потепления и опасность от нарастания энтропии, которая будет актуальна через многие миллиарды лет. Свойством объединять обладает и сама забота. Недаром Азимов неоднократно воспекает совокупные усилия человечества, благодаря которым будет возможно избежать угрозы уничтожения человечества от всевозможных напастей.

Эта блестящая, спокойная, познавательная книга тем не менее принадлежит к той эпохе, которая уходит вместе с последним десятилетием XX столетия. Азимов – как фантаст и как популяризатор науки – воспитан столетиями гуманизма. Для него «естественный свет разума», помноженный на усилие гения, оказывается той силой, которая способна преобразовать и неведомые силы природы, и неразумное начало в человеческом существе. В гуманистическом мироздании, в этом «наилучшем из возможных миров», присутствует лишь один игрок – разумная, справедливая, по своей природе понятная образованному человеку воля. И не важно, признаем ли мы Создателя или же отказываемся от мысли о его существовании, суть

гуманистического мировосприятия не меняется. В конечном итоге воля Создателя отличается от человеческой лишь своей всеохватностью, но не внутренней сутью.

Скажи мне, чего ты боишься, и я скажу, кто ты. Человек гуманистической эпохи боится опасностей, на которые указывает ему здравый смысл: исчерпание природных ресурсов, плохое правительство, безумие ученых, обилие пятен на Солнце. Как представлялось, гуманистическая забота о мироздании вполне компенсировала и средневековый страх Страшного Суда, и античное ожидание катастрофического конца Железного Века¹.

Разумеется, все это является идеологией гуманизма, долее всего сохраняющейся в современных политических программах и в естественных науках, а не мировоззрением, принятым всеми без исключения. Достаточно вспомнить Шекспира, Паскаля, Гофмана, Шопенгауэра и Достоевского, чтобы понять, насколько сложнее обстояло дело в «высокой литературе», которая всегда бунтовала против любой идеологии.

Однако постепенно возникала иная культура и иная идеология – совсем не гуманистическая. То, о чем писали в XIX веке Кьеркегор, Ницше, Достоевский, Маркс, постепенно становилось общественным явлением. Безудержное развитие поэтического и прозаического языка на рубеже XIX—XX столетий имело своим отражением возникновение не только лингвистической философии, но и «новояза» – от изысков времен НЭПа до современного «слэнга». Наконец, экзистенциальная философия и литература, увлечение восточными учениями и древней мистикой сопровождалось поиском «гносиса», священного, спасительного знания о мире, его причинах и смысле нашего пребывания в нем.

Последние десятилетия это стало достоянием массовой культуры. Для того чтобы узнать, чего боится современный «человек с улицы», достаточно посмотреть фильмы, которые нравятся ему. Современный человек боится собственного бессознательного, невозможности исчерпывающего контроля внутренних своих начал. Он боится, что создаст существо, которое уничтожит его же самого (мутант, робот, суперкомпьютер). Он боится, что существует скрытая ложа космополитов, которая правит экономической и политической жизнью, придумав ради оболванивания народных масс Интернет и СМИ. Он очень опасается зловредности пришельцев, исповедующих абсолютно другие ценности, чем человечество. Он не доверяет рациональным статистическим расчетам ученых и предполагает, что землю в ближайшем будущем ожидает столкновение с кометой. Иногда он начинает подозревать, что мироздание – мираж, причем мираж, созданный не магическими способностями некоего злого начала, а компьютерной техникой. Наконец, он решает, что, вероятно, уже не существует, что на самом деле он – один из случайных, исчезающих образов, возникающих в бесконечной дреме бога Вишну, отдыхающего на спине доисторического змея.

Как назвать наступающую эпоху? Пусть об этом заботится эпоха следующая. Можно лишь предположить, что грядущий век будет в чем-то ближе древнему восприятию мира с его магическим отношением к реальности и мистическим ощущением присутствия Собеседника, предлагающего человеку загадки – одну интереснее другой.

Р. Светлов

Если действовать рационально и по-человечески, если спокойно подойти к проблемам, стоящим перед лицом всего рода людского, и не вдаваться в эмоции по поводу таких вопросов девятнадцатого века, как национальная безопасность и местнический патриотизм, если мы поймем, что нашими врагами являются совсем не соседи, а нищета, невежество и холодное безразличие к законам природы, – то все стоящие перед нами проблемы можно решить. Можно обдуманно сделать выбор и в итоге избежать катастроф.

А. Азимов Робин и Биллу, и пусть им всегда улыбается Фортуна

Предисловие

«Катастрофа» по-гречески означает переворот. Первоначально греки называли этим словом развязку или завершение драматического представления. По своему характеру развязка может быть либо счастливой, либо печальной.

В комедии развязка – счастливый конец. После череды размолвок и огорчений все вдруг переворачивается, влюбленные примиряются и соединяются. Стало быть, катастрофа комедии – объятия и свадьба. В трагедии развязка – печальный конец. После бесконечных мытарств и борьбы все вдруг переворачивается, и герой обнаруживает, что рок и обстоятельства побеждают его. Стало быть, катастрофа трагедии – смерть героя.

Поскольку трагедии обычно затрагивают душу человека глубже, чем комедии, и лучше запоминаются, слово «катастрофа» стало чаще ассоциироваться с трагической развязкой. Поэтому теперь оно используется для обозначения всякого печального конца, гибели. Именно такого рода катастрофы представляет эта книга.

Чей же печальный конец имеется в виду? Наш, разумеется, рода человеческого. Если рассматривать историю человечества как трагедию, то гибель человечества была бы катастрофой как в первоначальном, так и в нынешнем смысле этого слова. Но что же может привести к концу историю человечества?

Начнем с того, что Вселенная в целом может настолько изменить свои свойства, что станет необитаемой. А если Вселенная станет мертвой, если в ее пределах жизнь не сможет существовать, то человечество тоже не сможет существовать, и это будет то, что мы бы назвали катастрофой первого класса.

Разумеется, вовсе не обязательно, чтобы вся Вселенная была охвачена чем-то таким, что вызовет гибель человечества. Вселенная может оставаться столь же безмятежной, как и сейчас. Но ведь с Солнцем может произойти нечто такое, что сделает Солнечную систему необитаемой. В таком случае жизнь человечества может прекратиться, даже если вся остальная Вселенная будет тихо и мирно продолжать свой путь. Это мы бы назвали катастрофой второго класса.

Конечно, Солнце может продолжать сиять так же ровно и благожелательно, как всегда, но сама Земля может претерпеть своего рода конвульсию, которая сделает жизнь на ней невозможной. В таком случае жизнь человечества может прекратиться, даже если Солнечная система будет продолжать свой обычный цикл вращений и оборотов. Это мы бы назвали катастрофой третьего класса.

Однако, хотя Земля может оставаться теплой и приятной, на ней может произойти нечто такое, что уничтожит человечество, оставив, возможно, некоторые другие формы жизни нетронутыми. В таком случае эволюция закончится, а Земля с видоизмененным составом жизни будет процветать и без нас. Это катастрофа четвертого класса.

Мы сделаем еще шаг и укажем на возможность того, что человеческая жизнь может продолжаться, но случившееся, разметав успехи технического прогресса, окажется способным уничтожить цивилизацию и на неопределенный период приговорить человечество к примитивной жизни – одинокой, омерзительной, тупой и короткой. Это катастрофа пятого класса.

В этой книге представлен широкий выбор катастроф, начиная с первого класса, по порядку. Описываемые катастрофы последовательно менее всеобъемлющи и последовательно более близки и опасны.

Картина, нарисованная мною, не обязательно должна быть картиной полного уныния: ведь неизбежных катастроф, возможно, и нет. И, конечно, шансов избежать катастрофы становится больше, если мы смело посмотрим катастрофу в лицо и оценим ее опасность.

Часть первая

Катастрофы первого класса

1. Страшный суд

Рагнарёк

Убеждение, что вся Вселенная идет к концу (упомянутая в предисловии катастрофа первого класса), – старая и существенно важная часть традиционного западного мировоззрения. Особенно драматическая картина конца мира дается в мифах, созданных скандинавами.

Скандинавская мифология является отражением обстановки сурового Приполярья, где живут отважные северяне. Это мир, в котором мужчины и женщины играют незначительную роль, драма разыгрывается между богами и великанами. Причем боги постоянно оказываются в невыгодном положении.

Великаны-холода (длинные, суровые скандинавские зимы) непобедимы даже в стенах замка самих богов. Локи (бог огня, столь важного в северном климате) так же искусен и вероломен, как и сам огонь. В конце концов наступает Рагнарёк – фатальная судьба богов. (Это понятие стало более известным как *Gotterdammerung* или «Гибель богов» по одноименной опере Вагнера.) Рагнарёк – финальная, решающая битва между богами и их врагами. На стороне богов выступают герои Вальгаллы (Не лишне напомнить некоторые моменты скандинавской мифологии: Вальгалла – небесный замок, место обитания богов – Одина и его семейства, здесь же обретаются души погибших в бою воинов, они входят в дружину Одина, живут, днем сражаясь, а ночью пируя с богами. (Здесь и далее под цифрами даются примечания переводчиков.)) – воины, погибшие в битвах на земле. Против них выступают великаны и чудовища суровой природы под водительством изменника Локи. Один за другим гибнут боги, однако чудовища, великаны и сам Локи тоже гибнут. Погибают в схватке Земля и Вселенная. Солнце и Луну проглатывают волки, которые преследуют их с момента сотворения. Земля охватывается пламенем, раскалывается и полностью уничтожается. И как незначительный, побочный результат великой битвы уничтожаются жизнь и человечество.

Казалось бы, эта драма – конец всему. Но нет!

Каким-то образом выживает второе поколение богов, возникают новые Солнце и Луна, новая Земля, объявляется новая человеческая пара. К великой трагедии уничтожения присовокупляется счастливое окончание. Отчего это происходит?

Сказание о Рагнарёке взято из произведений исландского историка Снорри Стурлусона (1179—1241). К тому времени Исландия была христианизирована, и сказание о гибели богов испытало, по-видимому, сильное влияние христианства. Христианские же писания о смерти и возрождении Вселенной появились намного раньше исландского сказания о Рагнарёке. Однако они, в свою очередь, претерпели влияние еврейских мифов.

Ожидание мессии

До 586 года до н. э., пока существовало иудейское царство Давида, евреи были убеждены, что Бог является непогрешимым судьей, который определяет людям награды и наказания в

соответствии с их заслугами. Награды и наказания воздавались в этой, земной жизни. Эта уверенность была незыблемой.

Когда же Иудею покорили халдеи Навуходоносора, Храм был разрушен, многих евреев угнали в Вавилон, и среди изгнанников возникло сильное стремление возродить свое государство, вернуть к власти потомков Давида. Поскольку подобные мечтания, высказываемые прямолинейно, являлись изменой новым, не иудейским правителям, вошло в обыкновение говорить о возвращении царя эллиптически. Говорили о мессии, то есть о «помазаннике», так как помазание царя благовонным маслом было частью ритуала возложения власти.

Картина возвращения царя рисовалась как наступление прекрасного золотого века, и, конечно, вознаграждение добродетели было устранено из настоящего (где оно, очевидно, не имело места) и перенесено в светлое будущее.

Некоторые стихи, описывающие этот золотой век, оказались в Книге Исаяи, которая содержит в себе слова пророка, проповедовавшего еще в 740 году до н. э. Стихи эти, вероятно, появились в более поздний период. Надлежащим образом представить золотой век значило: праведников наделить властью, грешников лишить ее или даже уничтожить их. Вот так:

«И будет Он судить народы, и обличит многие племена; и перекуют мечи свои на орала, и копьа свои – на серпы: не поднимет народ на народ меча и не будут более учиться воевать» (Исайя 2:4).

«Он будет судить бедных по правде, и дела страдальцев земли решать по истине; и жезлом уст Своих поразит землю, и духом уст Своих убьет нечестивого» (Исайя 11:4).

Шло время, и евреи возвратились из плена, но это не принесло облегчения. Непосредственные соседи были враждебны, и евреи чувствовали себя беспомощными перед сокрушительной мощью персов, которые теперь правили землей. Еврейские пророки стали более выразительно описывать наступление золотого века и особенно дня Страшного суда, ожидающего их врагов.

Пророк Иоиль, проповедовавший около 400 года до н. э., писал:

«О, какой день! ибо день Господень близок: как опустошение от Всемогущего придет он» (Иоиль 1:15).

А вот и образ этого особого времени, когда Бог рассудит мир:

«Я соберу все народы, и приведу их в долину Иосафата, и там произведу над ними суд за народ Мой, и за наследие Мое, Израиля...» (Иоиль 3:2).

И это было первым литературным описанием Судного дня или Дня Страшного суда, когда Бог покончит с существующим в мире порядком.

Идея эта приобретает большую силу и большую остроту во втором веке до н. э., когда Селевкиды, греческие правители, унаследовавшие персидские владения после Александра Великого, попытались искоренить иудаизм.

Евреи под предводительством одного из Маккавеев восстали, а для поддержки восстания была написана Книга Даниила.

Книга Даниила частично строилась по старым традициям (по части пророчеств). В уста Даниила вложены описания апокалиптических видений. Бог (именуемый как «Ветхий днями») является, чтобы наказать грешников.

«Видел я в ночных видениях, вот, с облаками небесными шел как бы Сын человеческий, дошел до Ветхого днями и подведен был к Нему. И Ему дана власть, слава и царство, чтобы все народы, имена и языки служили Ему; владычество Его – владычество вечное, которое не прейдет, и царство Его не разрушится» (Даниил 7:13—14).

Этот «как бы Сын человеческий» подведен был к кому-то в человеческом облике, в противоположность врагам Иудеи, которые только что изображались в виде различных зверей. Человеческий облик можно толковать в общем как изображение Иудеи или в частности – мессии.

Восстание Маккавеев оказалось успешным, Иудейское царство было восстановлено, но это не привело к золотому веку. Однако в течение нескольких последующих веков в пророческих писаниях еще сохранялись упования на явление мессии. День Страшного суда, казалось, вот-вот наступит; мессия – вот-вот явится; царство справедливости – вот-вот установится.

Маккавеи уступили место римскому владычеству, и во времена правления Тиберия большую популярность приобрел проповедник по имени Иоанн Креститель. Основным в его проповеди было:

«Апокалиптический» – от греческого слова «апокалипсис» – «откровение», так нечто, представленное апокалиптическим, открывает будущее, обычно скрытое от людей. (Здесь и далее под звездочкой даются примечания автора.) «...покайтесь, ибо приблизилось Царство Небесное» (Матфей 3:2).

При все время подогревавшемся таким образом всеобщем ожидании всякий, кто претендовал на роль мессии, должен был воспитать учеников-последователей. При римлянах таких претендентов было немало, но никакого политического влияния они не достигли. В числе этих претендентов был и Иисус из Назарета, имевший в Иудее нескольких последователей, которые не отреклись от веры и после того, как Иисуса распяли, хотя они и пальцем не пошевелили, чтобы спасти его. Тех, кто верил в Иисуса как в мессию, можно было бы назвать «мессиистами». Но так как в новую веру обращалось все больше и больше неевреев, языком последователей Иисуса стал греческий. «Мессия» же по-гречески – «Христос». Так последователи Иисуса стали называться «христианами».

Первые успехи в обращении язычников в истинную веру связаны с личностью миссионера-проповедника Савла из Тарсуса (апостола Павла). Начиная с него, христианство быстро распространяется и приводит под свои знамена сначала Рим, затем Европу, затем большую часть мира.

Первые христиане полагали, что появление Иисуса-мессии (то есть Иисуса Христа) означает, что День Страшного суда близок. Сам Иисус изображался предсказывающим надвигающийся конец света:

«Но в те дни, после скорби той, солнце померкнет, и луна не даст света своего, и звезды спадут с неба, и силы небесные поколеблются. Тогда увидят Сына человеческого, грядущего на облаках с силою многою и славою... Истинно говорю вам: не пройдет род сей, как все это будет. Небо и земля прейдут... О дне же том, или часе, никто не знает, ни Ангелы небесные, ни Сын, но только Отец» (Марк 13:24—26,30-32).

Примерно в пятидесятых годах нашей эры, двадцать лет спустя после смерти Иисуса, апостол Павел все еще ждал, что вот-вот наступит День Страшного суда:

«Ибо сие говорим вам словом Господним, что мы, живущие, оставшиеся до пришествия Господня, не предупредим умерших; потому что Сам Господь при возвещении, при гласе Архангела и трубе Божией, сойдет с неба, и мертвые во Христе воскреснут прежде; потом мы, оставшиеся в живых, вместе с ними восхищены будем на облаках в сретение Господу на воздухе, и так всегда с Господом будем. Итак, утешайте друг друга сими словами. О временах же и сроках нет нужды писать к вам, братия, ибо сами вы достоверно знаете, что день Господень так придет, как тать ночью» (1-е послание к Фес-салоникийцам 4:15—18,5:1).

Павел, как и Иисус, подразумевал, что День Страшного суда наступит скоро, но остерегался называть точную дату. И, как это и случилось, День Страшного суда не наступил, зло не было наказано, идеальное царство не было установлено, а тем, кто верил, что Иисус был мессией, пришлось утешаться мыслью, что мессии придется прийти еще раз («Второе пришествие»), и уж тогда-то произойдет все предсказанное.

Христиане подвергались гонениям в Риме при Нероне и в более широких масштабах при следующем императоре – Домициане. И точно так же, как гонения Селевкидов породили апокалиптические обещания Книги Даниила во времена Ветхого завета, гонения Домициана во

времена Нового завета породили апокалиптические обещания Откровения Иоанна Богослова. Оно было написано примерно в 95 году нашей эры в пору правления Домициана.

День Страшного суда характеризуется многочисленными несвязными деталями. Говорится о последней битве всех сил добра и зла в месте под названием Армагеддон, но детали ее не ясны (Откр. 16:14—16). А в результате:

«И увидел я новое небо и новую землю, ибо прежнее небо и прежняя земля миновали...»– (Откр. 21:1).

Таким образом, вполне возможно, что чем бы ни был скандинавский миф о Рагнареке, версия его, дошедшая до нас, скорее всего чем-то обязана этой битве в Армагеддоне и предвидению возрождения Вселенной, описанного в Откровении. А Откровение, в свою очередь, многим обязано Книге Даниила.

Милленаризм

Откровение ввело и нечто новое:

«И увидел я Ангела, сходящего с неба, который имел ключ от бездны и большую цепь в руке своей. Он взял дракона, змия древнего, который есть диавол и сатана, и сковал его на тысячу лет, и низверг его в бездну, и заключил его, и положил над ним печать, дабы не прельщал уже народы, доколе не окончится тысяча лет; после же сего ему должно быть освобожденным на малое время» (Откр. 20:1-3).

Почему дьявол должен быть лишен власти на тысячу лет или «миллениум» (лат. – тысячелетие), а потом «быть освобожденным на малое время» – не ясно, но это, во всяком случае, снимало гнет с тех, кто верил, что День Страшного суда близок. Всегда можно было сказать, что мессия пришел, что дьявол взаперти, имея в виду, что христианство может проявить силу и что, однако, окончательная схватка и истинный конец наступят через тысячу лет¹.

Представляется естественным, что через тысячу лет (это от рождения Христа) 1000-го года ждали с волнением и страхом, но он миновал – а мир продолжал существовать.

Слова Даниила и Откровения обрывочны и не ясны, но, несмотря на это, вызывали доверие: люди перечитывали эти книги, задумывались над неопределенными предсказаниями и соглашались с новой датой Судного дня. Даже такие великие ученые, как Исаак Ньютон и Джон Напир, делали свои предсказания.

Тех же, кто пытался определить начало решающего тысячелетия и его конец, стали иногда называть «милленаристами» или «милленариями». Их можно также называть «хилиастами» от греческого слова, означающего «тысячелетие». Как это ни странно, милленаризм, вопреки неоднократным переносам даты конца света, заявляет о себе в наши дни еще сильнее, чем прежде.

Нынешнее движение началось с Уильяма Миллера (1782—1849), армейского офицера, который участвовал в войне 1812 года. Он был скептиком, а после войны стал, если можно так выразиться, заново родившимся христианином. Он принялся изучать Книгу Даниила и Откровение и решил, что Второе пришествие произойдет 21 марта 1844 года. Он подкрепил это путанными расчетами и предсказал, что мир закончится пожаром по образу и подобию описанного в Откровении.

Он воспитал до 100 тысяч последователей, и в назначенный день многие из них, распродав свое мирское имущество, собрались на склонах гор и холмов, чтобы вознестись навстречу Христу. День прошел без происшествий, после чего Миллер произвел перерасчет и установил

¹ В сущности, именно из-за тысячелетнего заключения сатаны термин «миллениум» получил применение для обозначения идеального будущего, где царят справедливость и счастье, применение часто ироничное – по отношению к тому, что никогда не свершится.

новый день – 22 октября 1844 года. Но и этот день прошел без происшествий. Когда Миллер умер, в 1849 году, Вселенная все еще продолжала существовать.

Многие его последователи, однако, не были обескуражены. Они стали толковать эту апокалиптическую книгу Библии таким образом, будто бы расчеты Миллера указывали начало некоего небесного процесса, пока недоступного обычному сознанию на Земле. Таким образом, это был еще один «миллениум», а истинное «Второе пришествие», или «адвент» Иисуса, снова было отложено на будущее, но, как и ранее, на не очень далекое будущее.

Так было основано движение адвентистов, которое раскололось на ряд различных сект, в числе которых и секта адвентистов седьмого дня, вернувшаяся к такому ритуалу Ветхого завета, как шабаш в субботу (седьмой день).

Нашелся человек, упростивший воззрения адвентистов. Это был Чарлз Тейт Рассел (1852—1916). В 1879 году он основал организацию под названием Свидетели Иеговы. Рассел считал возможным Второе пришествие в любой момент и неоднократно предрекал его на определенные дни, так же, как Миллер, и всякий раз испытывал разочарование. Он умер во время Первой мировой войны, которая, должно быть, представлялась ему началом последних решительных битв, описанных в Откровении, – и, тем не менее, адвент все же не последовал.

Однако движение продолжало процветать под водительством Джозефа Франклина Резерфорда (1869—1942). Он дождался Второго пришествия с волнующим лозунгом: «Да не умрут миллионы живущих!» Сам он умер во время Второй мировой войны, которая опять же, должно быть, представлялась ему началом последних решительных битв Откровения, – и все же адвент не последовал.

Но как бы то ни было, движение продолжает процветать и насчитывает сейчас в мире свыше миллиона человек.

2. Возрастание энтропии

Законы сохранения

Но довольно о «мифической вселенной». Наряду с мифическим представлением, существует научная точка зрения на Вселенную, она связана с наблюдением и экспериментом (а иногда и с интуитивным пониманием, которое, однако, должно быть затем подтверждено наблюдением и экспериментом).

Предположим, мы рассматриваем Вселенную с научной точки зрения (как будем делать и далее в этой книге). Является ли тогда Вселенная такой Вселенной, которой суждено прийти к концу? И если да, то как, почему и когда?

Древнегреческие философы считали, что если Земля – это обитель изменений, превращений и распада, то небесные тела следуют другим законам и остаются неизменными, не поддающимися превращениям и вечными. Средневековые христиане полагали, что в Судный день Солнце, Луна и звезды не минуют общего разрушения, но до той поры они если и не вечны, то, по крайней мере, не изменяются и не поддаются превращениям.

Точка зрения начала меняться, когда польский астроном Николай Коперник (1473—1543) в своей опубликованной в 1543 году книге изложил тщательно аргументированную теорию, где Земля была устранена со своего уникального положения в центре Вселенной и причислялась к планетам; она, как и другие планеты, вращалась вокруг Солнца. Именно Солнце заняло у него уникальное положение в центре.

Естественно, точка зрения Коперника была принята не сразу, ей жестоко сопротивлялись на протяжении шестидесяти лет. Только появление телескопа, впервые использованного для наблюдения за небом в 1609 году итальянским ученым Галилеем (1564—1642), лишило противников этой теории всяких претензий на научную респектабельность и свело их усилия к обычному тупому обскурантизму.

Галилей, например, открыл, что у Юпитера четыре спутника, которые безостановочно вращаются вокруг него, и тем самым раз и навсегда опроверг то, что Земля – центр, вокруг которого вертится все. Он установил, что Венера, как предсказывал Коперник, проявляет полный цикл фаз, аналогичных фазам Луны, в то время как более ранние предположения были иными.

В свой телескоп Галилей также увидел, что на Луне есть горы, кратеры и то, что он назвал морями, а это свидетельствовало о том, что Луна (следовательно, и другие планеты) – такие же образования, как и Земля, и, вероятно, подчиняются тем же законам изменения, превращения и распада, что и Земля. Он обнаружил темные пятна на поверхности самого Солнца, так что даже этот трансцендентальный объект, который из всего материального мира представлялся наибольшим приближением к совершенству Бога, оказался, в конце концов, несовершенен.

Затем, в поисках вечного – или по крайней мере тех аспектов вечного, которые можно было бы наблюдать и которые были бы частью материальной Вселенной, – людям удалось достигнуть более абстрактного уровня опыта, и если они не обнаруживали вещей, которые были бы вечными, то обнаруживали хотя бы связи между этими вещами. Так, в 1668 году английский математик Джон Уоллис (1616—1703), исследуя поведение сталкивающихся тел, пришел к выводу, что в процессе столкновения некоторый аспект движения не меняется.

И вот в чем суть этого явления. Все движущиеся тела имеют нечто, что называется «момент» (это латинское слово, означающее «движение»). Момент равен массе (которую можно грубо определить как количество вещества, которое содержит тело), умноженной на

его скорость. Если движение происходит в одном определенном направлении, моменту можно дать положительный знак; если в противоположном – отрицательный.

Если два тела подходят друг к другу лоб в лоб, их общий момент можно определить путем вычитания отрицательного момента одного из положительного момента Другого. Когда тела достигнут друг друга и столкнутся, распределение момента между ними изменится, но общий момент останется таким же, как раньше. Если они столкнутся и соединятся, вновь создавшееся тело будет иметь массу, отличную от массы каждого тела в отдельности, но общий момент останется таким же. Общий момент останется таким же, даже если тела столкнутся под углом и отскочат в измененных направлениях.

Из экспериментов Уоллиса и из многих других, проведенных после этого, следует, что в любой замкнутой системе (такой, в которую не поступает момент извне и никакой момент не исчезает из нее) общий момент всегда остается одинаковым. Распределение моментов среди движущихся в системе тел может меняться бесконечным количеством способов, но общий момент остается одинаковым. Следовательно, момент сохраняется, то есть он не приобретается и не теряется, этот принцип называется законом сохранения момента. Поскольку единственная по-настоящему замкнутая система – это вся Вселенная, наиболее общая формулировка закона сохранения момента может выглядеть так: «Общий момент Вселенной постоянен». По существу, он никогда не меняется на протяжении вечности. Не имеет значения, какие происходят или могут произойти изменения, при этом общий момент не меняется.

Можем ли мы быть в этом уверены? Как по нескольким наблюдениям, проведенным учеными в лабораториях за несколько веков, можно утверждать, что момент будет сохраняться еще миллионы лет или сохранялся миллионы лет назад? Как можно судить, сохраняется ли он сейчас в миллионе световых лет от нас в другой галактике или по соседству с нами при условиях, столь чуждых нам, как, скажем, условия в центре Солнца?

Нет, мы не можем этого утверждать. Все, что мы можем об этом сказать, это лишь то, что никогда, ни при каких условиях мы не наблюдали нарушения этого закона, точно так же, как и не обнаружили ничего, указывающего на то, что он мог бы быть когда-либо нарушен. Кроме того, все последствия мы выводим из предположения, что закон по смыслу представляется нам истинным и соответствует тому, что наблюдалось. Ученые поэтому считают, что имеют достаточное право полагать (всегда имеются основания для противоположного), что сохранение момента является «законом природы», который справедлив везде (в пространстве и во времени) и при любых условиях.

Закон сохранения момента был только первым из серии законов сохранения, открытых учеными. Например, можно говорить об «угловом моменте» или моменте вращения, которым обладают тела, совершающие круговое движение либо вокруг собственной оси, либо вокруг какого-нибудь другого тела. В обоих случаях момент вращения определяется массой тела, скоростью его вращения и средним расстоянием его частей от оси или центра, вокруг которого происходит вращение. Соответственно, для вращения существует закон сохранения момента вращения. Общий момент вращения Вселенной постоянен.

Более того, эти два типа момента не зависимы друг от друга и не взаимозаменяемы. Нельзя угловой момент заменить на момент обычный (иногда, чтобы отличать его от другого, именуемый «линейным моментом») и наоборот.

В 1774 году французский химик Антуан Лоран Лавуазье (1743—1792), проведя серию экспериментов, высказал предположение о неизменности массы (Несколько ранее в России такое же предположение высказал великий русский ученый М. В. Ломоносов (1711—1765)). В пределах замкнутой системы некоторые тела могут терять массу, а другие – наращивать, но общая масса системы остается постоянной.

Постепенно научный мир разработал понятие «энергия» как свойство тела, дающее ему возможность совершать работу. (Само слово «энергия» по-гречески означает «содержащий

работу».) В 1807 году это слово в современном его значении впервые употребил английский физик Томас Янг (1773—1829). Различные явления, способные совершать работу: тепло, движение, свет, звук, электричество, магнетизм, химические изменения и так далее – стали считаться различными формами энергии.

Возникла мысль о том, что одна форма энергии может преобразовываться в другую, что некоторые тела могут терять энергию в той или иной форме, а другие тела могут приобретать энергию в той или иной форме, и при этом в любой замкнутой системе общая энергия всех форм постоянна. Первым высказал такую мысль немецкий физик Герман Л. Ф. фон Гельмгольц (1821—1894), а в 1847 году ему удалось убедить весь научный мир в том, что это так. Поэтому он обычно считается первооткрывателем закона сохранения энергии.

В 1905 году великий ученый, физик Альберт Эйнштейн (1879—1955) убедительно доказал, что масса может преобразовываться в определенное количество энергии и наоборот.

По этой причине закон сохранения массы исчез как отдельный закон, и в наши дни речь идет только о законе сохранения энергии, а масса, таким образом, представляет собой одну из форм энергии.

В 1911 году британским физиком Эрнестом Резерфордом (1871—1937) была установлена структура атома, обнаружены его частицы, что согласовывалось не только с законами сохранения момента, углового момента и энергии, но также и с законом сохранения электрического заряда, числом элементарных частиц и с рядом других подобных правил.

Законы сохранения – это фактически основные правила игры для всех от мала до велика частиц и частей Вселенной; и все эти законы, насколько нам известно, вечные и всеобщие. И если какой-либо закон сохранения окажется в конце концов недействительным, это будет означать, что он является частью более общего закона, подобно тому как закон сохранения массы оказался в стороне, потому что как часть вошел в более общий закон сохранения энергии, которая теперь включает в себя и массу.

Теперь у нас есть один аспект Вселенной, который представляется не имеющим ни конца, ни начала. Энергия, которая содержится во Вселенной, будет всегда в ней в том же количестве, что и сейчас, и всегда была в ней в том же количестве, что и сейчас. Были и будут в ней такие же, как сейчас, момент, угловой момент, электрический заряд и так далее. Будут всевозможные виды локальных изменений, когда та или иная часть Вселенной теряет или приобретает что-то из этих свойств или изменяет что-то из этих свойств по форме, но в целом энергия во Вселенной была и остается неизменной.

Поток энергии

Теперь мы можем сопоставить Вселенную мифическую и Вселенную научную.

Что касается мифической Вселенной, то тут мы имеем дело с вечным и неизменяющимся небесным царством и противостоящим ему изменяющимся миром плоти, с которым мы хорошо знакомы. Этот изменяющийся мир, как мы считаем, идет к концу; и только в отношении этого изменяющегося мира слова «конец» или «начало» имеют значение. Он не только изменяющийся, он временный.

В научной Вселенной существуют вечные и неизменяющиеся свойства сохранения и противостоящий им изменяющийся мир, который действует сам по себе на фоне и в соответствии с правилами этих свойств сохранения. И только относительно этого изменяющегося мира слова «конец» и «начало» имеют значение. Он не только изменяющийся, но он и временный.

Но почему же существующая научная Вселенная является изменяющейся и временной? Отчего бы всем компонентам Вселенной не соединиться вместе в один супермассивный объект с определенным линейным моментом, угловым моментом, электрическим зарядом, количеством энергии и так далее и потом никогда не изменяться?

Почему вместо этого Вселенная состоит из миллиардов объектов различных размеров, которые постоянно передают частицы сохраняемых свойств от одного к другому? (Разумеется, мы не против, потому что эта взаимная передача свойств создает во Вселенной всю деятельность, одушевленную и неодушевленную, делает возможной жизнь, производит нечто неуловимое и неуловимое, что мы называем разумом, и так далее) Ведущая сила всех этих изменений, по-видимому, энергия. Так что, в определенном смысле, энергия – наиболее важное свойство, которым обладает Вселенная, и закон сохранения энергии рассматривается некоторыми как самый основной из всех законов природы.

Энергия производит все изменения во Вселенной и сама участвует в изменениях. Частицы энергии перетекают из одного места в другое, от одного тела к другому, изменяясь по форме в процессе перехода. И перед нами встает вопрос: что же направляет энергию тем или иным путем?

Причиной этого, по-видимому, является то, что энергия во Вселенной распределена неравномерно; в одних местах она присутствует в более концентрированной форме, в других – в менее концентрированной. Весь поток частиц энергии из одного места в другое, от одного тела к другому, из одной формы в другую и происходит вследствие тенденции выравнять ее распределение (Конечно, нам нужно прежде всего спросить, почему же энергия распределена неравномерно. Мы займемся этим вопросом ниже). Именно поток энергии преобразует ее неравномерное распределение в равномерное, именно этот поток может быть использован для совершения работы и привнесения всех изменений, которые имеют место, которые мы связываем со Вселенной, насколько мы знаем ее из жизни и умозрительно.

И более того, выравнивание энергии спонтанно. Ничто не ведет энергетический поток, ничего не требуется для того, чтобы его вызвать. Он возникает сам по себе. Он сам собою управляет.

Позвольте привести простой пример. Предположим, у вас имеются два больших сосуда одинакового размера, соединенные около дна трубкой, которая перекрыта, и между сосудами нет сообщения. Заполните один из сосудов водой до самого верха, а во второй налейте совсем немного воды.

В полном сосуде уровень воды выше, чем в том, который почти пуст. Чтобы вопреки сопротивлению гравитации поднять в сосуде воду выше, потребовалась энергия, так что вода в полном сосуде обладает более высоким уровнем энергии в отношении гравитационного поля, чем вода в почти пустом сосуде. Обычно мы говорим, что вода в полном сосуде обладает большей «потенциальной энергией», чем вода в почти пустом сосуде.

Представим себе теперь, что трубка, соединяющая оба сосуда, открыта. Вода немедленно потечет из места, где ее потенциальная энергия больше, в место, где ее потенциальная энергия меньше. Вода потечет из полного сосуда в пустой спонтанно.

Ни у одного человека, пусть даже с самым небольшим жизненным опытом, я уверен, не возникнет сомнения в том, что это явление спонтанно и неизбежно. Если бы трубка была открыта, а вода не потекла из полного сосуда в почти пустой, мы бы сразу подумали, что соединяющая трубка все еще перекрыта. Если бы вода из почти пустого сосуда перетекла в полный, мы бы решили, что воду накачивают.

Если бы все же трубка была открыта, и если бы было ясно, что никакого накачивания не происходит, но вода все же не текла бы из полного сосуда в почти пустой или, того хуже, текла бы в противоположном направлении, то мы были бы свидетелями свершающегося чуда. (Нет необходимости говорить, что никогда такие чудеса не были засвидетельствованы и зарегистрированы в анналах науки (Между прочим, явление того, как воды Красного моря расступились, как это изображено в кинофильме «Десять заповедей», является именно таким чудом. Естественно, это потребовало применения специальной съемки).) Однако спонтанный поток

воды настолько показателен, что мы используем его в качестве индикатора направления течения времени.

Предположим, например, что кто-то снял на киноплёнку события, произошедшие в двух сосудах, и мы знакомимся с результатом. Соединяющая трубка открыта, но вода не течет. Мы бы сразу пришли к выводу, что плёнка не движется и мы видим один-единственный кадр. Иначе говоря, время в «кино-вселенной» остановилось.

Предположим, что в кино мы видим воду, текущую из почти пустого сосуда в полный. В этом случае мы были бы совершенно уверены, что плёнку прокручивают в обратном направлении. В «кино-вселенной» время повернуло вспять, в противоположность реальной жизни, движение в обратном направлении. (На самом деле показ фильма задом наперед всегда вызывает смех, потому что события, которые мы в этом случае видим, никогда не случаются в реальной жизни. Выплеснувшаяся из стакана вода возвращается обратно; ныряльщик выбрасывается из воды ногами вперед и приземляется на доску для прыжков в воду; осколки стекла сами собираются в цельный предмет; волосы, взъерошенные ветром, укладываются в идеальную причёску. Наблюдение за всем этим позволяет нам понять, как много явлений в реальной жизни происходит совершенно спонтанно, как много явлений, которые действительно имели место, будучи повернутыми вспять, представляются настоящим чудом, и как хорошо мы отличаем одно от другого просто по опыту.) Вернемся к двум нашим сосудам с водой. Легко заметить, что скорость, с которой вода течет из полного сосуда в почти пустой, зависит от распределения энергии. Вначале потенциальная энергия воды в полном сосуде значительно выше, чем потенциальная энергия в почти пустом сосуде, так что вода течет быстро.

С падением уровня воды в полном сосуде и с подъемом его в почти пустом разница в потенциальной энергии между двумя сосудами неуклонно снижается, так что различие в распределении энергии уменьшается, и вода течет с неуклонно снижающейся скоростью. Ко времени, когда уровни воды почти одинаковы, вода течет с очень малой скоростью, а когда уровни воды в обоих сосудах становятся совершенно одинаковыми и совсем нет разницы в потенциальной энергии между ними, вода вообще перестает течь.

Короче, спонтанное изменение происходит от состояния неравного распределения энергии к состоянию равного распределения энергии и со скоростью, пропорциональной величине разности потенциала. Как только достигается равное распределение энергии, изменение прекращается.

Если бы, наблюдая за двумя сообщающимися сосудами с равными уровнями воды, не испытывающими никакого воздействия извне, мы увидели, что вода потекла в том или ином направлении так, что уровень воды в одном сосуде поднялся, а уровень воды в другом сосуде понизился, мы были бы свидетелями чуда.

Движущаяся вода может совершать работу. Она способна вращать турбину, которая будет вырабатывать электрический ток, или может просто передвигать предметы. При замедлении потока воды скорость, с которой может производиться работа, будет снижаться вместе с ним. Когда поток воды прекратится, никакой работы производиться не может.

Когда уровень воды одинаков в обоих сосудах, тогда все останавливается. Вся вода по-прежнему там. Вся энергия по-прежнему там. Все это – вода и энергия, тем не менее, уже больше не распределено неравномерно. Именно неравномерное распределение энергии создает изменение, движение, совершает работу – оно стремится к распределению равномерному. Как только равномерное распределение достигнуто, уже нет изменения, нет движения, нет работы.

Спонтанное изменение всегда происходит от неравномерного распределения к равномерному, и, как только достигается равномерное распределение, ничто спонтанное не приведет обратно к неравномерному распределению (Мы увидим, что в действительности это не совсем верно).

Возьмем другой пример, построенный не на уровнях воды, а на тепле. Из двух тел одно может содержать более высокую интенсивность тепловой энергии, чем другое. Уровень интенсивности тепловой энергии определяется как «температура». Чем выше уровень интенсивности тепловой энергии тела, тем выше его температура и тем оно горячее. Поэтому мы можем говорить о горячем теле и о холодном теле и считать их эквивалентными нашему случаю с полным сосудом и сосудом почти пустым.

Предположим, что два тела образовали замкнутую систему так, что в них не может попасть тепло из внешней Вселенной, и, соответственно, тепло не может вытекать из них во внешнюю Вселенную. Теперь представим себе, что два этих тела – горячее и холодное – приведены в соприкосновение.

Из опыта нашей реальной жизни нам точно известно, что произойдет: тепло потечет из горячего тела в холодное – в точности так, как вода текла из полного сосуда в почти пустой. Пока поток тепла продолжается, горячее тело будет остывать, а холодное тело будет нагреваться, точно так же, как полный сосуд становился менее полным, а почти пустой сосуд становился более полным. Наконец, оба тела будут иметь одинаковую температуру, так же как в двух сосудах устанавливался одинаковый уровень воды.

Опять же, скорость потока тепла от горячего тела к холодному зависит от разности распределения энергии. Чем больше разность температур между двумя телами, тем быстрее течет тепло от горячего тела к холодному. По мере охлаждения горячего тела и нагревания холодного разность температур уменьшается, снижается и скорость потока тепла. Наконец, когда температура обоих тел станет одинаковой, поток тепла прекратится – оно не будет двигаться ни в каком направлении.

Опять же, направление потока тепла спонтанно. Если два тела с различной температурой привести в соприкосновение, и тепло не потечет или потечет от холодного тела к горячему так, что холодное тело станет еще более холодным, а горячее еще более горячим, и если бы мы бы ни уверены, что имеем дело с действительно замкнутой системой, и что тут нет никаких фокусов, нам бы пришлось заключить, что мы стали свидетелями чуда. (Разумеется, никаких таких чудес не установлено и не зарегистрировано учеными.) Как только оба тела достигнут одинаковой температуры, поток тепла, который вызывает либо нагрев одного из тел, либо охлаждение, прекращается.

Подобные изменения опять-таки связаны с течением времени. Если бы мы сняли фильм о двух телах, сфокусировавшись на термометрах, прикрепленных к каждому телу, и заметили бы при просмотре, что температура одного тела остается высокой, а другого – низкой, мы бы сделали вывод, что пленка не движется. Если бы мы увидели, что столбик ртути в термометре на теле с более высокой температурой поднимается еще выше, в то время как столбик на другом термометре опускается еще ниже, мы бы сделали вывод, что пленка прокручивается задом наперед.

Пользуясь горячим и холодным телами, мы могли бы совершить работу. Тепло от горячего тела способно испарять жидкость, а расширяющийся пар способен толкать поршень. Пар мог бы затем передать свое тепло холодному телу, снова стать жидкостью, и процесс мог бы продолжаться снова и снова.

Когда совершается работа и течет тепло, горячее тело передает свое тепло испаряющейся жидкости, а пар, когда он конденсируется, передает свое тепло холодному телу. Поэтому горячее тело становится холоднее, а холодное теплее. Когда температуры сближаются, скорость потока тепла снижается, уменьшается и количество совершаемой работы. Когда же оба тела достигают одинаковой температуры, прекращается и поток тепла и не совершается никакой работы. Тела остаются на месте, вся тепловая энергия все еще там, но уже нет неравного распределения энергии, и поэтому нет никакого изменения, никакого движения, никакой работы.

И опять спонтанное изменение направлено от неравного распределения энергии к равному; от способности к изменению, движению, работе к отсутствию такой способности. И опять, как только такая способность исчезает, она не возникает вновь.

Второе начало термодинамики

Исследования энергии обычно включают в себя изучение потоков тепла и температурных изменений, потому что это – самый простой аспект предмета, поддающийся для наблюдения в лаборатории, а также потому, что это было особенно важно, когда паровые машины были главным способом превращения энергии в работу. По этой причине наука об энергоизменении, энерготечении и преобразовании энергии в работу была обозначена словом «термодинамика», что по-гречески означает «теплодвижение».

Закон преобразования энергии иногда называют «первым началом термодинамики», потому что он является основным правилом, определяющим, что произойдет с энергией.

Что же касается правила о направлении спонтанных изменений от неравномерного распределения энергии к равномерному распределению, то оно получило название «второго начала термодинамики».

Французский физик Николас Л. С. Карно (1796—1832), который первым детально исследовал тепловые потоки в паровых двигателях, еще в 1824 году, по сути дела, сформулировал второе начало термодинамики.

Тем не менее, первооткрывателем второго начала термодинамики считается немецкий физик Рудольф Ю. Э. Клаузиус (1822—1888), который в 1850 году высказал мысль, что этот процесс выравнивания приложим ко всем видам энергии и ко всем явлениям во Вселенной.

Клаузиус доказал, что величина отношения общего количества тепла к температуре в любом определенном теле имеет существенное значение для процесса выравнивания. Он назвал эту величину «энтропией». Чем меньше энтропия, тем более неравномерно распределение энергии. Чем энтропия больше, тем более равномерно распределение энергии. Поскольку спонтанная тенденция, по-видимому, постоянно направлена к изменению от неравномерного распределения энергии к ее равномерному распределению, мы можем сказать, что спонтанная тенденция, по-видимому, направлена к движению от низкой энтропии к высокой энтропии.

Мы можем изложить это таким образом. Первое начало термодинамики утверждает: содержание энергии во Вселенной постоянно.

Второе начало термодинамики утверждает: энтропия Вселенной неуклонно возрастает.

Если первое начало термодинамики, по-видимому, подразумевает, что Вселенная бессмертна, то второе начало показывает, что это бессмертие в определенном смысле ничего не стоит. Энергия всегда будет присутствовать, но она не всегда сможет привести изменение, движение и работу.

Когда-нибудь энтропия Вселенной достигнет максимума, и вся энергия выравняется. Затем, хотя вся энергия будет присутствовать, дальнейшие изменения станут невозможны – ни движения, ни работы, ни жизни, ни интеллекта. Вселенная будет существовать, но только как замерзшее изваяние Вселенной. «Фильм» перестанет крутиться, перед нами всегда будет стоять один «кадр».

Поскольку тепло – наименее организованный вид энергии и такой, который легче всего поддается равному распределению, всякое превращение любого вида нетепловой энергии в тепло означает увеличение энтропии. Спонтанное изменение всегда ведет от электричества к теплу, от химической энергии к теплу, от лучистой энергии к теплу и так далее.

Поэтому при максимальной энтропии все виды энергии, которые можно преобразовать в тепло, будут преобразованы, и все части Вселенной будут иметь одинаковую температуру.

Это иногда называют «тепловой смертью Вселенной», и, исходя из изложенного выше, может показаться, что это означает неизбежный конец.

Таким образом, конец мифической и конец научной Вселенной существенно различны. Мифическая Вселенная заканчивается всеобщим пожаром и развалом: она заканчивается одним махом. Научная Вселенная, если она заканчивается тепловой смертью, заканчивается длительной агонией.

Конец мифической Вселенной всегда предполагается в близком будущем. Конец научной Вселенной в случае тепловой смерти, конечно, далек. Он по крайней мере в тысяче миллиардов лет от нас, может быть, даже во многих тысячах миллиардов лет. Учитывая, что сейчас Вселенной, согласно существующим расчетам, только пятнадцать миллиардов лет, мы всего лишь во младенчестве ее жизни.

Тем не менее, хотя конец мифической Вселенной обычно описывают как насильственный и близкий, он принят, потому что несет обещание возрождения. Конец научной Вселенной, хотя он и мирный и чрезвычайно далекий, по-видимому, не подразумевает возрождения, а будет окончательным, и ясно, что такую вещь трудно принять. Люди ищут выход из положения.

В конце концов, спонтанные процессы могут быть обратимы. Воду можно накачать вверх против ее тенденции стекать. Тела можно охладить ниже комнатной температуры и оставить их в холодильнике; или нагреть выше комнатной температуры и оставить их в печке. При таком взгляде на вещи может показаться, что неминуемый рост энтропии можно предотвратить.

Иногда процесс возрастания энтропии объясняют, представляя Вселенную в виде огромных, неопишимо сложных часов, которые постепенно замедляют ход. К примеру, у человека есть часы, которые постепенно замедляют ход, но их всегда можно завести. А не может ли существовать подобный процесс и для Вселенной?

Разумеется, это не значит, что мы должны предположить, будто бы уменьшение энтропии может происходить только благодаря обдуманному действию людей. По-видимому, жизнь сама по себе, совершенно независимо от человеческого интеллекта, бросает вызов второму началу термодинамики. Индивидуумы умирают, но рождаются новые индивидуумы, и молодость, как всегда, торжествует. Растительность умирает зимой, но весной она снова оживает. Жизнь существует на Земле более трех миллиардов лет, а возможно, и больше, и не проявляет никаких признаков замедления. Более того, она проявляет множество признаков «подзаводки», поскольку на протяжении всей истории жизни на Земле она, жизнь, становилась все более сложной как в отношении отдельных организмов, так и в отношении экологической паутины, которая полностью ее опутала. История биологической эволюции демонстрирует огромное уменьшение энтропии.

Исходя из этого, кое-кто и в самом деле пытается характеризовать жизнь как средство уменьшения энтропии. Окажись это правдой, и Вселенная не двигалась бы больше к тепловой смерти, так как, где бы жизнь ни проявляла свое воздействие, она бы автоматически вела к уменьшению энтропии. Казалось бы, это очевидно, однако это совсем не так. Жизнь – не средство уменьшения энтропии, и сама по себе она не может предотвратить тепловую смерть. Подобная мысль – следствие неправильного понимания, стремления выдать желаемое за действительное.

Законы термодинамики применимы к замкнутым системам. Если для снижения энтропии используется насос, который накачивает воду вверх, насос надо рассматривать как часть системы. Если для снижения энтропии используется холодильник, который охлаждает объект ниже комнатной температуры, холодильник надо рассматривать как часть системы. Нельзя считать, что насос или холодильник существуют сами по себе. К чему бы они ни были подключены, каким бы ни был источник их энергии, они должны рассматриваться как часть системы.

В любой момент, когда люди или орудия людей своими действиями уменьшают энтропию и поворачивают вспять спонтанное явление, оказывается, что люди и орудия, занятые в процессе, подвержены увеличению энтропии. Кроме того, увеличение энтропии людей и их орудий неизменно больше, чем уменьшение энтропии той части системы, в которой спонтанное явление поворачивается в обратном направлении. Поэтому энтропия всей системы возрастает, всегда возрастает.

Разумеется, отдельный человек может за свою жизнь повернуть вспять очень много спонтанных явлений; люди, работая сообща, создали огромную технологическую сеть, которая охватывает всю Землю – от пирамид Египта и Великой китайской стены до самых современных небоскребов и плотин. Могут ли люди, подверженные такому огромному росту энтропии, продолжать существование?

Однако нельзя рассматривать человека самого по себе. Он не образует замкнутой системы. Человек ест, пьет, дышит, удаляет отходы, и все это – каналы связи со внешней Вселенной, по которым поступает или уходит энергия. Если рассматривать человека как замкнутую систему, надо учитывать также, что он ест, пьет, дышит и удаляет отходы.

Энтропия человека возрастает, когда он поворачивает спонтанные явления, и «заводит» ту часть незаведенной Вселенной, которой может достичь. При этом, как я уже сказал, его энтропия возрастает на большую величину, чем то уменьшение, которое он вызывает. И это несмотря на то, что человек постоянно уменьшает свою энтропию, когда принимает пищу, пьет, дышит и удаляет отходы. (Уменьшение неполное, конечно; в конце концов все люди умирают, и неважно, насколько успешно они избегают несчастных случаев и болезней, потому что медленное возрастание энтропии ничем не может быть компенсировано.) Вместе с тем возрастание энтропии в пище, воде, воздухе и удаляемых частях системы опять-таки значительно больше, чем уменьшение энтропии в самом человеке. Для всей системы остается в силе возрастание энтропии.

Фактически не только люди, но и вся животная жизнь процветают и поддерживают свою энтропию на низком уровне за счет огромного возрастания энтропии своей пищи, которая в конечном счете состоит из растительности. Как же тогда растительный мир продолжает существовать? Он же не может долго существовать, если его энтропия так сильно и постоянно возрастает.

Благодаря процессу, известному как «фотосинтез», растительный мир производит пищу и кислород (ключевой элемент воздуха), которыми живет животный мир. Это происходит на протяжении миллиардов лет. Но растительный и животный мир, взятые в целом, тоже не замкнутая система. Энергию, которая управляет производством ими пищи и кислорода, растения получают из солнечного света.

Следовательно, именно солнечный свет делает возможной жизнь, и само Солнце должно быть включено в жизненную систему как ее часть, прежде чем к жизни могут быть применены законы термодинамики. Оказывается, энтропия Солнца постоянно возрастает на величину, намного превышающую любое уменьшение энтропии, которое может быть вызвано жизнью. Следовательно, суммарное изменение энтропии системы, включающей жизнь и Солнце, является резко выраженным и неизменным возрастанием. Огромное уменьшение энтропии, представляемое биологической эволюцией, сравнимо только с рябью на приливной волне возрастания энтропии, представляемой Солнцем, и сосредоточиться на ряби, не обращая внимания на приливную волну, – значит совершенно не понимать фактов термодинамики.

Люди, помимо пищи, которую они едят, и кислорода, которым дышат, используют и другие источники энергии. Они используют энергию ветра и текущей воды, но оба этих источника – это продукты Солнца, так как ветры возникают вследствие неравномерного нагревания Земли Солнцем, а текущая вода берет начало с испарения Солнцем океанской влаги.

Для получения энергии люди сжигают топливо. Топливом может быть древесина и другие растительные продукты, обязанные своей энергией солнечному свету. Это может быть жир или другие животные продукты, а животные питаются растениями. Это может быть каменный уголь, который является продуктом растений прошлых периодов. Это может быть нефть, являющаяся продуктом микроскопического животного мира прошлых периодов. Все эти виды топлива связаны с Солнцем.

На Земле существует энергия, которая исходит не от Солнца. Имеется энергия внутреннего тепла Земли, которая проявляется в горячих источниках, гейзерах, землетрясениях, вулканах, подвижках земной коры. Имеется энергия вращения Земли, о чем свидетельствуют приливы и отливы. Есть энергия неорганических химических реакций и радиоактивности.

Все эти источники энергии производят изменения, но в каждом случае энтропия возрастает. Радиоактивные материалы медленно распадаются, и, как только их тепло перестанет добавляться к внутреннему запасу тепла Земли, Земля начнет остывать. Приливо-отливное трение постепенно замедляет вращение Земли и так далее. Даже Солнце в конечном счете израсходует свой запас энергии для производства работы, так как и его энтропия возрастает. А биологическая эволюция последнего, более чем трехмиллиардного периода, представляющая столь замечательно уменьшающий энтропию процесс, действует на основе возрастания энтропии всех прочих источников энергии. Может показаться, что прекратить это возрастание невозможно.

Представляется, что в отдаленной перспективе ничто не может сдержать возрастающий уровень энтропии или предотвратить достижение им максимума, момента, когда наступит тепловая смерть Вселенной. И если бы люди могли избежать всех остальных катастроф и каким-то образом просуществовать еще триллионы лет, то неужели они смирятся и погибнут с тепловой смертью?

Исходя из сказанного мною, казалось бы, так оно и есть.

Движение наугад

Все же есть нечто сомнительное в этой картине неуклонного возрастания энтропии Вселенной; ведь то же самое происходило, если мы заглянем на какое-то время назад.

Поскольку энтропия Вселенной неуклонно возрастает, миллиард лет назад она была меньше, чем сейчас, два миллиарда лет назад – еще меньше и так далее. Если мы обратимся назад достаточно далеко, то в определенный момент энтропия Вселенной должна была быть нулевой.

Астрономы в настоящее время считают, что начало Вселенной отстоит от нас на 15 миллиардов лет. По первому началу термодинамики энергия Вселенной вечна, так что, когда мы говорим о начале Вселенной 15 миллиардов лет назад, мы не имеем в виду, что тогда была создана энергия (включая материю). Энергия всегда существовала. Все, что мы можем сказать, это то, что 15 миллиардов лет назад начали тикать и замедлять ход «часы-энтропия». Что же их «завело»?

Чтобы ответить на этот вопрос, давайте вернемся к двум моим примерам со спонтанным возрастанием энтропии – воде, перетекающей из полного сосуда в почти пустой, и теплу, перетекающему от горячего тела к холодному. Я подразумевал, что эти два примера строго аналогичны, что тепло такая же жидкость, как и вода, и ведет себя таким же образом. В этой аналогии все же есть проблемы. Конечно, легко увидеть, что происходит с водой в двух сосудах и как происходит. На воду действует гравитация. Вода, реагируя на неравенство гравитационных полей в двух сосудах, течет из полного сосуда в почти пустой. Когда в каждом сосуде вода достигает одинакового уровня, гравитационное поле в обоих сосудах уравнивается, и переток воды прекращается. Но что же это такое – то, что аналогично гравитации воздействует на тепло

и перетягивает его из горячего тела в холодное? Прежде чем ответить на этот вопрос, нам надо выяснить, что такое тепло.

В восемнадцатом веке тепло, как и воду, считали жидкостью, только значительно более эфирной и, следовательно, способной просачиваться и выступать из мельчайших пор твердых тел подобно тому, как вода впитывается губкой и выжимается из нее.

В 1798 году американец британского происхождения, физик Бенджамин Томпсон граф Румфорд (1753—1814), изучая появление тепла от трения при сверлении оружейных стволов, предположил, что тепло представляет собой движение очень маленьких частиц. В 1803 году английский химик Джон Дальтон (1766—1844) предложил атомную теорию строения материи. Вся материя состоит из атомов, сказал он. С точки зрения Румфорда, именно движение этих атомов и является теплом.

Примерно в 1860 году шотландский математик Джеймс Кларк Максвелл (1831—1879) создал «кинетическую теорию газа», объясняя, как истолковать его поведение в свете атомно-молекулярного строения. Максвелл показал, что движение этих крошечных частиц, беспорядочно движущихся во всех направлениях и сталкивающихся друг с другом и со стенками вмещающего их сосуда, объясняет законы, управляющие поведением газа, которые были разработаны за два предшествовавших столетия.

В объеме любого газа атомы или молекулы двигаются с различными, широкого диапазона скоростями. Однако средняя скорость в горячем газе выше, чем в холодном. Собственно, то, что мы называем температурой, соответствует средней скорости частиц, из которых состоит газ. (Это верно и по отношению к жидкостям, и по отношению к твердым телам, только в жидкостях и твердых телах составляющие их частицы вибрируют, а не перемещаются полностью.) В целях упрощения аргумента, который следует ниже, предположим, что во всяком образце материи при данной температуре составляющие его частицы движутся (или вибрируют) со средней скоростью, характерной для этой температуры.

Представьте себе горячее тело (газообразное, жидкое или твердое), приведенное в контакт с холодным телом. Частицы на краю горячего тела будут сталкиваться с частицами на краю холодного тела. Быстрая частица горячего тела столкнется с медленной частицей холодного тела, затем эти две частицы отскочат друг от друга. Общий момент двух частиц остается одинаковым, но может произойти перенос момента с одной частицы на другую. Другими словами, две частицы могут расстаться с иными скоростями, чем те, с которыми они столкнулись.

Возможно, быстрая частица отдаст какую-то часть своего момента медленной частице, так что медленная частица, отскочив, будет двигаться быстрее. Возможно также, что медленная частица отдаст часть своего момента быстрой частице и, отскочив, будет двигаться медленнее, а быстрая частица, отскочив, будет двигаться еще быстрее.

Простой случай определяет, в каком направлении произойдет перенос момента, но больше шансов на то, что момент перенесется с быстрой частицы на медленную, и быстрая частица отскочит медленнее, а медленная частица отскочит быстрее, чем до столкновения.

Почему? Да потому, что число путей, по которым момент может перейти от быстрой частицы к медленной, больше, чем число путей, по которым момент может перейти от медленной частицы к быстрой. Если все различные пути равновероятны, тогда больше шансов, что один из многих возможных переносов момента от быстрой частицы к медленной будет осуществлен скорее, чем один из немногих возможных переносов от медленной частицы к быстрой.

Чтобы лучше понять, почему это так, представьте себе пятьдесят фишек в коробке, все одинаковые, пронумерованные от 1 до 50. Возьмите одну наугад и представьте себе, что выбрали фишку 49. Это – большое число и представляет собой быстро движущуюся частицу. Положите фишку назад в коробку (которая моделирует столкновение) и выберите наугад еще одну фишку (номер которой моделирует скорость частицы). Вы могли бы выбрать опять 49

и отскочили бы с той же скоростью, с которой столкнулись. Или вы могли бы выбрать 50 и отскочить даже быстрее, чем столкнулись. Или вы могли бы выбрать любой номер от 1 до 48 – сорок восемь возможностей различного выбора, и в каждом из этих сорока восьми случаев вы бы отскочили медленнее, чем столкнулись.

Выбрав для начала номер 49, вы получили для отскакивания с более высокой скоростью лишь 1 шанс из 50. Шансов отскочить медленнее у вас оказалось 48 из 50.

Ситуация поменялась бы на обратную, если бы для начала вам достался номер 2. Он бы представлял собой очень малую скорость. Если бы вы бросили эту фишку назад и вытащили бы наугад другую, у вас был бы только 1 шанс из 50 выбрать номер 1 и отскочить медленнее, чем вы столкнулись, и в то же время у вас было бы 48 шансов из 50 выбрать любой номер от 3 до 50 и отскочить быстрее, чем вы столкнулись.

Если вы представите себе еще десять человек, каждый из которых вытаскивает фишку 49 из отдельной, предназначенной ему коробки, и бросает ее назад, чтобы снова попытаться счастья, шансов, что все они вытащат 50 и что все отскочат быстрее, чем сталкивались, будет один из сотни миллионов миллиардов. С другой стороны, два шанса из трех, что каждый из Десяти в отдельности отскочит с более низкой скоростью.

И, наоборот, если бы те же самые десять человек для начала вытащили бы каждый по фишке с номером 2 и снова попытались бы счастья, ситуация поменялась бы на обратную.

Этим людям совершенно не обязательно выбирать одинаковые числа. Допустим, большое количество людей выбирают фишки, и у них оказываются совершенно разные номера, но среднее число довольно высокое. Если они вытащат еще по фишке, то гораздо более вероятно, что среднее число будет ниже, а не выше. Чем больше будет людей, тем более определено, что среднее число будет ниже.

То же самое можно сказать и о людях, доставших фишки и обнаруживших, что у них довольно низкий средний номер. При повторной попытке они, скорее всего, вытащат номер выше среднего. Чем больше людей, тем больше вероятность, что среднее число будет выше.

В любых телах, достаточно больших, чтобы на них можно было производить опыты в лаборатории, количество атомов или молекул в каждом не десять, и не пятьдесят, и даже не миллион, а миллиарды триллионов. Если эти миллиарды триллионов частиц в горячем теле имеют высокую среднюю скорость и если миллиарды триллионов частиц в холодном теле имеют низкую скорость, тогда очень много шансов на то, что беспорядочные столкновения этой массы частиц уменьшат среднюю скорость частиц в горячем теле и увеличат среднюю скорость частиц в холодном теле.

Как только средняя скорость частиц станет одинаковой в обоих телах, тогда и момент, вероятно, передастся как в одном направлении, так и в другом. Одни частицы будут двигаться быстрее, другие – медленнее, но средняя скорость (а следовательно, и температура) станет одинаковой.

Это дает нам ответ на вопрос, почему тепло течет от горячего тела к холодному, и почему оба тела достигают одинаковой температуры и сохраняют ее значение. Это просто следствие закона вероятности, естественно вытекающее из слепых случайностей.

Вот, собственно, почему энтропия Вселенной неуклонно возрастает. Существует очень много путей, связанных с равномерным распределением энергии, намного больше тех, которые делают ее распределение более неравномерным, поэтому невероятно высоки шансы, что изменения будут идти в направлении возрастания энтропии, и путь к этому не что иное, как слепой случай.

Иными словами, второе начало термодинамики указывает не на то, что должно произойти, а только на то, что произойдет с подавляюще большой вероятностью. Здесь есть существенная разница. Если энтропия должна увеличиваться, то она никогда не уменьшится. Если энтропия лишь скорее всего увеличивается, то она скорее всего не уменьшится, но в конечном

счете, если мы подождем достаточно долго, даже почти невероятное может произойти. Фактически, если мы подождем достаточно долго, оно должно произойти.

Представим себе Вселенную в состоянии тепловой смерти. Мы можем вообразить ее огромным, возможно, беспредельным трехмерным морем частиц, вовлеченных в бесконечную игру столкновений и отскакиваний отдельных частиц, одни из которых движутся быстрее, другие – медленнее, но с остающейся неизменной средней скоростью.

Время от времени в небольшой области соседствующих частиц развивается довольно высокая внутренняя скорость, в то же время в другой области на некотором расстоянии от первой устанавливается довольно низкая скорость. Общая средняя скорость во Вселенной не меняется, но у нас появилась область с низкой энтропией, и становится возможным некоторое небольшое количество работы, до тех пор пока эти области не уравниются, что произойдет через некоторое время.

То и дело на какое-то продолжительное время образуется большая неравномерность, произведенная этими случайными столкновениями, и опять, за еще более продолжительное время, еще большая неравномерность. Мы можем себе представить, что иногда, за триллион триллионов лет, образуется такая неравномерность с очень низкой энтропией в области размером со Вселенную. Для области размером со Вселенную с очень низкой энтропией, чтобы снова выравняться, требуется очень длительное время – триллион лет или более.

Возможно, подобное произошло с нами. В бесконечном море тепловой смерти благодаря действию слепого случая вдруг возникла Вселенная с низкой энтропией, а в процессе возрастания энтропии и выравнивания она обособилась в Галактики, звезды, планеты, породила жизнь и интеллект. И вот мы теперь интересуемся всем этим.

Таким образом и за окончательной катастрофой – тепловой смертью – может последовать возрождение, как и при сильнейших катастрофах, описанных в Откровении и скандинавских мифах.

Так как первое начало термодинамики представляется абсолютным, а второе начало термодинамики представляется только статистическим, есть вероятность существования бесконечного ряда вселенных, отделенных друг от друга воображаемыми эрами времени, только не найдется никого и ничего для измерения времени, и никаких способов в отсутствие возрастающей энтропии для его измерения, если бы даже и существовали необходимые приборы и пытливые умы. Следовательно, можно сказать: есть вероятность существования бесконечного ряда вселенных, отделенных друг от друга бесконечными интервалами.

А как на это проецируется человеческая история?

Предположим, что люди каким-то образом переживут все другие возможные катастрофы и что род человеческий проживет еще триллионы лет, прежде чем Вселенную постигнет тепловая смерть. Скорость возрастания энтропии по мере приближения к тепловой смерти неуклонно будет падать, но области со сравнительно низкой энтропией (области, малые по сравнению со Вселенной, но по человеческим масштабам очень большие) оставались бы то тут, то там.

Если мы допустим, что человеческая технология за триллион лет будет развиваться более или менее неуклонно, то люди должны оказаться способными воспользоваться этими областями низкой энтропии, обнаруживая и используя их, как мы сейчас обнаруживаем и используем месторождения золота. Эти области, продолжая истощаться, могли бы при этом поддерживать человечество миллиарды лет. Конечно, люди могли бы прекрасно находить новые области низкой энтропии, случайно образуемые в море тепловой смерти, и использовать их, продолжая таким образом существовать вечно, хотя и в ограниченных условиях. Затем, наконец, шанс предоставит область низкой энтропии размером со Вселенную, и люди смогут повторить относительно безграничную экспансию.

А если взять последнюю крайность, люди могут поступить так, как я описал в моем научно-фантастическом рассказе «Последний вопрос», впервые опубликованном в 1956 году, и попытаться открыть способы вызвать массивное уменьшение энтропии, предотвращая таким образом тепловую смерть, либо обдуманно обновить Вселенную, если тепловая смерть уже на пороге.

Вопрос, однако, в том, будет ли человечество еще существовать в те времена, когда тепловая смерть станет проблемой, не сметет ли нас, на самом деле, какая-либо более ранняя катастрофа другого вида?

Вот вопрос, на который мы будем искать ответ в нашей книге.

3. Крушение Вселенной

Галактики

Мы только что рассуждали о том, как, казалось бы, должна была вести себя Вселенная в соответствии с законами термодинамики. Теперь время взглянуть на собственно Вселенную, чтобы выяснить, не заставит ли это нас изменить наши выводы. Для этого посмотрим, как развивалось представление о Вселенной до того наиболее полного, которое мы смогли получить только в двадцатом веке.

В древнейшие времена взгляд человека на Вселенную ограничивался тем, что можно было видеть, и это было очень немного. Сначала Вселенная представлялась маленьким клочком поверхности Земли, над которым небо и все, что на нем было, выглядело просто куполом.

Греки первыми признали, что Земля – шар, они даже получили представление о его истинном размере. Они установили, что Солнце, Луна и планеты движутся по небу самостоятельно, независимо от других объектов, и определили их орбиты. Звезды, по их мнению, находились все в единой, наиболее далекой сфере и считались просто фоном. Даже когда Коперник отправил Землю нестись вокруг Солнца, и появление телескопа раскрыло интересные детали по части планет, знание людей в действительности не простиралось за пределы Солнечной системы. Даже в восемнадцатом веке звезды все еще были не более чем фон. Только в 1838 году немецкий астроном Фридрих Вильгельм Бессель (1784—1846) установил расстояние до одной из звезд, и был принят масштаб для измерения расстояний между звездами.

Свет движется со скоростью примерно 300 000 километров в секунду (Однако, как учил Эйнштейн, в мире все относительно. В 1997 году исследователи Амстердамского университета с помощью расположенных в Англии радиотелескопов зафиксировали взрыв в одной из черных дыр, находящейся в центре квазара G. S. R. 1915 (примерно на расстоянии 40 000 световых лет от Земли). Масса этой дыры во много раз больше массы нашего Солнца. Так вот, эта дыра после взрыва выбрасывает из своего Центра раскаленную массу порой со скоростью, превышающей скорость света), и за год, следовательно, пройдет 9,44 триллиона километров. Это расстояние получило название светового года, и даже самая близкая к нам звезда находится на расстоянии 4,4 световых лет. Среднее расстояние между соседствующими с нами звездами составляет 7,6 световых лет.

Звезды не представляются рассеянными по Вселенной равномерно. В кольцеобразном поясе, окружающем небо, существует так много звезд, что они сливаются в слабо светящийся туман, называемый Млечный Путь. На других участках неба звезд, по сравнению с ним, мало.

В девятнадцатом веке стало ясно, что звезды располагаются в форме линзы, ширина которой гораздо больше, чем ее толщина, толще в середине и тоньше по направлению к краю. Мы теперь знаем, что этот линзообразный конгломерат звезд имеет 100 000 световых лет в поперечнике в самом широком месте и содержит до 300 миллиардов звезд со средней массой примерно в половину нашего Солнца. Этот конгломерат называется Галактикой, от греческого выражения «Млечный Путь».

В девятнадцатом веке полагали, что Галактика – это все, что есть во Вселенной. Казалось, в небе нет ничего такого, что было бы вне ее, за исключением Магеллано-вых облаков. Эти объекты южного неба (невидимые в северном умеренном поясе) выглядели отдельными фрагментами Млечного Пути. Они оказались небольшими конгломератами звезд, которые находятся как раз вне Галактики. Решили, что это галактики-спутники нашей Галактики.

Еще одним подозрительным объектом была Туманность Андромеды, тусклая, плохо различимая невооруженным глазом. Некоторые астрономы считали, что это просто светящееся

облако газа, которое является частью нашей Галактики. Но если так, почему внутри него не было звезд, которые являлись бы источником света? (Звезды были видны в других облаках газа, принадлежащих Галактике.) К тому же природа свечения этого облака представлялась светом звезд, а не светом люминесцирующего газа. И вдруг новые (неожиданно вспыхивающие) звезды стали появляться в ней с удивительной частотой, новые звезды, которые не были видны при своей обычной яркости. Находилось достаточно доказательств того, что Туманность Андромеды – такой же конгломерат звезд, как Галактика, но настолько удаленный от нас, что ни одна отдельная звезда не различима, за исключением тех случаев, когда какая-нибудь вспыхивающая по какой-то причине звезда становится настолько яркой, что оказывается видимой. Наиболее решительным последователем этого взгляда был американский астроном Хебер Дуст Куртис (1872—1942), который провел специальное исследование новых звезд в Туманности Андромеды в 1917 и 1918 годах.

Тем временем в 1917 году в Маунт-Вильсоне, около Пасадены, в Калифорнии был установлен новый телескоп со 100-дюймовым зеркалом (самый крупный и самый лучший в мире по тем временам). С помощью этого телескопа американскому астроному Эдвину Пауэллу Хабблу (1889—1953) наконец удалось различить отдельные звезды по краям Туманности Андромеды. Это определенно был конгломерат звезд размером с нашу Галактику, и с тех пор он был назван Галактикой Андромеды.

Теперь мы знаем, что Галактика Андромеды находится в 2,3 миллионах световых лет от нас и что существует огромное количество других галактик, простирающихся во всех направлениях на расстоянии от нас в десятки миллиардов световых лет. Поэтому, если рассматривать Вселенную как целое, надо рассматривать ее как большой конгломерат галактик, более или менее равномерно распределенных по космосу, причем каждая галактика содержит примерно от нескольких миллиардов до нескольких триллионов звезд.

Звезды в пределах Галактики держатся вместе благодаря взаимному притяжению, и каждая галактика вращается по мере движения звезд по орбитам вокруг галактического центра. Благодаря гравитации галактики могут оставаться невредимыми и сохранять свою структуру на протяжении многих миллиардов лет.

Например, наша Галактика, Галактика Андромеды, два Магеллановых облака и свыше двадцати других галактик (большинство из них сравнительно маленькие) образуют «локальную группу». Среди других галактических скоплений, которые мы можем увидеть на небе, некоторые гораздо более значительны. Есть одно скопление в созвездии Волосы Вероники приблизительно на расстоянии 120 миллионов световых лет, которое состоит примерно из 10 000 галактик.

Возможно, Вселенная состоит из миллиарда галактических скоплений, и в каждом из них приблизительно по сотне членов.

Расширяющаяся Вселенная

Несмотря на то что галактики чрезвычайно удалены от нас, некоторые интересные вещи о них можно узнать по свету, который до нас доходит.

Видимый свет, который доходит до нас от любого горячего объекта, будь то огромное скопление галактик или костер, состоит из различной длины волн, от самых коротких, которые воздействуют на сетчатку нашего глаза, до самых длинных. Существуют приборы, которые могут отсортировать эти волны по порядку от самых коротких до самых длинных. Такие диапазоны называются «спектрами».

Волны различной длины воздействуют на наши глаза таким образом, что воспринимаются как цвета. Волны самой короткой длины представляются нам фиолетовым цветом. По мере увеличения длины волны мы видим по порядку: синий, голубой, зеленый, желтый, оран-

жевый и красный. Это знакомые нам цвета радуги, а радуга, которую мы видим в небе после дождя, является природным спектром.

Когда свет от Солнца или других звезд разлагается в спектр, в нем отсутствуют световые волны некоторой длины. Они поглощены по пути относительно холодными газами в верхней атмосфере Солнца (или других звезд). Эти отсутствующие длины волн проявляются как темные линии, пересекающие цветные диапазоны спектра.

Различные атомы в атмосфере звезды поглощают соответствующие только для них длины волн. Местонахождение характерных для каждого вида атомов длин волн в спектре можно точно определить в лаборатории, и по темным линиям в спектре любой звезды можно получить информацию о ее химическом составе.

Еще в 1842 году австрийский физик Христиан Йоган Допплер (1803—1853) доказал, что, когда тело издает звук определенной длины волны, эта волна удлиняется, если тело движется от нас, и укорачивается, если тело движется к нам. В 1848 году французский физик Арманд И. Л. Физо (1819—1896) применил этот принцип к свету.

В соответствии с эффектом Допплера-Физо длина световых волн, испускаемых звездой, которая удаляется от нас, больше, чем если бы звезда была неподвижным объектом. Это касается и темных линий, которые сдвигаются по направлению к красному концу спектра («красное смещение») относительно того, где они обычно должны находиться. В случае движения звезды в нашу сторону, темные линии сдвигаются к фиолетовому концу спектра.

Определяя положение темных линий спектра той или иной звезды, можно установить не только факт движения звезды к нам или от нас, но и с какой скоростью звезда движется, потому что чем быстрее звезда удаляется или приближается, тем больше смещение темных линий. Эта идея впервые была использована в 1868 году английским астрономом Уильямом Хаггинсом (1824—1910), который обнаружил красное смещение в спектре звезды Сириус и определил, что она удаляется от нас с умеренной скоростью. По мере того как все больше и больше звезд испытывалось подобным образом, выяснилось, что некоторые приближаются к нам, некоторые удаляются, чего и следовало ожидать, если Галактика в целом не приближается к нам и не удаляется.

В 1912 году американский астроном Весто Мелвин Слиффер (1875—1969) начал осуществлять проект по определению смещения темных линий различных галактик (даже еще до того, как было точно установлено, что маленькие светящиеся облака являются галактиками).

Можно было предположить, что галактики, как и звезды, тоже с какой-то скоростью удаляются и с какой-то скоростью приближаются; и, конечно, это оказалось верно для галактик нашей локальной группы. К примеру, первой галактикой, изученной Слиффером, была Галактика Андромеды, и было установлено, что она приближается к нашей Галактике со скоростью примерно 50 километров в секунду.

Галактики за пределами нашей локальной группы, тем не менее, проявили удивительное единообразие. Слиффер и те, кто за ним последовал, установили, что во всех случаях свет от этих галактик обладает красным смещением. Все, как одна, они удаляются от нас с необычайно высокой скоростью. В то время как звезды нашей Галактики движутся как бы относительно друг друга и со скоростью несколько десятков километров в секунду, даже довольно близкие галактики за пределами нашей локальной группы удаляются от нас со скоростью в несколько сот километров в секунду. Более того, чем слабее различима галактика (и предположительно, чем более она удалена), тем скорее она удаляется от нас.

К 1922 году Хаббл (который за пять лет до этого обнаружил звезды в Галактике Андромеды) доказал, что скорость удаления пропорциональна расстоянию. Так, если галактика А удалена от нас на расстояние в три раза большее, чем галактика Б, значит, галактика А удаляется от нас со скоростью в три раза большей, чем галактика Б. Как только это было установлено,

расстояние до галактик стало возможно измерять просто путем измерения величины красного смещения.

Но почему все галактики удаляются от нас? Чтобы объяснить это всеобщее удаление без предположения о наличии какого-либо особого качества у нас, оставалось только принять тот факт, что Вселенная расширяется и что расстояние между соседними скоплениями галактик постоянно увеличивается. А если это так, то с любой наблюдательной станции в пределах нашего скопления галактик, а не только со станции в нашей Галактике, все другие скопления галактик должны казаться удаляющимися со скоростью, которая неуклонно увеличивается с расстоянием.

Но почему Вселенная расширяется? Если представить себе, что время движется вспять (то есть если предположить, что мы сняли фильм о расширяющейся Вселенной, а потом прокручиваем его назад), галактические скопления окажутся приближающимися друг к другу и в конечном счете объединяющимися.

Бельгийский астроном Жорж Леметр (1894—1966) предположил в 1927 году, что давно, в какой-то момент времени, все вещество Вселенной было уплотнено в единый объект, который он назвал «космическим яйцом». Оно взорвалось, и из осколков его образовались галактики. Поэтому расширяющаяся Вселенная из-за силы давнего взрыва до сих пор продолжает расширяться. Американский физик русского происхождения Джордж Гамов (1904—1969) назвал этот изначальный взрыв «Большим взрывом», и теперь все используют это выражение. Астрономы считают, что Большой взрыв произошел примерно 15 миллиардов лет назад. Энтропия космического яйца была очень низкой, и с момента Большого взрыва она начала возрастать, а энергия Вселенной истощаться, как описано в предыдущей главе.

Действительно ли Большой взрыв имел место?

Чем дальше мы проникаем в обширные глубины Вселенной, тем дальше заглядываем в прошлое. В конце концов на такое «путешествие» требуется световое время. Если бы мы могли увидеть то, что было за миллиард лет до нас, то свету, который мы бы увидели, понадобился бы миллиард лет, чтобы дойти до нас, и тогда объект, который мы бы увидели, был бы таким, каким он был миллиард лет назад. Если бы мы могли видеть то, что было в 15 миллиардах световых лет от нас, мы бы увидели то, что было за 15 миллиардов лет до нас во время Большого взрыва.

В 1965 году А. А. Пенциас и Р. В. Вильсон из «Белл Телефон Лабораторис» обнаружили еле уловимые радиоволны, равномерно поступающие со всех сторон неба. Этот радиоволновой фон, по всей вероятности, является радиацией Большого взрыва, его отголоском, дошедшим до нас через 15 миллиардов световых лет. Это открытие было принято как весомое свидетельство в пользу Большого взрыва.

Будет ли Вселенная вечно расширяться в результате этого чудовищного изначального взрыва? Я далее остановлюсь на возможности этого, но пока давайте предположим, что Вселенная и впрямь будет расширяться вечно. В таком случае как это скажется на нас? Грозит ли безграничное расширение Вселенной катастрофой?

Визуально, по крайней мере, — нет. Все без исключения, что мы видим на небе невооруженным глазом, включая Магеллановы облака и Галактику Андромеды, является частями нашей локальной группы. Все части локальной группы держатся вместе гравитационно и не участвуют в общем расширении.

Что же тогда это значит? Это означает то, что, несмотря на непрекращающееся расширение Вселенной, наше видение неба от этого не изменится. Будут в ней иные изменения, по иным причинам, но в целом наша локальная группа, содержащая свыше половины триллиона звезд, будет оставаться неизменной.

По мере расширения Вселенной астрономы будут иметь все больше и больше трудностей в различении галактик вне локальной группы и наконец совершенно потеряют их. Все галак-

тические скопления удалятся на такое расстояние и будут двигаться от нас с такой скоростью, что уже не смогут воздействовать на нас никаким образом. Наша Вселенная будет состоять только из нашей локальной группы и будет составлять всего лишь одну пятнадцатимиллиардную часть своей теперешней величины.

Станет ли катастрофой это огромное сокращение нашей Вселенной по размеру? Непосредственно, вероятно, нет, но это повлияло бы на нашу способность разобраться с тепловой смертью.

Сравнительно маленькая Вселенная имела бы меньше шансов образовать большую область низкой энтропии, и она никак бы не могла образовать своего рода космическое яйцо, которое положило начало нашей Вселенной. Для этого не было бы достаточной массы. Чтобы привести какую-нибудь аналогию, скажем, было бы гораздо меньше шансов найти золотую жилу, копая на своем заднем дворе, нежели при возможности копать где угодно на всей поверхности Земли.

Таким образом, безграничное расширение Вселенной значительно уменьшает вероятность того, что люди уцелеют при тепловой смерти – прежде всего, если оно продлится долгое время.

В сущности, испытываешь сильное искушение сказать, что этого не произойдет: сочетание беспредельного расширения и тепловой смерти – это уже слишком много для рода человеческого и ведет к поражению даже при наиболее оптимистической трактовке событий.

Но это еще не все. А не может ли удаление галактических скоплений так изменить свойства Вселенной, что вызовет катастрофу прежде, чем наступит тепловая смерть?

Некоторые физики высказывают предположение, что гравитация является продуктом всей массы Вселенной, действующей совместно, а не только продуктом отдельных тел. Чем больше общая масса Вселенной концентрируется в меньшие объемы, тем более интенсивно гравитационное поле, образуемое любым данным телом. Равным образом, чем более рассредоточивается масса, тем слабее гравитационная сила, образуемая данным телом.

Поскольку Вселенная расширяется, масса Вселенной распределяется на все больший и больший объем, и интенсивность единичных гравитационных полей, создаваемых различными телами Вселенной, должна, согласно нашим рассуждениям, постепенно уменьшаться. Эта идея впервые была высказана английским физиком Полем А. М. Дираком (1902—1984).

Это было бы очень медленное уменьшение, и его результаты не были бы заметны людям на протяжении многих миллионов лет, но результат постепенно накапливался бы. Солнце, например, удерживается в целостности благодаря гравитационному полю. Если бы гравитационная сила стала слабее, Солнце бы медленно расширялось и стало холоднее, то же произошло бы и с другими звездами. Сила притяжения Солнца стала бы ослабевать, и постепенно Земля пошла бы по спирали прочь со своей орбиты. Сама Земля при ослаблении собственной гравитации стала бы медленно расширяться и так далее. Тогда в будущем мы могли бы столкнуться с тем, что температура Земли благодаря удалению от Солнца и охлаждению могла бы упасть и заморозить нас. Этот и другие результаты могли бы привести нас к концу еще до того, как наступит тепловая смерть.

Тем не менее до сих пор ученым не удалось обнаружить какого-либо явного признака, что гравитация со временем ослабевает или что в прошедшие времена Земля была более плотной. Вероятно, еще слишком рано говорить об этом и следует подождать других доказательств, прежде чем удостовериться в возможности того или иного пути, но я не могу отделаться от ощущения, что идея ослабевающей гравитационной силы несостоятельна. Если бы это было так, Земля становилась бы все холоднее, к тому же она была бы горячее в прошлом, а признаков этого не обнаруживается. К тому же гравитационные поля были бы все сильнее и сильнее по мере нашего продвижения в прошлое, а во времена космического яйца они были бы настолько сильны, что, по-видимому, космическое яйцо вообще не могло бы взорваться и разбросать

свои осколки из-за напряжения невообразимо сильного гравитационного поля (Действительно, мы скоро увидим, что это еще вопрос, мог ли вообще иметь место Большой взрыв, если учесть существующую в настоящее время интенсивность гравитационного поля.).

Сжимающаяся Вселенная

Но погодите, можем ли мы быть уверены, что Вселенная вечно будет расширяться только потому, что она расширяется сейчас?

Предположим, например, что мы смотрим на брошенный мяч,двигающийся вверх от Земли. Он неуклонно движется вверх, но со скоростью, которая неуклонно уменьшается. Мы знаем, что в конце концов его скорость снизится до нуля и что затем он будет двигаться вниз все быстрее и быстрее.

Причина этого в том, что сила гравитации Земли неумолимо тянет мяч вниз, сначала снижая его начальный импульс двигаться вверх, пока он полностью не будет погашен, затем постоянно ускоряя движение мяча вниз. Если бы мяч был брошен вверх сильнее, гравитации понадобилось бы больше времени для противодействия первоначальному импульсу. Мячу удалось бы достигнуть большей высоты, прежде чем прийти в неподвижное состояние и затем начать падать.

Можно подумать, что не имеет значения, насколько сильно мы бросили кверху мяч, в конечном счете он все равно придет в неподвижное состояние и возвратится обратно под неумолимым воздействием гравитации. По сути дела так и гласит народная мудрость: «Что наверх попало, то и вниз упало». Это было бы верно, если бы действие гравитации было постоянным на всем пути наверх. Но это не так.

Воздействие земной гравитации снижается как квадрат расстояния от центра Земли. Объект на поверхности Земли, грубо говоря, находится на расстоянии 6400 километров от ее центра. Объект, находящийся в 6400 километрах над земной поверхностью, будет в два раза дальше от ее поверхности и воздействие на него гравитации составляло бы только 1/4 того, что на поверхности.

Объект может быть брошен вверх с такой большой скоростью, что по мере его движения вверх гравитация снижается настолько быстро, что она никогда не будет достаточно сильной, чтобы понизить его скорость до нуля. В подобных случаях объект не возвращается вниз, а навсегда покидает Землю. Минимальная скорость, при которой это происходит, это «скорость исчезновения» или вторая космическая скорость, для Земли она составляет 11,23 километра в секунду.

Вселенную тоже можно рассматривать как имеющую вторую космическую скорость. Галактические скопления притягивают друг друга гравитационно, но в результате Большого взрыва движутся в разные стороны против силы гравитации. Это значит, что мы можем рассчитывать на то, что сила гравитации замедлит мало-помалу расширение Вселенной и доведет его до полной остановки. Как только это произойдет, галактические скопления под действием своего собственного гравитационного притяжения начнут приближаться друг к другу, и таким образом начнет существование сжимающаяся Вселенная. Тем не менее, раз галактические скопления двигаются друг от друга, сила гравитации каждого скопления на своих соседей должна уменьшаться. Если бы расширение оказалось достаточно быстрым, взаимное притяжение снизилось бы до такой степени, что ему никогда бы не удалось довести расширение до остановки. Минимальная скорость расширения, необходимая для предотвращения этой остановки, – это скорость исчезновения, вторая космическая скорость для Вселенной.

Если галактические скопления отдаляются друг от друга со скоростью большей, чем установленная для них вторая космическая скорость, то они будут отдаляться и Вселенная будет вечно расширяться, пока не достигнет тепловой смерти. Это будет «разомкнутая Все-

ленная» типа той, о которой мы рассуждали в предыдущей главе. Если галактические скопления разбегаются со скоростью меньше второй космической, расширение постепенно дойдет до остановки. Тогда со временем начнется сжатие, и Вселенная сформирует космическое яйцо, которое разлетится в новом Большом взрыве. Это будет «замкнутая Вселенная» (иногда называемая «осциллирующей Вселенной», то есть колеблющейся, от англ. *oscillate* – качаться, колебаться.).

Вопрос тогда состоит лишь в том, расширяется ли Вселенная со скоростью, которая выше второй космической скорости для Вселенной. Мы знаем скорость расширения, и, если бы мы знали величину этой второй космической скорости, мы бы имели ответ.

Эта вторая космическая скорость зависит от гравитационного притяжения космических скоплений друг к Другу а это, в свою очередь, зависит от массы отдельных галактических скоплений и от их расстояний друг от друга. Конечно, галактические скопления имеют разные размеры и находятся на разных расстояниях друг от друга.

Следовательно, мы можем представить себе, что вещество всех галактических скоплений равномерно распределено по Вселенной. Тогда мы можем определить среднюю плотность вещества во Вселенной. Чем больше средняя плотность, тем выше скорость исчезновения для Вселенной и больше вероятность того, что галактические скопления не отдаляются друг от друга так быстро, чтобы исчезнуть, и рано или поздно наступит остановка и переход к сжатию.

И вот примерно что мы можем сейчас сказать: если бы средняя плотность Вселенной была такой, как плотность хорошего объема гостининой, содержащей массу вещества, эквивалентную массе 400 атомов водорода, то это была бы достаточно высокая плотность, чтобы сохранить Вселенную замкнутой при существующей скорости расширения.

Насколько нам, однако, известно, фактическая средняя плотность Вселенной в сто раз меньше. По определенным косвенным признакам, включая количество дейтерия (тяжелого водорода) во Вселенной, большинство астрономов убеждены, что средняя плотность не может быть намного больше этой. Если это так, то сила гравитации также слишком мала, чтобы привести расширение Вселенной к остановке. Следовательно, Вселенная разомкнута, и расширение ее будет продолжаться до конечной тепловой смерти.

Следует заметить, что мы не вполне уверены в средней плотности Вселенной. Плотность равна массе, поделенной на объем, и, хотя мы знаем объем данной части Вселенной довольно хорошо, мы не так уверены в массе этой части.

Дело в том, что у нас есть способы расчета массы галактик, но мы не очень искусны в измерении тонкого разброса звезд, пыли и газа на дальних окраинах галактик и между галактиками. Может быть, мы существенно недооцениваем массу этого негалактического материала.

Действительно, в 1977 году гарвардские астрономы, изучающие рентгеновские лучи из космоса, обнаружили признаки того, что некоторые галактические скопления окружены звездными и пыльными гало, обладающими массой, которая в пять-десять раз больше, чем масса самой галактики. Если такие гало распространены это было бы существенной добавкой к массе Вселенной и возможность разомкнутой Вселенной, без сомнения, стала бы очень неопределенной.

Один из признаков того, что возможность гораздо большей массы Вселенной следует рассматривать серьезно, проявляется и в самих галактических скоплениях. Во многих случаях, когда масса галактических скоплений рассчитывается на базе массы составляющих ее галактик, оказывается, не находится достаточно гравитационного воздействия, чтобы удерживать скопление в целостности. Отдельные галактики приходится отделять и отбрасывать, поскольку они двигаются со скоростями выше, чем очевидная скорость исчезновения скопления. И все же эти галактические скопления кажутся гравитационно связанными. Естественный вывод состоит в том, что астрономы недооценивают общую массу скоплений, что есть масса вне собственно галактик, в которые она не входит.

Короче говоря, в то время как баланс очевидности все же сильно склоняется в пользу разомкнутой Вселенной, шансы для этого несколько снижаются. Шансы, что во Вселенной содержится достаточно массы, чтобы сделать ее замкнутой и осциллирующей, при все еще малом количестве, увеличиваются².

Все же имеет ли смысл сжимающаяся Вселенная? Она сделает все галактики ближе друг к другу и в конце концов сформирует низко-энтропийное космическое яйцо. Разве это не будет означать, что сжимающаяся Вселенная игнорирует второе начало термодинамики? Это, конечно, противоречит ему, но не следует смотреть на это как на игнорирование.

Второе начало термодинамики, как я уже говорил, просто обобщение человеческого опыта. Наблюдая Вселенную в различных условиях, мы видим, что вроде как второе начало термодинамики никогда не нарушается; из этого мы заключаем, что оно не может быть нарушено.

Этот вывод может завести нас слишком далеко. В конце концов, неважно, как мы варьируем условия эксперимента и место наблюдения. Важно одно – то, что мы не можем поменять: все наблюдения Земли и тех самых галактик, которые мы способны обнаружить, и все условия эксперимента, которые мы можем разработать, – все без исключения имеет место в расширяющейся Вселенной. Следовательно, наиболее категоричное утверждение, которое мы можем себе позволить, – это то, что в расширяющейся Вселенной второе начало термодинамики нерушимо.

На базе наших наблюдений и экспериментов мы ничего не можем сказать точно о взаимосвязи энтропии и сжимающейся Вселенной. Мы совершенно свободны предположить, что по мере замедления расширения Вселенной ускорение возрастания энтропии станет менее непреодолимым; а вот когда начнется сжатие Вселенной, ускорение уменьшения энтропии станет непреодолимым.

Тогда мы можем также предположить, что в замкнутой Вселенной энтропия на стадии расширения, как правило, возрастает, и, весьма вероятно, что до достижения стадии тепловой смерти произойдет поворот, и энтропия начнет уменьшаться на стадии сжатия. То есть Вселенная, подобно часам, за которыми следят, до того как остановиться, заводится и, таким образом, продолжает двигаться, так сказать, вечно. Но полагая, что Вселенная продолжает двигаться циклично, вечно, без тепловой смерти, можем ли мы быть уверены в том, что и жизнь продолжится вечно? Нет ли в этом цикле таких периодов, во время которых жизнь невозможна?

Например, представляется, что взрыв космического яйца – условие, скорее всего враждебное жизни. Вселенная в целом (состоящая только из космического яйца) в момент взрыва приобретает температуру много триллионов градусов, и только спустя определенное время температура может понизиться достаточно для того, чтобы материя сгруппировалась в галактики, чтобы сформировались планетарные системы и на подходящих планетах развилась жизнь.

Галактики, звезды, планеты и жизнь смогут существовать во Вселенной не ранее, чем приблизительно через миллиард лет после Большого взрыва. Исходя из того, что сжатие повторяет историю Вселенной наоборот, мы вправе предположить, что в течение миллиарда лет до образования космического яйца жизнь, планеты, звезды и галактики невозможны.

Таким образом, в каждом цикле, центром которого является космическое яйцо, имеется период в два миллиарда лет, когда жизнь невозможна. В каждом цикле после этого периода может образоваться новая жизнь, но она не будет иметь никакой связи с жизнью предыдущего

² Если позволить себе еще раз вмешаться со своим личным мнением, то я считаю, что разомкнутая Вселенная на самом деле невозможна по причинам, которые я раскрою в следующей главе. Я считаю, что нам стоит потерпеть, и астрономы найдут недостающую массу или какие-нибудь иные недостающие свойства, и будет принята замкнутая Вселенная.

цикла, придет к концу перед образованием очередного космического яйца и не будет иметь связи с жизнью последующего цикла.

Задумаемся: возможно ли, чтобы во Вселенной было намного меньше триллиона звезд? Все они изливают свою энергию во Вселенную и делают это на протяжении 15 миллиардов лет. Почему же вся эта энергия не послужила нагреванию всех холодных тел Вселенной – таких планет, как наша Земля, – до высокой температуры и не сделала жизнь невозможной?

Существуют две причины, почему этого не происходит.

Во-первых, в расширяющейся Вселенной все галактические скопления движутся в разные стороны. Это означает, что свет, доходящий до любого из галактических скоплений от остальных, претерпевает красное смещение различной степени. Поскольку чем длиннее световая волна, тем ниже содержащаяся в свете энергия, красный свет означает уменьшение энергии. Поэтому излучение, исходящее от галактик, менее энергетично, чем можно было бы подумать.

Во-вторых, имеющееся во Вселенной пространство быстро увеличивается по мере ее расширения. Пространство фактически растет в объеме быстрее, чем вливаемая в него энергия может заполнить его. Поэтому вместо нагрева Вселенная неуклонно теряет температуру Большого взрыва, теперь ее температура составляет лишь около 3 градусов выше абсолютного нуля.

Для сжимающейся Вселенной ситуация поменялась бы на обратную. Галактические скопления сходились бы, и это означало бы, что свет, доходящий до любого галактического скопления от других, имел бы фиолетовое смещение различной степени и был бы намного энергетичнее, чем сейчас. Затем имеющееся во Вселенной пространство быстро бы уменьшалось, и излучение заполняло бы его быстрее, чем можно было бы ожидать. Следовательно, сжимающаяся Вселенная неуклонно нагревалась бы и, как я уже сказал, за миллиард лет до образования космического яйца была бы слишком горяча для существования жизни.

Сколько же времени осталось до образования очередного космического яйца?

Сказать это невозможно. Опять-таки это зависит от общей массы Вселенной. Предположим, масса достаточно велика, чтобы гарантировать замкнутую Вселенную. Чем больше требуемый минимум массы, тем сильнее общее гравитационное поле Вселенной и тем быстрее нынешнее расширение дойдет до остановки, и все сожмется в новое космическое яйцо.

Однако нынешняя общая масса настолько мала, что представляется вполне вероятным, что ее можно увеличить, причем достаточно значительно, чтобы обусловить замкнутую Вселенную. А это означает, что со временем скорость расширения замедлится, и когда расширение почти прекратится и под влиянием гравитации, достаточно большой, чтобы завершить это дело, постепенно пропадут его последние следы, тогда Вселенная начнет сжиматься, и поначалу это сжатие продолжительное время будет происходить тоже очень медленно.

Мы живем в относительно короткий период быстрого расширения, а когда-то наступит относительно короткий период быстрого сжатия, каждый из них продолжительностью всего лишь несколько десятков миллиардов лет; а между ними будет длительный период, по существу, статической Вселенной.

В качестве чистой догадки мы можем представить себе, что Вселенная придет в состояние остановки приблизительно на полпути до тепловой смерти, скажем, после половины триллиона лет, и что пройдет еще половина триллиона лет до образования очередного космического яйца. В таком случае род человеческий имеет альтернативу ждать триллион лет тепловой смерти, если Вселенная не замкнута, или триллион лет до образования космического яйца, если Вселенная замкнута.

И то, и другое представляется окончательной катастрофой, но космическое яйцо куда более насильственно, куда более напоминает Апокалипсис-Рагнарек. Род человеческий пред-

почел бы, пожалуй, первое, но я подозреваю (всегда предполагая, что он еще долго проживет до того), что произойдет именно второе³.

³ И все же, чтобы не заканчивать на совсем уж траурной ноте: научный фантаст Пол Андерсон в своем романе «Тау Зеро» описывает космический корабль, экипаж которого стал свидетелем и пережил формирование и взрыв космического яйца, и описывает он это с удивительно правдоподобными подробностями.

4. Гибель звезд

Гравитация

При рассмотрении альтернативных катастроф тепловой смерти и космического яйца мы имели дело со Вселенной в целом и считали, что она представляет собой более или менее однородное море тонкого вещества, которое приобретало энтропию и расширялось, приближаясь к тепловой смерти, или которое теряло энтропию и сжималось в космическое яйцо. Мы полагали, что все части Вселенной имеют одну судьбу, одинаковым образом и в одно и то же время.

Но дело в том, что Вселенная вовсе не однородна, если ее рассматривать не с огромных расстояний и не в общем плане. При ближайшем рассмотрении она оказывается весьма, так сказать, комковатой.

Начнем с того, что во Вселенной содержится как минимум десять миллиардов триллионов звезд, причем условия в самой звезде или рядом с ней чудовищно отличаются от условий вдалеке от звезды. Более того, местами звезды расположены очень плотно, в то время как в других местах их мало, а в иных и вовсе нет. Отсюда вполне возможно, что события в некоторых частях Вселенной очень отличаются от событий в других ее частях, например, в то время как Вселенная в целом расширяется, части ее сжимаются. Нам следует рассмотреть эти варианты, поскольку такая разница в поведении, вероятно, может приводить и к иным видам катастроф.

Для начала рассмотрим Землю, которая сформирована примерно из шести триллионов триллионов килограммов камня и металла. Характер ее образования управлялся в значительной мере гравитационным полем, сгенерированным всей этой массой. Таким образом, вещество Земли, сжавшись под воздействием гравитационного поля, продолжало продвигаться как можно ближе к центру. Каждый кусочек Земли двигался по направлению к центру до тех пор, пока какой-то другой кусок не преграждал ему продвижение физически. В результате каждый кусок Земли оказался настолько близок к центру, насколько смог пробраться, так что вся планета стала обладать минимальной потенциальной энергией.

Расстояние различных частей сферического тела от его центра в среднем меньше, чем было бы в любом другом геометрическом теле, так что Земля стала сферой. (Таковыми же являются Солнце, Луна и все другие обладающие объемом астрономические тела, за исключением образовавшихся в специальных условиях.) Более того, Земля, сформированная гравитацией в сферу, плотно «упакована». Составляющие ее атомы связаны между собой. В сущности, чем дальше в глубину от поверхности Земли, тем более сжаты атомы весом вещества расположенных выше слоев (этот вес представляет собой силу гравитации, или притяжения).

Тем не менее даже в центре Земли атомы, несмотря на то, что они сильно сжаты, остаются невредимыми. Из-за того, что они невредимы, они оказывают сопротивление дальнейшему действию гравитации. Земля более не сжимается, а остается сферой диаметром 12750 километров и при условии, что она полностью предоставлена самой себе, будет оставаться такой неопределенно долгое время.

Звезды, однако, нельзя рассматривать точно таким же образом, поскольку масса их больше массы Земли в десять тысяч, а то и в десять миллионов раз, а это большая разница.

Возьмем, например, Солнце, масса которого в 330000 раз больше массы Земли. Соответственно в 330000 раз больше и его гравитационное поле, и сила, которая при образовании Солнца собрала его в сферу, была во столько же раз мощнее. Под действием этой огромной силы атомы в центре Солнца, попавшие под колоссальный вес верхних слоев, сломались и были разбиты вдребезги.

Подобное может происходить потому, что атомы совсем не аналогичны крохотным бильярдным шарам, как думали в девятнадцатом веке. Напротив, это главным образом рыхлые оболочки, состоящие из электронных волн с очень малой массой, в центре которых находится крошечное ядро, которое содержит почти всю массу. Диаметр ядра всего $1/100000$ часть диаметра всего атома. Атом довольно похож на мячик для пинг-понга с невидимо маленьким и очень плотным металлическим шариком, находящимся в центре.

Под давлением верхних слоев Солнца электронные оболочки атомов, находящихся в его середине, полностью разрушаются, и крошечные ядра в центре атомов освобождаются. Изолированные ядра и осколки электронных оболочек настолько меньше, чем целые атомы, что под влиянием собственной гравитационной силы Солнце могло бы сжаться до удивительно малых размеров, но не сжимается.

Не сжимается потому, что Солнце – а также большей частью и другие звезды – состоит главным образом из водорода. Водородное ядро в центре атома водорода является одиночной субатомной частицей, называемой протоном, который несет положительный электрический заряд. Раз атомы разрушены, лишённые оболочек протоны могут свободно двигаться и могут приближаться друг к другу гораздо ближе, чем могли, когда были окружены электронами. На самом деле протоны не просто приближаются друг к другу, они сталкиваются с большой силой, поскольку энергия гравитационного поля, когда вещество Солнца сжимается, преобразуется в тепло, причем температура внутри Солнца приблизительно 15 миллионов градусов.

Когда протоны сталкиваются, они иногда не отскакивают, а соединяются друг с другом, вызывая таким образом «ядерную реакцию». В процессе подобных ядерных реакций некоторые протоны теряют электрический заряд и становятся нейтронами, и в конечном счете образуется ядро, состоящее из двух протонов и двух нейтронов. Это ядро атома гелия.

Этот процесс (тот же, что происходит в водородной бомбе, но неизмеримо больший по мощи) генерирует огромное количество тепла, которое превращает все Солнце в огнедышащий шар раскаленного добела газа и поддерживает это состояние долгое, долгое время.

Земля удерживается от сжатия сопротивлением невредимых атомов, а Солнце – благодаря расширяющему эффекту тепла, вырабатываемого ядерными реакциями внутри звезды. Разница лишь в том, что Земля может сохранять свой размер неопределенно продолжительное время, поскольку невредимые атомы, предоставленные сами себе, будут всегда оставаться невредимыми, Солнце же – не может. Размер Солнца зависит от непрерывного производства тепла в его недрах, что в свою очередь зависит от непрерывной серии ядерных реакций, производящих тепло, и что в свою очередь зависит от непрерывной поставки водорода, топлива для таких реакций.

Водорода там очень много. Но в конечном счете пройдет достаточно много времени, и количество водорода Солнца (или любой другой звезды) станет меньше определенной критической величины. Скорость ядерной реакции станет снижаться, уменьшаться будет и энергия. Тепла станет недостаточно, чтобы сохранить Солнце (или любую другую звезду) в расширенном состоянии, и оно начнет сжиматься. Сжатие звезды имеет важные гравитационные последствия.

Гравитационная сила между двумя объектами увеличивается по мере уменьшения расстояния между их центрами, обратно пропорционально квадрату этого расстояния. Если на определенном большом расстоянии от Земли уменьшить это расстояние наполовину, то есть в 2 раза, то притяжение Земли увеличится в 2×2 , или в 4 раза; если уменьшить это расстояние в 16 раз, притяжение Земли увеличится в 16×16 , или в 256 раз.

На поверхности Земли сила притяжения Земли для вас зависит от ее массы, вашей массы и того факта, что вы находитесь в 6378 километрах от центра Земли. Вы не можете существенно изменить массу Земли, и вы не имеете желания изменить свою собственную массу. Но представьте себе, что вы изменяете расстояние от себя до центра Земли?

Вы можете, например, в воображении продвинуться ближе к центру Земли путем бурения самого вещества Земли. И вы можете подумать, что сила притяжения для вас увеличится, если вы подошли ближе к центру Земли.

Но нет, подобная зависимость силы притяжения от расстояния до центра притягивающего тела сохраняется только в том случае, когда вы находитесь вне тела. Только тогда при расчете сил гравитации мы можем относиться ко всей массе тела так, как будто она сконцентрирована в его центре.

Если вы углубитесь в Землю, то только часть Земли, которая ближе вас к центру, будет притягивать вас по направлению к нему. Часть Земли, которая дальше вас от центра, уже не будет участвовать для вас в силе притяжения. Следовательно, когда вы углубляетесь в Землю, притяжение для вас уменьшается. И если бы вы в воображении достигли самого центра Земли, никакого притяжения к центру Земли вообще бы не было, потому что не было бы ничего ближе к центру, чтобы оказывать на вас притяжение. Вы были бы подвержены нулевой гравитации.

Предположим, однако, что Земля сжалась бы на половину своего радиуса при сохранении всей своей массы.

Если бы вы находились далеко, скажем, в космическом корабле, это сжатие на вас не повлияло бы. Масса Земли оставалась бы прежней, неизменными оставались бы ваша масса и расстояние от вас до центра Земли. Сжимается Земля или расширяется, сила ее притяжения для вас не меняется (за исключением случая, когда ее расширение заходит настолько далеко, что она захватывает вас своим веществом, в этом случае для вас ее притяжение уменьшилось бы).

Предположим теперь, что вы стоите на поверхности Земли, когда она начала сжиматься, и вы остаетесь на ее поверхности в процессе сжатия. Масса Земли и ваша масса остаются теми же самыми, но ваше расстояние от центра Земли уменьшилось в 2 раза. Вы – вне самой Земли, и вся масса Земли находится между вами и ее Центром, тогда притяжение Земли увеличится для вас в 2×2 , или в 4 раза. Другими словами, поверхностная гравитация Земли увеличивается при сжатии Земли.

Если бы Земля продолжала сжиматься без потери массы, и если бы вы оставались на ее поверхности, сила притяжения для вас продолжала бы увеличиваться. Если представить, что Земля уменьшится до точки нулевого диаметра (при сохранении массы), и вы бы оказались в этой точке, сила притяжения для вас была бы бесконечной.

Это верно для любого тела, обладающего массой, какое бы оно ни было маленькое или большое. Если бы вы, или я, или, скажем, протон сжимались все больше и больше, сила притяжения на нашей поверхности или поверхности протона увеличивалась бы беспредельно. И если бы вы, или я, или протон были уменьшены до точки нулевого диаметра при сохранении первоначальной массы, поверхностная гравитация в этом случае стала бы бесконечной.

Черные дыры

Впрочем, Земля, вероятно, никогда не сожмется до меньшего размера, по крайней мере пока она сохраняет свое настоящее состояние. Как не сожмется ничто, что меньше Земли. Даже объекты намного крупнее, чем Земля, например Юпитер, масса которого в 318 раз больше массы Земли, – не сожмутся, пока они предоставлены сами себе.

Звезды, тем не менее, в конечном счете сожмутся. Их масса значительно больше, чем масса планет, и их мощное гравитационное поле вызовет сжатие, как только масса ядерного топлива упадет ниже критической точки, и производимого тепла станет недостаточно для противодействия гравитационной силе. Насколько далеко пойдет сжатие, зависит от интенсивности гравитационного поля сжимающегося тела и соответственно от его массы. Если тело достаточно массивно, то, насколько нам известно, предела сжатию нет, и тело сжимается до нулевого

объема Когда звезда сжимается, интенсивность ее гравитационного поля на значительных расстояниях не меняется, но ее поверхностная гравитация увеличивается без предела Одно из последствий этого – то, что скорость исчезновения с поверхности звезды, или вторая космическая скорость, неуклонно увеличивается, когда звезда сжимается. Любому объекту становится все труднее и труднее оторваться от звезды, уйти от нее, когда звезда сжимается и ее поверхностная гравитация увеличивается.

В настоящий момент, например, вторая космическая скорость для нашего Солнца – 617 километров в секунду, почти в 55 раз больше второй космической скорости для Земли. Для Солнца это все еще достаточно малая скорость, и частицы вещества покидают его довольно легко. Солнце (и другие звезды) постоянно испускает субатомные частицы во всех направлениях и с высокой скоростью.

Однако, если бы Солнце сжималось, и, соответственно, увеличивалась бы его поверхностная гравитация, увеличивалась бы и его вторая космическая скорость до тысяч километров в секунду, до десятков тысяч, до сотен тысяч. В конечном счете она достигла бы уровня 300 000 километров в секунду, а это – скорость света.

Когда звезда (или любой другой объект) сжимается до того предела, когда скорость исчезновения равняется скорости света, это означает, что звезда достигла «радиуса Шварцшильда», названного так потому, что предположение о нем впервые высказал немецкий астроном Карл Шварцшильд (1873—1916), но полное теоретическое изучение ситуации не было произведено до тех пор, пока в 1939 году этого не сделал американский физик Д. Роберт Оппенгеймер (1904—1967).

Земля достигла бы своего радиуса Шварцшильда, если бы сжалась до радиуса в 1 сантиметр. Так как радиус любой сферы есть половина его диаметра, Земля была бы тогда шаром 2 сантиметра в поперечнике, шаром, который содержал бы всю массу Земли. Солнце достигло бы своего радиуса Шварцшильда при сжатии до шара радиусом 3 километра при сохранении своей массы.

Твердо установлено, что ничто, обладающее массой, не может передвигаться со скоростью большей, чем скорость света. Как только какой-либо объект сожмется до своего радиуса Шварцшильда или еще меньшего, ничто не может покинуть его поверхность (Недавно выяснилось, что это не совсем верно. Я объясню это ниже.). Что-либо, попавшее на такой сжавшийся объект, не может больше с него выбраться, так что такой объект словно глубокая дыра в космосе. Даже свет не может выбраться с него, так что этот объект абсолютно черный. Американский физик Арчибальд Уиллер (р.1911) первым применил к подобным объектам термин «черная дыра» (Как это ни странно, французский астроном Пьер Симон де Лаплас (1749—1827) еще в 1798 году сделал предположение о возможности объектов настолько массивных, что ничто не может покинуть их, даже свет).

По-видимому, черные дыры должны формироваться, когда у звезд истощается топливо, и они достаточно велики, чтобы создавать гравитационное поле, достаточное для сжатия до радиуса Шварцшильда. Это, по-видимому, необратимый процесс. То есть черная дыра может образоваться, но не может вернуться к прежнему состоянию. Как только она образовалась, она вечна – за исключением одного случая, на котором я остановлюсь далее. (В 1998 году американские ученые получили еще одно подтверждение существования черных дыр с помощью телескопа Хаббла, использующего рентгеновское излучение. Черная дыра обнаружена в районе звезды Альфа Центавра в 10 миллионах световых лет от Земли.) Кроме того, что бы ни приближалось к черной дыре, оно, вероятно, захватывается чрезвычайно интенсивным гравитационным полем, существующим близ нее. Приближающийся объект, видимо, двигается по спирали около нее и в конце концов падает в нее. Как только это произойдет, он никогда больше не вырвется. Поэтому казалось бы, черная дыра может приобретать массу, но не может ее терять.

Если черные дыры образуются и никогда не исчезают, то количество черных дыр должно постоянно увеличиваться по мере старения Вселенной. Кроме того, если каждая черная дыра может увеличивать свою массу, но не уменьшать, все черные дыры должны постоянно расти. Каждый год количество черных дыр увеличивается, их размеры растут, с течением времени все больший и больший процент массы Вселенной оказывается в черных дырах, и в конце концов все объекты Вселенной окажутся в той или иной черной дыре.

Если мы живем в незамкнутой Вселенной, мы можем представить себе, что конец – это не просто максимум энтропии и тепловая смерть в бесконечном море разреженного газа. Это также не максимум энтропии и тепловая смерть в каждом из миллиарда галактических скоплений, отделенных друг от друга неизмеримыми и все время растущими расстояниями. Вместо этого Вселенная в далеком будущем, возможно, приобретет максимум энтропии в виде ряда чрезвычайно массивных черных дыр, существующих в скоплениях, каждое из которых отделено от других неизмеримыми и постоянно растущими расстояниями. Именно это представляется сейчас наиболее вероятным будущим для незамкнутой Вселенной.

Существуют теоретические основания для предположения, что гравитационная энергия черных дыр способна произвести огромное количество работы. Мы легко можем представить себе, что люди пользуются черными Дырами как большими топками, забрасывая в них ненужную массу и используя радиацию, вырабатываемую в этом процессе. За отсутствием излишков массы можно было бы использовать вихревую силу черной дыры. В этом случае из черных дыр можно извлечь гораздо больше энергии, чем из той же массы обычных звезд, и потомки человечества могли бы дольше просуществовать во Вселенной с черными дырами, чем во Вселенной без черных дыр.

В завершение второе начало термодинамики все же проявит себя. Вся материя окажется в черных дырах, и черные дыры перестанут вращаться. Никакой работы из них извлечь будет уже нельзя, в свои права вступит максимальная энтропия. Наступление тепловой смерти с черными дырами представляется неминуемым, тогда как без них еще остаются кое-какие шансы избежать ее. Если мы имеем дело с черными дырами, то трудно предположить наличие областей низкой энтропии, беспорядочную флуктуацию, и в этом случае просто невозможно понять, как жизнь может избежать окончательной катастрофы.

Однако как черные дыры вписываются в замкнутую Вселенную?

Учитывая общий размер и массу Вселенной, процесс, при котором черные дыры увеличиваются в числе и по размерам, может быть весьма медленным. Вселенной сейчас 15 миллиардов лет, но черные дыры, вероятно, все еще составляют только малую часть ее массы (Мы не можем быть вполне уверены в этом. Черные дыры почти невозможно обнаружить, и, вероятно, многие из них ускользают от нашего внимания. Возможно, именно масса этих незамеченных черных дыр и составляет «недостающую» массу, необходимую для того, чтобы сделать нашу Вселенную замкнутой, – в этом случае черные дыры составляют от 50 до 90 процентов массы Вселенной). Даже после половины триллиона дополнительных лет, когда наступит поворот и Вселенная начнет сжиматься, черные дыры все еще могут составлять лишь малую долю общей массы.

Тем не менее как только Вселенная начнет сжиматься, катастрофа черных дыр приобретет дополнительный потенциал. Черные дыры, которые образовывались в период расширения, были, по всей вероятности, ограничены сердцевинами галактик, но теперь, когда галактические скопления приближаются друг к другу и когда Вселенная становится все богаче энергетической радиацией, мы можем быть уверены, что черные дыры станут образовываться в больших количествах и будут расти быстрее. На финальных стадиях, когда галактические скопления станут объединяться, черные дыры тоже объединятся, и окончательное сжатие в космическое яйцо явится, безусловно, сжатием в огромную вселенскую черную дыру. Впрочем,

масса Вселенной в размерах космического яйца и не могла бы быть ничем иным, как огромной черной дырой.

Но тогда, если уже ничто не может образоваться из космической дыры, то как может космическое яйцо, образованное сжатием Вселенной, взорваться, чтобы создать новую Вселенную? Каким образом космическое яйцо, которое существовало 15 миллиардов лет назад, могло взорваться и образовать Вселенную, которую мы теперь населяем?

Чтобы понять, как это могло произойти, мы должны признать, что черные дыры не равны по плотности. Начнем с того, что чем больше масса объекта, тем более интенсивна его поверхностная гравитация (если это обычная звезда) и тем выше у него скорость исчезновения – вторая космическая. И, следовательно, тем меньше объекту нужно сжиматься, чтобы увеличить скорость исчезновения до значения, равного скорости света, и тем больше радиус Шварцшильда, на котором заканчивается сжатие.

Как было сказано выше, радиус Шварцшильда у Солнца составляет 3 километра. Если звезда с массой в 3 раза большей, чем масса Солнца, сократилась бы до своего радиуса Шварцшильда, то этот радиус равнялся бы 9 километрам.

Сфера с радиусом 9 километров, имея радиус в 3 раза больший, чем у сферы с радиусом 3 километра, имеет объем $3 \times 3 \times 3$, то есть в 27 раз больший. Плотность большей черной дыры составляет лишь $3/27$, или $1/9$ плотности меньшей черной дыры.

Короче, чем больше масса черной дыры, тем она менее плотная.

Если бы вся Галактика Млечного Пути, которая обладает массой примерно в 150 миллиардов раз большей, чем масса Солнца, сократилась до черной дыры, то ее радиус Шварцшильда составил бы 450 миллиардов километров, или около $1/20$ светового года. Такая черная дыра имела бы среднюю плотность около $1/1000$ плотности воздуха вокруг нас. Нам бы это показалось хорошим вакуумом, но это все же была бы черная дыра, из которой ничто не может исчезнуть.

Если бы во Вселенной было достаточно массы, чтобы сделать ее замкнутой, и если бы вся эта масса была сжата в черную дыру, радиус Шварцшильда этой черной дыры был бы около 300 миллиардов световых лет! Такая черная дыра была бы по объему больше, чем вся известная Вселенная, а ее плотность была бы значительно меньше, чем считается в настоящее время плотность Вселенной.

Теперь представим себе, что Вселенная сжимается. Предположим, что каждая галактика потеряла большую часть своей материи в черной дыре, так что сжимающаяся Вселенная состоит из сотни миллиардов черных дыр или даже больше, и каждая в зависимости от ее массы примерно от $1/500$ до 1 светового года в диаметре. Ничто не может выбраться из этих черных дыр.

Но вот на последних стадиях сжатия все эти черные дыры встречаются и сливаются, чтобы образовать единую черную дыру с массой Вселенной и радиусом Шварцшильда в 300 миллиардов световых лет! Ничто не может выбраться за пределы этого радиуса, но вполне возможно, что могут быть расширения внутри радиуса. Устремление наружу, так сказать, как бы из этого радиуса может как раз и быть тем событием, которое «запаливает» Большой взрыв.

Если нас убеждают эти строки, мы, по-видимому, должны прийти к заключению, что Вселенная не может быть незамкнутой, что она не может расширяться вечно.

Космическое яйцо, из которого началось расширение, должно было быть черной дырой с соответствующим радиусом Шварцшильда. Если бы Вселенная должна была расширяться безгранично, тогда части ее двигались бы вне радиуса Шварцшильда, а это представляется невозможным. Следовательно, Вселенная должна быть замкнутой, и поворот должен произойти до того, как будет достигнут радиус Шварцшильда (Вот почему в предыдущей главе я говорил о своем убеждении, что Вселенная является замкнутой, несмотря на распространенное убеждение в том, что она незамкнута).

Квazarы

Из трех катастроф первого класса, губительных для жизни во всей Вселенной, – расширение до тепловой смерти, сжатие до космического яйца и сжатие в от дельные черные дыры – третья отличается от первых двух важными особенностями.

Как расширение Вселенной до тепловой смерти, так и сжатие до космического яйца более или менее равным образом оказывали бы воздействие на всю Вселенную. В обоих случаях, исходя из того, что человеческая жизнь просуществует еще триллион лет от нашего времени, нет основания предполагать, что наше местонахождение во Вселенной обеспечит нам особенно длительный или особенно малый период для жизни. Наша часть Вселенной не пострадает значительно раньше или позже, чем какая-либо другая ее часть.

В случае третьей катастрофы с отдельными черными дырами ситуация совсем другая. Здесь мы имеем дело с серией локальных катастроф. Черная дыра может образоваться здесь, а не там, так что жизнь станет невозможной здесь, но не там. В перспективе все неизбежно сольется в черную дыру, но черные дыры, которые образуются здесь и сейчас, могут сделать невозможной жизнь вблизи себя здесь и сейчас, несмотря на то, что жизнь в других местах может продолжаться беззаботно и безбедно весь триллион лет. Следовательно, нам надо поинтересоваться, действительно ли существуют сейчас черные дыры. И если да, нам надо узнать, где они, по всей вероятности, находятся и насколько возможно, что какие-либо из них угрожают нам катастрофой до (может быть, задолго до) окончательной катастрофы.

Само собой разумеется, наиболее вероятно образование черной дыры в местах, где уже скопилась большая масса. Чем больше масса звезды, тем она более подходящий кандидат для черной дыры. Скопление звезд, где многочисленные звезды тесно сгрудились вместе, – еще лучший кандидат.

Самые крупные, густо усеянные звездами скопления находятся в центрах галактик, особенно таких гигантских галактик, как наша, или еще больше. Там от нескольких миллионов до нескольких миллиардов звезд заключено в очень маленьком объеме, и наиболее вероятно, что именно там будет иметь место катастрофа черной дыры.

Всего лишь двадцать лет назад астрономы не имели ни малейшего представления о том, что галактические центры – это место, где происходят интенсивнейшие явления. В таких центрах звезды расположены близко, но даже в центрах больших галактик звезды отделены друг от друга примерно десятой частью светового года, словом, у них достаточно места, чтобы двигаться, серьезно не мешая друг другу.

Если бы наше Солнце располагалось в таком районе, мы бы увидели невооруженным глазом свыше 2,5 миллиарда звезд, и миллионов 10 из них были бы первой величины или даже ярче, но каждая была бы видна лишь как светящаяся точка. Свет и тепло, доставляемые этими звездами, могли бы составлять до четверти доставляемых Солнцем, и эти дополнительные свет и тепло могли бы сделать Землю непригодной для обитания, но она могла бы быть пригодной для жизни, находишься она подальше от Солнца, скажем, на месте, где находится Марс. Мы могли рассуждать таким образом, например, еще в 1960 году и даже пожелать, чтобы Солнце располагалось в галактическом центре, чтобы мы могли любоваться таким волшебным ночным небом.

Если бы мы обнаруживали только свет, исходящий от звезд, мы, может быть, никогда бы не имели причины изменить свое мнение. Однако в 1931 году американский радиотехник Карл Гуте Янский (1905—1950) обнаружил поступающее из определенных районов неба радиоизлучение, волны которого в миллион раз длиннее, чем у видимого света. После Второй мировой войны астрономы разработали методы регистрации этого радиоизлучения, особенно сравнительно коротковолновой их разновидности, называемой микроволнами. Быстро

усовершенствующиеся в 50-х годах радиотелескопы позволили точно определить на небе их источники. Некоторые из них оказались связаны с объектами, которые представлялись очень тусклыми звездами нашей Галактики. При более тщательном изучении этих звезд оказалось, однако, что они необычны не только длиной испускаемых микроволн, но также и тем, что, по видимому, они связаны со слабыми облаками или туманностями, окружающими их. В самой яркой из них, обозначенной в каталоге как ЗС273, была обнаружена крошечная струя истекающего из нее вещества.

Астрономы начали подозревать, что эти объекты, испускающие микроволны, не совсем обычные звезды, хотя выглядят похожими на них. Их определили как квазистелларные (звздообразные, похожие на звезды) радиоисточники. В 1964 году американец китайского происхождения Хонг Ичю сократил слово «квазистелларный» до «квazar», и с тех пор за этими звездообразными испускающими микроволны объектами закрепилось это название.

Спектры квазаров изучались и ранее, но характер обнаруженных в них темных линий смогли установить только в 1963 году, когда американец датского происхождения Маартен Шмидт (р. 1929) доказал, что это линии типа обычно находящихся глубоко в ультрафиолете, то есть световых волн намного короче самых коротких, которые могли бы воздействовать на нашу сетчатку и которые мы бы могли видеть. Они оказались в видимом диапазоне спектра квазаров только потому, что подверглись сильному красному смещению.

Это означает, что квазары удаляются от нас со скоростью большей, чем любая галактика, которую мы можем наблюдать; и они находятся от нас дальше, чем любая галактика, которую мы можем наблюдать. Квазар ЗС273, самый близкий к нам, находится от нас на расстоянии более миллиарда световых лет. Другие, более отдаленные квазары были обнаружены дюжинами. Самые далекие от нас порядка 12 миллиардов световых лет.

Чтобы быть видимыми на подобных огромных расстояниях, квазары должны быть в сто раз ярче таких галактик, как наша. Раз они действительно в сто раз ярче, то они должны бы быть и в сто раз больше, чем Галактика Млечного Пути, и должны бы обладать в сто раз большим количеством звезд. Но если бы квазары были такими огромными, наши большие телескопы позволили бы увидеть их как клочки облаков, а не просто как яркие световые точки. Они должны быть гораздо меньше, чем галактики.

О малых размерах квазаров свидетельствует также тот факт, что яркость их меняется от года к году, а в некоторых случаях и от месяца к месяцу. Это не может происходить в большом объекте размером с галактику. Одни части галактики могут стать более тусклыми, другие – более яркими, но в среднем они остаются такими же. Для того, чтобы вся галактика стала ярче или тусклее и чтобы эти изменения происходили неоднократно, должен существовать некий эффект, который бы охватывал все ее части. Подобный эффект, каким бы он ни был, должен распространяться с одной части галактики на другую, и он не может распространяться со скоростью большей, чем скорость света. Например, в Галактике Млечного Пути любому эффекту понадобилась бы по крайней мере сотня тысяч лет, чтобы распространиться с одного конца Галактики на другой, и чтобы нашей Галактике в целом стать ярче или тусклее, потребовалось бы не менее сотни тысяч лет; то есть каждое изменение яркости требовало бы не менее сотни тысяч лет.

Быстрые изменения в квазарах свидетельствуют о том, что диаметр у них не более светового года, и все же они излучают радиацию в сотни раз интенсивнее, чем наша Галактика, имеющая в диаметре 100 000 световых лет. Как это возможно? Начало ответа на этот вопрос появилось задолго до 1943 года, когда молодой астроном Карл Сейферт (1911—1960) обнаружил необычную галактику, входящую в группу, которая сейчас называется «Сейфертские галактики».

Сейфертские галактики не отличаются необычными размерами и не находятся на необычных расстояниях, но у них имеются очень компактные и яркие центры, которые пред-

ставляются необычно горячими и активными, в сущности, довольно похожими на квазары. Эти яркие центры проявляют изменения в радиации, как это присуще квазарам, и они к тому же, по-видимому, не более светового года в диаметре.

Если мы представим себе очень удаленную Сейфертскую галактику с необычно светящимся центром, то все, что мы увидим, будет светящимся центром, остальное окажется слишком тусклым, чтобы можно было его различить. Короче, очень похоже, что квазары – это очень далекие Сейфертские галактики, и мы видим только их светящиеся центры (хотя слабые туманности вокруг ближайших квазаров могут выглядеть похожими на галактики). На каждую огромную Сейфертскую галактику, находящуюся на расстоянии свыше миллиарда световых лет, приходится примерно миллиард обычных галактик, но мы их не видим. Ни одна часть обычных галактик не является достаточно яркой, чтобы можно было различить их.

Галактики, которые не являются Сейфертскими, также, по-видимому, имеют активные центры, которые так или иначе представляют собой источники радиации, или которые проявляют признаки наличия взрывов, или вообще проявляют себя так или этак.

Не может ли быть так, что скопления звезд в галактических центрах непременно образуют условия, создающие черные дыры, и что черные дыры постоянно растут и могут быть обширными, и что именно они создают в галактических центрах активность, которая отвечает за яркость центров Сейфертских галактик и квазаров?

Возникает, конечно, вопрос, как черные дыры могут быть источником максимально энергетичной радиации в галактических центрах, когда ничто не может выходить из черной дыры, даже радиация. Дело в том, что радиации нет необходимости исходить из самой черной дыры. Когда вещество движется по спирали в черную дыру, скорость его на этой орбите в непосредственном соседстве с черной дырой под воздействием сильнейшего гравитационного поля чрезвычайно велика, это вызывает интенсивную эмиссию энергетичной радиации. В больших количествах испускаются рентгеновские лучи, похожие на свет, но имеющие длину волны в 500 000 раз меньше.

Величина радиации, получаемой таким образом, зависит от двух факторов – во-первых, от массы черной дыры, поскольку более массивная черная дыра может быстро поглотить больше вещества и создать таким путем больше радиации; во-вторых, от количества материи, имеющейся по соседству с черной дырой. Материя собирается вокруг черной дыры и отправляется в движение по орбите, называемой «аккреционным диском». Чем больше материи по соседству, тем вероятнее больший аккреционный диск, тем больше материи движется по спирали в черную дыру и тем интенсивнее генерируемая радиация.

Галактический центр не только идеальное место для образования черной дыры, он предполагает и наличие поблизости материи в максимальных количествах. Неудивительно, что в центрах столь многих галактик существуют компактные источники радиации и что в некоторых случаях радиация весьма интенсивна.

Некоторые астрономы полагают, что все галактики имеют в своем центре черную дыру. И впрямь, быть может, когда газовые облака, некоторое время спустя после Большого взрыва, сжимаются, самые плотные части собираются в черные дыры. Другие уплотнения потом происходят в пределах газовых регионов, привлеченных черной дырой и двигающихся около нее по орбите. Таким образом галактика образуется как своего рода супераккреционный диск вокруг центральной черной дыры, которая представляет собой старейшую часть галактики. В большинстве случаев черные дыры будут довольно малыми и не будут производить достаточно радиации, чтобы обнаружить нашими приборами что-то необычное в центре. С другой стороны, некоторые черные дыры могут быть столь огромны, что аккреционные диски в их непосредственном соседстве состоят из неповрежденных звезд, которые, в сущности, толкают друг друга по орбите и которые в конце концов поглощаются полностью, – все это делает регионы

в непосредственной близости от черной дыры необычно светящимися и насыщенными энергетической радиацией.

Более того, материя, попадающая в черную дыру, может высвободить до 10 процентов, или даже более, своей массы в виде энергии, в то время как обычная радиация от обычных звезд благодаря реакциям в центре дает превращение в энергию только 0,7 процента массы.

При этих условиях неудивительно, что, хотя квазары так малы, они сильно светятся. Можно также понять, почему квазары становятся то более яркими, то более тусклыми. Это может быть связано с неравномерностью количества вещества, затягиваемого внутрь спирали.

В один период затягиваются крупные порции вещества, в другой – сравнительно малые количества.

Исходя из исследований рентгеновской радиации из космоса, которые были проведены в 1978 году, полагают, что типовая Сейфертская галактика содержит центральную черную дыру с массой от 10 до 100 миллионов раз больше, чем масса Солнца. Черная дыра в центре квазара должна быть все же значительно крупнее, с массой в миллиард раз больше массы Солнца или даже еще более.

Даже не Сейфертские галактики могут быть необычными в этом отношении, если они достаточно крупные. Существует галактика, известная как М87, которая, например, в 100 раз больше нашей Галактики и содержит примерно 30 триллионов звезд. Она является частью громадного галактического скопления в созвездии Девы и находится в 65 миллионах световых лет от нас. Галактика М87 имеет очень активный центр, который менее (может быть, гораздо менее) 300 световых лет в поперечнике, тогда как диаметр галактики 300 000 световых лет. К тому же обнаружена струя вещества, истекающая из центра за пределы галактики.

В 1978 году астрономы обобщили исследования яркости свечения центральной ее части по сравнению с внешними регионами, а также скорости, с которой движутся звезды около центра галактики. В результате ученые пришли к выводу, что в центре галактики существует огромная черная дыра – другая галактика с массой в 6 миллиардов раз больше массы Солнца. Такая огромная дыра составляет все же только 1/2500 массы галактики М87.

В пределах нашей галактики

Совершенно ясно, что ни черная дыра в центре галактики М87, ни черные дыры в центрах Сейфертских галактик и квазаров не представляют для нас большой опасности. 65 миллионов световых лет, которые отделяют нас от черной дыры галактики М87, и еще большие расстояния, которые отделяют нас от Сейфертских галактик и от квазаров, являются более чем достаточной изоляцией от всего самого плохого, что могли бы сделать черные дыры. Более того, все квазары удаляются от нас с огромной скоростью, примерно от одной десятой до девяти десятых скорости света, да и галактика М87 удаляется от нас с весьма приличной скоростью.

В самом деле, поскольку Вселенная расширяется, черные дыры, расположенные вне нашей локальной группы, стремительно и неуклонно удаляются от нас. Они никак не могут воздействовать на нас до последнего периода сжатия, который сам будет служить для нас окончательной катастрофой.

Но тогда как обстоит дело с галактиками нашей локальной группы, которые будут оставаться поблизости от нас, как бы долго ни расширялась Вселенная? Могут ли галактики нашей группы содержать черные дыры? Могут. Однако ни одна из галактик локальной группы вне нашей Галактики не проявила никаких признаков подозрительной активности в центре, во всяком случае малые члены группы вряд ли имеют большие черные дыры. Галактика Андромеды, которая несколько больше, чем наша Галактика Млечного Пути, могла бы иметь в своем центре довольно крупную дыру, и она, безусловно, не собирается когда-либо особенно удаляться от нас. С другой стороны, она также не собирается и особенно приближаться к нам.

А как обстоит дело с нашей Галактикой? В ее центре наблюдается подозрительная активность. Галактика Млечный Путь на самом деле не активная галактика в сравнении с М87, Сейфертскими галактиками и квазарами, но ее центр гораздо ближе к нам, чем центр любой другой галактики во Вселенной. В то время как самый близкий квазар находится от нас в миллиарде световых лет, М87 – в 65 миллионах световых лет, Галактика Андромеды – в 2,3 миллионах световых лет, центр нашей Галактики – всего лишь в 32 тысячах световых лет. Естественно, мы могли бы скорее обнаружить активность в своей собственной Галактике, чем в любой другой.

Активность достаточно крупного объекта диаметром 40 световых лет позволяет допустить возможность черной дыры. Некоторые астрономы даже готовы определить, что масса этой дыры, находящейся в центре нашей Галактики, в 100 миллионов раз больше массы Солнца.

Такая черная дыра составляет только 1/60 массы той черной дыры, которая предположительно находится в центре галактики М87, но наша Галактика гораздо меньше по массе, чем галактика М87. Наша черная дыра составит таким образом около 1/1500 массы нашей Галактики. Пропорционально размеру Галактики, ее содержащей, наша черная дыра была бы в 1,6 раза больше, чем черная дыра галактики М87.

Представляет ли для нас угрозу черная дыра в нашей Галактике? Если да, то насколько скоро эта угроза может осуществиться?

Мы могли бы ответить на это таким образом. Наша Галактика была образована вскоре после Большого взрыва, а черная дыра в центре, видимо, сформировалась несколько раньше. Положим, черная дыра образовалась через 1 миллиард лет после Большого взрыва, или 14 миллиардов лет назад. В таком случае черной дыре потребовалось 14 миллиардов лет, чтобы поглотить 1/1500 нашей Галактики. При таком темпе потребуется около 21 триллиона лет, чтобы поглотить полностью всю Галактику. К тому времени в любом случае нас погубит либо тепловая смерть, либо (как полагаю я) катастрофа очередного космического яйца.

Но разве справедливо сказать: при таком темпе? В конце концов чем больше вырастает черная дыра, тем в более крупном масштабе происходит поглощение окружающей материи. Возможно, понадобилось 14 миллиардов лет для того, чтобы поглотить 1/1500 часть нашей Галактики, но потребуется только 1 миллиард лет, чтобы завершить работу.

С другой стороны, способность черной дыры поглощать материю зависит также от плотности материи. Когда черная дыра в центре галактики растет, она эффективно поглощает звезды в галактическом ядре и в результате образует то, что можно назвать «полой галактикой», галактику с пустым ядром, только с черной дырой в центре, дырой с массой в 100 миллиардов раз больше массы нашего Солнца, или даже в триллион раз больше, если мы имеем дело с большой галактикой. Такие огромные черные дыры были бы от 0,1 до 1 светового года в диаметре.

Даже при этом звезды, остающиеся на окраинах галактики, двигались бы по орбите вокруг центральной черной дыры в сравнительной безопасности. Определенная звезда под влиянием других звезд может изменить свою орбиту таким образом, что приблизится к черной дыре и будет захвачена ею, но это будет крайне редким случаем и со временем будет происходить все реже. Для вращающихся вокруг черной дыры звезд опасность будет не больше, чем для Земли, вращающейся вокруг Солнца. В конце концов, если бы Земля по какой-либо причине оказалась слишком близко к Солнцу, оно бы поглотило ее так же эффективно, как черная дыра.

В сущности, даже если черная дыра в центре нашей Галактики вычистит ядро и оставит Галактику полой, мы не различим ничего, кроме упадка лучистой активности по мере того, как все меньше и меньше материи будет двигаться по спирали в черную дыру. Центр Галактики скрыт обширными пылевыми облаками и звездными скоплениями в области созвездия Стрельца, так что если бы даже центр был опустошен, мы бы не Увидели никаких изменений.

Если бы Вселенная была незамкнутой, мы бы могли вообразить такое расширение в далеком будущем, при котором все галактики окажутся полыми – просто серии суперчерных дыр, каждая, окруженная своего рода астероидным поясом звезд, прокладывающие себе путь к тепловой смерти.

Возможно ли, однако, что в нашей Галактике существуют черные дыры где-то еще, кроме центра, и, следовательно, ближе к нам?

Рассмотрим шаровидные скопления. Это плотно собранные сферические группы звезд, их диаметр в целом около 100 световых лет. В пределах этого относительно небольшого объема примерно от 100 000 до 1 миллиона звезд. Шаровидное скопление довольно похоже на стоящую особняком часть галактического ядра, оно, конечно, гораздо меньше ядра и не так плотно собрано. Астрономы обнаружили более ста таких разбросанных около галактического центра сферических гало. (Несомненно, другие галактики также имеют свои гало-шаровидные скопления.) Астрономы обнаружили рентгеновскую активность в центре ряда этих скоплений, и совсем не трудно предположить, что такие же процессы, которые обуславливают появление черных дыр в центре галактик, также обусловили бы появление черных дыр и в центре шаровидных скоплений.

Черные дыры в скоплениях не были бы такими же большими, как черные дыры в галактических центрах, но по массе они могли бы быть в 1000 раз больше нашего Солнца. Они меньше, чем крупная галактическая черная дыра, но не могут ли и они представлять для нас непосредственную опасность? В настоящее время, безусловно, нет. Самое близкое к нам шаровидное скопление расположено в области Омега Центавра на расстоянии 22 000 световых лет – это достаточно безопасное расстояние.

До сих пор у нас с вами все, кажется, обходилось удачно. Астрономические открытия, сделанные после 1963 года, показали, что центры галактик и шаровидных скоплений являются активными и враждебными жизни местами. Они являются местами, где катастрофа уже наступила в том смысле, что жизнь на любой планете в таких районах разрушена либо прямо – путем поглощения в черную дыру, либо косвенно – путем купания в радиации, возникающей в результате такой активности. Однако вернее сказать, что там просто нечему было страдать от катастрофы, так как маловероятно, что при таких условиях образовалась бы жизнь. Сами мы, однако, существуем на спокойной окраине Галактики, где звезды разбросаны редко. Следовательно, катастрофа черной дыры не для нас.

Но подождите! Быть может, даже здесь, на окраине Галактики, существуют черные дыры? По соседству с нами нет больших скоплений, внутри которых могли бы образоваться черные дыры, но хватило бы и массы, сконцентрированной в отдельные звезды, массы, достаточной для образования черной дыры. Нам следует задаться вопросом, не образовали ли гигантские звезды черных дыр около нас? Если так, то где они? Можем ли мы опознать их? Не опасны ли они для нас?

Представляется, что существует обескураживающая фатальность в отношении черных дыр. Дело в том, что черной дыры мы не видим, мы воспринимаем только радиационный «предсмертный плач» материи, падающей в нее. Предсмертный плач громок, когда черная дыра окружена материей, которую она может захватить, но тогда окружающая материя скрывает от нас находящуюся поблизости черную дыру. Если черную дыру окружает немного материи, и у нас есть возможность увидеть находящуюся рядом черную дыру, то предсмертный плач настолько слаб, что велика вероятность проглядеть черную дыру.

Тем не менее есть одна подходящая возможность. Около половины звезд Вселенной, по видимому, существует парами («бинарная система»), вращаясь около ДРУГ друга. Если обе звезды – крупные, тогда одна может на какой-то стадии своей эволюции превратиться в черную дыру, а материя парной звезды – мало-помалу будет затянута в эту соседствующую черную

дыру. В таком случае возникнет радиация и не происходит чрезмерного загоразивания черной дыры.

Чтобы установить возможные ситуации подобного рода, астрономы просканировали небо в поисках рентгеновских источников, а затем попытались обнаружить поблизости другой источник, который нельзя объяснить ничем больше, как только черной дырой. Например, рентгеновский источник, который изменяет свою интенсивность необычным образом, с большей вероятностью является черной дырой, чем источник, интенсивность которого постоянна или изменяется закономерным, правильным образом.

В 1969 году с побережья Кении в пятую годовщину независимости страны был запущен спутник для поиска источников рентгеновского излучения. Он был назван «Ухуру», что на суахили значит «свобода». Он мог вести поиск источников рентгеновского излучения со своей орбиты вне атмосферы Земли, что было очень важно, потому что атмосфера поглощает рентгеновское излучение и не позволяет слабым сигналам дойти до какого-либо устройства, предназначенного для их обнаружения.

«Ухуру» обнаружил 161 источник рентгеновского излучения, половину из них в нашей Галактике. В 1971 году «Ухуру» наблюдал сильный источник рентгеновского излучения в созвездии Cygnus – Лебедь, он был назван Cygnus X-1 и проявил необычное изменение интенсивности. Привлеченное к Cygnus X-1 широкое внимание позволило обнаружить также и микроволновую радиацию. Микроволны позволили очень точно установить их источник. Оказалось, что он находится совсем рядом, но на невидимой звезде. Это звезда HD226868, крупная, горячая, голубая звезда почти в 30 раз по массе больше нашего Солнца. Звезда четко циркулировала на орбите с периодом 5,6 дня. Характер этой орбиты позволил установить, что по массе вторая звезда примерно в 5-8 раз больше нашего Солнца (Массу самой по себе звезды определить нелегко. Однако, если пара звезд вращается друг около друга, их массы могут быть определены по расстоянию между ними и по отрезку времени, которое им требуется для совершения полного оборота, а также по местонахождению центра гравитации между ними).

Звезду-напарницу видно не было, хотя она являлась источником интенсивного рентгеновского излучения. Согласно своей массе, она должна иметь достаточную яркость, если бы была обычной звездой. Следовательно это и есть вышедшая из строя звезда, и она слишком велика по массе, чтобы превратиться в нечто иное, чем черная дыра. И если это так, то она намного меньше, чем черные дыры, о которых речь шла выше, – черные дыры, которые в тысячи, в миллионы и даже миллиарды раз больше по массе, чем наше Солнце. По массе эта дыра больше нашего Солнца максимум в 8 раз.

Она тем не менее ближе, чем любая из тех больших. Астрономы считают, что Cygnus X-1 находится всего лишь в 10 000 световых лет от нас, то есть меньше, чем на трети расстояния до галактического центра, и меньше, чем на половине расстояния до шаровидного скопления.

В 1978 году появилось сообщение о подобной бинарной системе в созвездии Скорпиона. Там источник рентгеновского излучения, обозначенный как V861 Sco, может представлять собой черную дыру с массой в двенадцать раз больше, чем масса Солнца, и находится она от нас на расстоянии всего в 5 000 световых лет.

Можно уверенно утверждать, что даже 5 000 световых лет являются достаточно изолирующим расстоянием. Ниже мы приведем доводы, что вряд ли возможно наличие черных дыр значительно ближе, чем эта. Звезд, которые способны создать черную дыру, настолько мало, что маловероятно, чтобы мы не знали о существовании такой близкой звезды. Если бы дыра была близко, то даже значительно меньшие количества материи, падающие в нее, давали бы рентгеновское излучение заметной интенсивности.

Эти близко находящиеся черные дыры тем не менее представляют некоторую опасность, которой другие не таят. Заметьте: черные дыры в галактиках вне нашей локальной группы особенно далеки и постоянно удаляются от нас из-за расширения Вселенной. Черные дыры

в других галактиках, но внутри нашей локальной группы находятся все же далеко и в целом сохраняют далекое расстояние. Они существенно не удаляются от нас, но и не приближаются. Черная дыра в центре нашей Галактики, безусловно, находится ближе к нам, чем любая черная дыра в любой другой галактике, но она также сохраняет свое расстояние, поскольку Солнце вращается около нее по почти правильной круговой орбите.

Черные дыры в нашей Галактике, которые не находятся в центре, тем не менее, как и мы, все движутся вокруг центра Галактики. Мы все имеем свои орбиты, двигаясь по ним, черные дыры могут приближаться к нам, могут удаляться. Фактически они почти все время неуклонно приближаются к нам.

Насколько близко? И насколько это опасно?

Для ответа на эти вопросы надо перейти от катастроф первого класса, которые воздействуют на Вселенную в целом, к катастрофам второго класса, которые воздействуют на нашу Солнечную систему.

Часть вторая

Катастрофы второго класса

5. Столкновения с Солнцем

Рождение в тайной схватке

Может показаться, что наиболее вероятна, наиболее близка неизбежная катастрофа первого класса – образование нового космического яйца, примерно через триллион лет. Однако рассуждения по поводу черных дыр показали, что локальные катастрофы могут поразить отдельные области Вселенной задолго до того, как завершится период в триллион лет. Словом, настало время рассмотреть вероятность локальной катастрофы, делающей непригодной для жизни нашу Солнечную систему, подвергая таким образом гибели человечество, в то же время оставляя остальную Вселенную нетронутой.

Это катастрофа второго класса.

До Коперника представлялось само собой разумеющимся, что Земля – неподвижный центр Вселенной, а все остальное вращается вокруг нее. Звезды, в частности, считались зафиксированными в наиболее дальней части небесной сферы и обращающимися вокруг Земли за 24 часа, так сказать, целым куском. К звездам относились как к «неподвижным», чтобы отличать их от других, более близких тел – Солнца, Луны, планет, которые вращались самостоятельно.

Даже после того как система Коперника сместила Землю с центральной позиции, это сначала не изменило взгляд на звезды. Они продолжали казаться яркими неподвижными объектами, зафиксированными в наиболее далекой части сферы, в то время как в центре этой сферы было Солнце, а разные планеты, включая Землю, вращались вокруг него.

Однако в 1718 году английский астроном Эдмунд Галлей (1656—1742), регистрируя позиции звезд, отметил, что по крайней мере три звезды – Сириус, Прокцион и Арктур были не на тех местах, где их зафиксировали греки. Разница оказалась существенной, и греки не могли сделать такой ошибки. Галлею стало ясно, что эти звезды передвинулись по отношению к другим. С тех пор все больше и больше звезд стало проявлять «собственное движение», поскольку приборы астрономов для обнаружения такого движения становились более чувствительными.

Ясно, что если различные звезды движутся в космосе с равными скоростями, то изменение позиции очень далекой звезды будет, по нашему наблюдению, намного меньше, чем изменение позиции более близкой звезды. (Мы знаем по опыту, каким медленным представляется самолет, летящий вдалеке, по сравнению с самолетом, который летит значительно ближе к нам.) Звезды находятся настолько далеко, что только самые близкие позволяют нам заметить их «собственное движение», но от этого представляется справедливым заключение, что все звезды движутся.

Чтобы быть точнее, собственное движение звезды – это только ее движение по линии нашего зрения. Звезда также могла бы двигаться по направлению к нам или от нас, и эта часть ее движения не проявлялась бы как собственное движение. Действительно, звезда могла бы двигаться прямо к нам или прямо от нас, так что не было бы видно никакого движения по линии зрения, даже если бы она была сравнительно близко от нас.

К счастью, благодаря эффекту Доплера-Физо, описанному выше, скорость приближения и удаления также может быть определена, и трехмерная космическая скорость, по крайней мере близко расположенных звезд, может быть установлена.

Почему бы тогда не двигаться и Солнцу? В 1783 году британский астроном немецкого происхождения Уильям Гершель (1738—1822) изучал собственное движение звезд, которые к тому времени были известны. Оказалось, что звезды в одной половине неба имели в целом тенденцию удаляться друг от друга, в Другой половине неба они имели тенденцию сближаться друг с другом. Гершель решил, что наиболее логичное объяснение этого состоит в том, что Солнце движется в одном определенном направлении, в направлении созвездия Геркулес. Звезды, к которым мы приближаемся, представляются движущимися в разные стороны при нашем приближении, а звезды, остающиеся позади нас, словно бы сдвигаются.

Когда астрономические объекты движутся в космосе, вполне вероятно, что один будет двигаться вокруг другого, если они достаточно близки друг к другу, так что активно взаимно воздействуют друг на друга гравитационным полем. Таким образом Луна вращается вокруг Земли, в то время как Земля и другие планеты движутся вокруг Солнца. Опять же одна звезда в бинарной системе будет двигаться вокруг другой.

Однако там, где объекты находятся далеко друг от друга и когда нет единого объекта, который своей огромной массой преобладает над всеми другими (как Солнце преобладает над всеми более малыми телами Солнечной системы), движение это – не просто вращение одного объекта вокруг другого. Вместо этого могло показаться, что это едва ли не движение наугад, как движение пчел в рое. В течение девятнадцатого века так и представлялось, что такое движение пчел характеризует звезды вокруг нас, и было вполне логично предположить, что в этих движениях наугад одна звезда может случайно столкнуться с другой.

И действительно, в 1880 году английский астроном Александр Уильям Бикертон (1842—1929) выдвинул гипотезу, что именно таким образом возникла Солнечная система. Он считал, что много лет назад мимо Солнца прошла звезда, и в результате гравитационного воздействия одного объекта на другой из обоих была вырвана материя, которая позднее собралась в планеты. Две звезды сблизились как единые тела и разошлись с началами планетарной системы. Это был довольно драматический пример того, что могло быть обозначено как космическое похищение. Эта «катастрофическая теория» происхождения Солнечной системы была более или менее принята астрономами с различными модификациями на протяжении полувека.

Ясно, что, если подобная катастрофа могла бы означать начало мира для нас, она бы в случае повторения означала бы и катастрофический конец его. Новое близкое придвижение звезды к нашему Солнцу на длительное время подвергло бы нас воздействию нарастающего тепла от второго светила, в то же время наше Солнце было бы дестабилизировано тем или иным образом благодаря усилившемуся влиянию гравитационного эффекта. Тот же самый эффект с нарастанием вызвал бы серьезные нарушения в орбите Земли. Представляется весьма невероятным, чтобы жизнь могла выдержать огромное влияние таких событий на условия, существующие на поверхности Земли.

А велика ли вероятность такого сближения-столкновения?

Подобное событие весьма маловероятно. Собственно, одна из причин того, что катастрофическая теория происхождения Солнечной системы в конце концов не выжила, и состоит в том, что она имела в виду подобное маловероятное событие. На окраинах Галактики, где мы располагаемся, звезды находятся настолько далеко друг от друга и движутся настолько медленно по сравнению с громадными расстояниями, разделяющими их, что столкновение трудно себе представить.

Рассмотрим Альфу Центавра, которая является наиболее близко расположенной к нам звездой⁴. Она находится от нас в 4,4 светового года и приближается. Она не приближается к нам

⁴ На самом деле это – бинарная звезда, две звезды, вращающиеся вокруг друг друга с третьей звездой-карликом, сравнительно далеко расположенной от тех двух. Среди звезд по соседству с нами мы можем даже найти шесть звезд – три бинарные пары, гравитационно привязанные друг к другу. Здесь для нашей цели я буду использовать слово «звезда» по отношению к системам от Двух до шести звезд, гравитационно связанных друг с другом.

прямо, но движется стороной. В результате она приблизится к нам на расстояние 3 световых года в точке, в которой минует нас и станет отдаляться. Однако она не будет настолько близко, чтобы оказать на нас сколько-нибудь значительное влияние.

Но предположим, что она приближалась бы к нам прямо. Альфа Центавра движется в космосе относительно нас со скоростью 37 километров в секунду. Если бы она с этой скоростью нацелилась прямо на нас, она прошла бы через Солнечную систему спустя 35 000 лет.

С другой стороны, предположим, что Альфа Центавра нацелена под углом 15 минут от прямого попадания в Солнце. Отклонение на 15 минут можно представить так: это – половина поперечника полной Луны, как мы ее видим. Допустим, мы нацелились в центр видимой стороны Луны, но попали только в самый ее край, это и будет отклонение на 15 минут. Однако Альфа Центавра, отклоняясь на 15 минут, прошла бы мимо нас на расстоянии 1/50 светового года, или около 180 миллиардов километров. Это в тридцать раз больше, чем расстояние от Плутона до Солнца. Альфа Центавра была бы тогда для нас очень яркой звездой на небе, но ее влияние на Землю с этого расстояния было бы ничтожным.

Есть и другой способ взглянуть на это. Среднее расстояние между звездами в нашей части Галактики составляет 7,6 световых лет, и средняя скорость, с которой они движутся в отношении друг друга, около 100 километров в секунду.

Заменим световые годы километрами и представим себе, что звезды уменьшены пропорционально и в поперечнике составляют 1/10 миллиметра. Эти крошечные звезды, которые походили бы на крошечные, еле различимые глазом зерна гравия, были бы распределены со средним расстоянием между собой 7,6 километра. Если расположить их на двухмерном поле, то на площади пяти районов города Нью-Йорка их бы поместилось четырнадцать.

Каждая из них двигалась бы со скоростью тоже пропорционально уменьшенной, то есть 30 сантиметров в год. Представим себе, что эти четырнадцать зерен гравия разбросаны по пяти районам и каждое движется со скоростью 30 сантиметров в год в произвольном направлении, и спросим себя, каковы шансы, что два из них в конце концов столкнутся?

Подсчитано, что на окраинах Галактики шансов близкого подхода друг к другу двух звезд не более 1 из 5 миллионов за все 15 миллиардов лет жизни Галактики. Это означает, что даже через триллион лет до следующего космического яйца есть только 1 шанс из 80 000 приближения какой-либо звезды к нашей собственной. Этот тип катастроф настолько менее вероятен, чем любая из катастроф первого класса, что нет никакой необходимости о них беспокоиться.

К тому же астрономическая наука на ее сегодняшнем уровне (оставим в стороне более высокие уровни, которые могут быть достигнуты в будущем) способна за много тысяч лет заранее предупредить о возможном приближении звезды. Катастрофы гораздо более опасны, когда они наступают внезапно, неожиданно, не оставляя нам никакого времени для принятия контрмер. Впрочем, столкновение со звездой застало бы нас сейчас беспомощными, даже если бы нас предупредили много тысяч лет назад, но подобная беспомощность не обязательно может иметь место в будущем (что я поясню позднее), а значит, заблаговременное предупреждение даст возможность избежать столкновения или уклониться от него.

Обе эти причины, а именно чрезвычайно малая вероятность того, что это случится, и уверенность, что мы будем предупреждены об этом за много тысяч лет, делают бессмысленным беспокойство об этой катастрофе.

Не забывайте, между прочим, что не имеет значения, является вторгающаяся звезда черной дырой или нет. Черная дыра не могла бы нас убить эффективнее, чем обычная звезда, хотя большая черная дыра по массе в сто раз больше нашего Солнца могла бы оказать свое смертоносное действие на вдесятеро большем расстоянии, чем обычная звезда, так что точность, с которой бы она набрасывалась на нас, не обязательно должна быть такой высокой.

Тем не менее очень вероятно, что крупные черные дыры настолько редки, что, даже допуская их большую сферу активности, шансов, что одна из них приблизится катастрофически близко, в миллионы раз меньше, чем у обычной звезды.

Разумеется, существуют объекты, кроме звезд, которые могут совершить катастрофическое приближение, в некоторых случаях с небольшим по времени предупреждением или даже без него – в свое время мы рассмотрим эти возможности.

На орбитах вокруг центра галактики

Одна из причин малой вероятности столкновения нашего Солнца с другой звездой основана на том, что звезды поблизости от нас, в конечном счете, не двигаются беспорядочно, как пчелы в рое. Мы могли бы обнаружить это случайное движение в центре Галактики или в центре шаровидного скопления, но не с Земли.

На окраинах Галактики ситуация скорее похожа на ситуацию в Солнечной системе. Галактическое ядро, занимающее сравнительно малую центральную часть Галактики, имеет массу в десятки миллионов раз больше массы Солнца, в эту массу могла бы, конечно, входить и центральная черная дыра при условии, что она существует. Это ядро, действуя как целое, служит галактическим «солнцем».

Миллиарды звезд галактической окраины циркулируют вокруг галактического ядра по орбитам, как планеты вращаются вокруг Солнца. Солнце, например, которое находится в 32 000 световых лет от галактического центра, движется около этого центра по почти круговой орбите со скоростью примерно 250 километров в секунду, и ему требуется около 200 миллионов лет для совершения одного оборота. Поскольку Солнце образовалось почти 5 миллиардов лет назад, оно за время своей жизни совершило 24 или 25 оборотов вокруг галактического центра, если считать, что его орбита не изменялась за это время.

Естественно, звезды, которые находятся ближе к галактическому центру, чем Солнце, движутся быстрее совершают оборот за меньшее время. Когда они нагоняют нас, они приближаются к нам, но, минуя нас на безопасном расстоянии, они затем удаляются от нас. Таким же образом звезды, которые находятся дальше нас от галактического центра, движутся медленнее и совершают оборот за более длительный период. В то время как мы обгоняем такие звезды, они как бы приближаются к нам, но, минуя нас на безопасном расстоянии, они затем удаляются от нас.

Если бы все звезды двигались по орбитам, очень близким к круговым, и очень близко к одной плоскости и на очень разных расстояниях от точки, вокруг которой они вращаются (что верно в отношении планет в пределах Солнечной системы), то не было бы вообще никаких шансов столкновения или опасного сближения. Собственно говоря, за 15 миллиардов лет истории Галактики звезды, кажется, «распределились» в нечто похожее на такое расположение, что окраина Галактики образует плоское кольцо (внутри которого звезды расположились в комплекте спиральных структур), плоскость которого проходит через центр галактического ядра. Тот факт, что Солнце совершило двадцать пять оборотов по своей орбите без признака какого-либо сбоя, который мы могли бы обнаружить в геологической летописи Земли, показывает, с какой эффективностью это расположение работает.

Тем не менее в Солнечной системе существует только девять крупных планет, в то время как на окраинах Галактики миллиарды звезд значительных размеров. Даже если большинство звезд в отношении своих орбит вполне благонадежны, имеется небольшой процент, за которым, однако, большое количество звезд, чьи орбиты внушают беспокойство.

Некоторые звезды обладают ясно выраженными эллиптическими орбитами. Вполне может быть, что орбита такой звезды проходит мимо нашей и в какой-то точке отделяется от нее относительно малым расстоянием; но каждый раз, когда Солнце проходит точку сближе-

ния орбит, другая звезда находится далеко, и наоборот. Тогда в конечном счете Солнце и другая звезда когда-нибудь, приблизительно в одно и то же время достигнут точки сближения и претерпят близкое схождение, но до этого «когда-нибудь» может пройти очень и очень много времени.

Впрочем, орбиты не обязательно остаются неизменными. Когда две звезды совершают умеренно близкое схождение, такое, которое еще недостаточно близко, чтобы разрушить планетарные системы (если они есть) обеих, обоюдный гравитационный эффект может просто немного изменить орбиты той и другой. На Солнце, даже если оно не вовлечено в подобное схождение, это тоже может сказаться. Например, две другие звезды могут совершить близкое схождение на другой стороне Галактики, и у одной из них может быть изменена (или «возмущена») орбита таким образом, что там, где она никогда ранее не приближалась к Солнечной системе, она получит такую возможность.

Конечно, может случиться и противоположное. К примеру, звезда, орбита которой могла бы привести ее опасно близко к Солнечной системе, в результате возмущения без нашего участия может сместить свою орбиту так, что нигде к нам больше близко не подойдет.

Эллиптические орбиты представляют еще одну интересную проблему. Звезда с явно эллиптической орбитой может сейчас быть в нашей части Галактики, а сотню миллионов лет спустя, продвинувшись на другой конец своей орбиты, может оказаться дальше от галактического ядра, чем находится сейчас. Такая эллиптическая орбита, на которой в настоящее время звезда помещается по соседству с нами и поблизости от своего самого близкого подхода к галактическому ядру, не представляет для нас опасности. Ничего не может больше случиться при ее отходе.

Эллиптическая орбита может также поместить звезду по соседству с нами и близ своей дальней точки, но за сотни миллионов лет звезда может погрузиться глубже в Галактику и двигаться на гораздо меньшем расстоянии от галактического ядра. Это может привести к неприятностям.

Чем ближе к ядру, тем гуще расположены звезды, тем менее правильны и стабильны их орбиты. Звезда,двигающаяся внутрь Галактики, увеличивает вероятность возмущения. Прямое столкновение остается очень маловероятным, но существенно больше, чем на окраине. Вероятность сравнительно близкого схождения, способного вызвать возмущение орбиты, увеличивается примерно в таком же соотношении и становится достаточно ощутимой.

Весьма велика вероятность и того, что какая-нибудь звезда с окраины Галактики, если эллиптическая орбита выведет ее ближе к ядру, выйдет с немного измененной орбитой, которая, если не была нам опасной ранее, может стать опасной (или, конечно, наоборот). Собственно возмущение могло бы подействовать на нас и непосредственно.

Выше речь шла о звезде, которая могла бы пройти мимо нас на расстоянии, в тридцать раз большем, чем расстояние от Солнца до самой дальней планеты Плутон. Я говорил, что это не повлияет на нас. Не повлияет в том смысле, что не окажет серьезного влияния на движение Солнца или на окружающую среду на Земле. И еще менее повлияла бы, если бы прошла на расстоянии светового года от нас.

И все же какая-нибудь проходящая звезда, недостаточно близкая, чтобы причинить нам неприятность в виде дополнительного тепла, может несколько замедлить Солнце в его движении вокруг галактического Центра. В таком случае почти круговая орбита Солнца может быть трансформирована в чуть более эллиптическую, и она может оказаться несколько ближе к галактическому ядру, чем когда-либо была за две дюжины оборотов Солнца.

Ближе к галактическому ядру, то есть там, где вероятность возмущения несколько больше, и могут последовать дальнейшие изменения. Вступив в полосу сбоев, Солнце может в конечном счете оказаться на орбите, которая перенесет нас настолько близко ко внутреннему региону Галактики, скажем, через миллиард лет, что общий радиационный фон станет

настолько сильным, что полностью уничтожит жизнь. Вероятность этого совсем невелика, и все это может быть включено в тот единственный шанс из 80 000 в грядущий триллион лет.

Этот один шанс из 80 000 в грядущий триллион лет включает, однако, отдельные звезды. А как обстоит дело с шаровидными скоплениями? Шаровидные скопления не расположены в галактической плоскости, а распределены около галактического ядра сферической раковиной. Каждое шаровидное скопление вращается вокруг галактического ядра, но плоскость его вращения наклонена к галактической плоскости под большим углом. Если шаровидное скопление располагается высоко над галактической плоскостью, то оно, когда движется по своей орбите, идет под уклон, пересекает галактическую плоскость, опускается намного ниже нее, затем поднимается по склону, пересекает галактическую плоскость на противоположной стороне от галактического ядра и, возвращаясь в прежнее верхнее положение, завершает оборот.

Если шаровидное скопление находится на таком же расстоянии от галактического ядра, как и мы, тогда примерно каждые 100 миллионов лет оно будет пересекать галактическую плоскость. Если оно ближе к ядру, оно будет совершать это за более короткий период, если дальше – за более продолжительный. Поскольку в общем может быть до 200 подобных скоплений, можно ожидать, что какое-нибудь шаровидное скопление будет пересекать галактическую плоскость примерно каждые 500 000 лет, если среднее расстояние шаровидного скопления от галактического центра равно расстоянию от него Солнечной системы.

Шаровидное скопление в поперечнике в миллиарды миллиардов раз больше, чем одиночная звезда, и при пересечении им галактической плоскости вероятность столкновения его с какой-либо звездой в миллиарды миллиардов раз больше, чем в случае, если бы галактическую плоскость пересекала одна-единственная звезда.

Разумеется, природа столкновений неодинакова. Если бы наше Солнце встретилось со звездой, это было бы столкновение в чистом виде. Если бы Солнце встретилось с шаровидным скоплением, возможно, вообще бы не было никакого реального столкновения. Несмотря на то, что шаровидное скопление при рассмотрении с расстояния кажется наполненным звездами, оно, тем не менее, в очень значительной части – пустое пространство. Если бы Солнце наугад проходило сквозь шаровидное скопление, был бы только один шанс из триллиона на то, что оно столкнется с отдельной звездой в этом скоплении. (Шанс небольшой, но намного больший, чем если бы Солнце проходило по окраине Галактики только с одной отдельной звездой по соседству, как оно это и делает.) Однако, хотя и маловероятно, чтобы шаровидное скопление повредило Солнце в случае столкновения или даже серьезно повлияло на окружающую среду Земли просто светом или теплом, все же был бы довольно значительный шанс, что в результате изменилась бы орбита Солнца и, вполне возможно, не к лучшему.

Вероятность возмущения увеличивается, когда столкновение становится все более, так сказать, «нос к носу», то есть когда Солнце проходит по шаровидному скоплению все ближе к центру скопления. И дело не только в том, что звезды в центре расположены гуще и увеличится шанс возмущения и возможного реального столкновения, но Солнце может тогда приблизиться к черной дыре с массой в тысячи солнц, которая может находиться в центре.

Вероятность возмущения или даже захвата может быть весьма серьезной, но в любом случае интенсивная радиация по соседству с черной дырой может положить конец жизни на Земле без воздействия на физическую структуру планеты.

Шансов на нечто подобное очень мало. Шаровидных скоплений немного, и только те, что проходят через плоскость Галактики в пределах дюжины световых лет от галактического ядра, могут представлять для нас опасность. В самом худшем случае одно или два скопления могли бы пройти на таком расстоянии, но шансы на то, что они пересекут плоскость как раз тогда, когда Солнце приблизится к этой части своей огромной орбиты, безусловно, очень малы.

К тому же опасность нашего столкновения с шаровидным скоплением является даже менее «дамокловой», чем близкое схождение с отдельной звездой. Шаровидное скопление

представляет собой более заметный объект, чем звезда, находящаяся на таком же расстоянии. И если бы шаровидное скопление двигалось таким образом, что вызывало бы наши опасения, мы бы могли за миллион лет или даже более иметь об этом предупреждение.

Мини-черные дыры

Что касается столкновений с видимыми объектами, нам известно, что Солнце находится в безопасности на миллионы лет вперед. Ничто видимое не движется к нам с достаточно близкого расстояния, чтобы достичь нас в течение этого времени. Но, может быть, существуют объекты, которых мы не обнаружили и о существовании которых не знаем? Не может ли быть так, что один из них приближается и даже находится на пути к столкновению с Солнцем, не давая никакого предупреждения? Как обстоит дело с черными дырами размером с Cygnus X-1, не с гигантскими черными дырами, которые находятся в центре галактик и шаровидных скоплений и остаются там, а с черными дырами, которые размером со звезду и разгуливают по орбитам вокруг галактических центров? Разумеется, Cygnus X-1 обнаруживает свое присутствие большим количеством материи, которую поглощает у своей прекрасно видимой звезды-компаньона. Предположим, однако, что черная дыра образовалась благодаря гибели одиночной звезды, без компаньонов.

Положим, что такая черная дыра одиночной звезды имеет массу в пять раз больше, чем у Солнца, а радиус, следовательно, 15 километров. Нет звезды-компаньона, чье присутствие выдает ее; нет звезды-компаньона, которая подпитывает ее массу и создает огромную радиацию рентгеновских лучей. Могут быть только легкие струйки газа между звездами, питающие ее, а это вызовет только крохотные искорки рентгеновских лучей, которые не будут особенно заметны на расстоянии.

Подобная черная дыра могла бы находиться в пределах светового года от нас и быть слишком маленькой физически и слишком инертной радиационно, чтобы ее можно было обнаружить. Она могла бы направляться прямо на Солнце, а мы бы не знали. Мы можем не знать, пока она не окажется почти рядом, и ее гравитационное поле не вызовет некоторые неожиданные возмущения в нашей планетарной системе, или пока не обнаружат очень слабый, но неуклонно усиливающийся источник рентгеновского излучения. Тогда мы будем иметь предупреждение о конце нашего света всего за несколько лет. Даже если она пройдет по Солнечной системе без столкновения, она может внести хаос в тонко настроенную небесную механику Солнечной системы.

Насколько вероятно, что это может случиться? Скорее всего, это нереально. Нужна очень большая звезда для превращения в черную дыру, а больших звезд не очень много. В Галактике на каждые 10 000 видимых звезд возможна только одна черная дыра размером со звезду. Если имеется один шанс из 80 000, что за триллион лет обычная звезда столкнется в космосе с Солнцем, то имеется только один шанс из 800 миллионов, что с ним столкнется черная дыра размером со звезду. Это может случиться и в следующем году, но шансов почти секстиллион к одному, что этого не произойдет, и было бы совершенно глупо беспокоиться об этом.

Отчасти доводы против этих катастроф столь велики, потому что число черных дыр размером со звезду так невелико. Вместе с тем хорошо известно, что среди любого класса астрономических тел более мелкие разновидности многочисленнее, чем более крупные. А не может ли быть так, что маленькие черные дыры гораздо многочисленнее, чем большие? Маленькая черная дыра могла бы не наносить такого ущерба при ударе, как большая черная дыра, вместе с тем маленькие черные дыры могли бы принести достаточный ущерб, потому что маленькие дыры так многочисленны, что вероятность столкновения может вырасти угрожающе.

Однако в нашей Вселенной представляется маловероятным найти черные дыры, которые были бы в несколько раз меньше Солнца. Большая звезда могла бы сжаться в черную дыру

под действием собственного гравитационного поля, но представляется, что не существует компрессионных сил для образования черной дыры из чего-либо меньшего, чем большая звезда.

Тем не менее это не исключает опасности. В 1974 году английский физик Стивен Хокинг предположил, что в ходе Большого взрыва вращающиеся массы материи и радиация произвели местами невероятное давление, которое в первые моменты образования Вселенной создало бесчисленные черные дыры различных масс, от звезды до крошечных объектов в килограмм и менее. Черные дыры массой меньше звезд Хокинг назвал «мини-черными дырами».

Расчеты Хокинга показали, что черные дыры не абсолютно сохраняют всю свою массу, но у материи есть возможность ускользнуть из них. Очевидно, для пар субатомных частиц имеется возможность образовываться прямо на радиусе Шварцшильда и спешить прочь в противоположных направлениях. Одна из частиц погружается обратно в черную дыру, другая сбегает. Этот постоянный побег субатомных частиц заставляет черную дыру вести себя так, словно у нее высокая температура, и медленно испаряться.

Чем менее массивна черная дыра, тем выше ее температура и тем сильнее ее тенденция к испарению. Это означает, что, когда мини-черная дыра в результате испарения сокращается, ее температура повышается и темп испарения неуклонно увеличивается до тех пор, пока остатки мини-черной дыры со взрывной силой не разлетаются и она не исчезает.

Очень маленькие мини-черные дыры не выдержали бы 15 миллиардов лет истории Вселенной и уже полностью бы исчезли. Однако, если бы у мини-черной дыры масса была побольше, для начала хотя бы с айсберг, она бы была достаточно холодной, испарялась достаточно медленно и все еще существовала. Если бы за время существования ей удалось увеличить свою массу, что, вероятно, она могла бы сделать, то она охладилась бы еще больше и продлилось бы время ее существования⁵.

Даже если допустить исчезновение самых малых (и наиболее многочисленных) мини-черных дыр, все же может существовать очень много мини-черных дыр с массой порядка от массы маленького астероида до массы Луны. Хокинг подсчитал, что в Галактике может быть порядка трех сотен мини-черных дыр на кубический световой год. Если они придерживаются общего распределения материи, то большинство их находится в галактическом ядре. На окраине, где находимся мы, примерно тридцать мини-черных дыр на кубический световой год. В этом случае среднее расстояние между мини-черными дырами примерно в пятьсот раз больше, чем расстояние между Солнцем и Плутоном. Самая ближняя к нам мини-черная дыра может находиться на расстоянии 1,6 триллиона километров.

Но даже на этом расстоянии (очень малом по космическим меркам) имеется достаточно места для маневра, и невелика вероятность, что дыра причинит ущерб. Мини-черной дыре, чтобы нанести ущерб, нужно нанести прямой удар, в то время как для черной дыры размером со звезду этого не требуется. Черная дыра размером со звезду может миновать Солнце на существенном расстоянии, но, проходя по соседству с Солнечной системой, способна вызвать приливной эффект на Солнце, что может серьезно повлиять на его свойства. Она может также значительно возмутить орбиту Солнца с неблагоприятными последствиями; или, что касается Земли, губительно возмутить ее орбиту.

С другой стороны, мини-черная дыра может пройти по Солнечной системе вообще без какого-нибудь заметного влияния на Солнце, крупные планеты и спутники. Насколько

⁵ Черные дыры, по массе такие же, как звезды, имеют температуру порядка миллионной доли градуса по абсолютной шкале и испаряются настолько медленно, что для того, чтобы испариться, им потребовалось бы времени в триллионы триллионов триллионов раз больше, чем дело дойдет до следующего космического яйца. За это время они бы, несомненно, набрали чудовищную массу. Следовательно, черные дыры размером со звезду являются постоянными объектами и неуклонно растут, никогда не уменьшаясь. Поэтому новые взгляды Хокинга верны только по отношению к мини-черным дырам, и в особенности к малым мини-черным дырам.

нам известно, некоторое количество мини-черных дыр проскользнуло мимо нас, а несколько, может быть, двигаются среди планет, не причиняя нам никакого вреда.

Однако что случится, если мини-черная дыра и впрямь попадет в Солнце? Что касается ее массы, то, насколько можно судить, это не оказало бы на него серьезного воздействия. Даже если бы мини-черная дыра имела массу Луны, она составила бы только 1/26 000 000 массы Солнца, приблизительно то, что для вас десятая часть капли воды.

Но масса – это еще не все, что имеет значение. Если бы Луна направилась на столкновение с Солнцем, то, если бы она не двигалась очень-очень быстро, она бы испарилась еще до попадания в Солнце. Даже если бы часть ее и сохранилась ко времени столкновения, она бы не проникла очень глубоко, не превратившись в пар.

Мини-черная дыра, однако, не превращалась бы в пар и не испытывала бы на себе в каком-либо смысле воздействия Солнца. Она бы просто пряталась, поглощала по пути массу, вырабатывая огромную энергию. Она бы росла всю дорогу и прошла бы сквозь Солнце, представляя собой на выходе гораздо более крупную мини-черную дыру, чем на входе.

Что это может повлечь за собой для Солнца, сказать очень трудно. Если бы мини-черная дыра нанесла скользящий удар и просто прошла через верхние слои Солнца, эффект мог бы и не быть губительным. Однако, если бы мини-черная дыра нанесла удар Солнцу в лоб и пробилась бы через его центр, это подорвало бы тот регион Солнца, в котором происходят ядерные реакции и вырабатывается солнечная энергия.

Что бы тогда произошло, я не знаю; это зависело бы от того, как скоро Солнце «вылечит» себя. Возможно, производство энергии было бы нарушено, и, прежде чем оно бы возобновилось, Солнце бы совсем обессилело или взорвалось. Если это случится сравнительно неожиданно и скоро, в обоих случаях это будет для нас полной катастрофой.

Наконец, предположим, что мини-черная дыра ударит по Солнцу со скоростью, относительно него сравнительно невысокой. Соппротивление, которое она встретит, проходя через материю Солнца, может замедлить, остановить ее, но, оставаясь в пределах Солнца, она опустится к его центру.

Что же тогда? Не будет ли она постепенно поглощать материю Солнца изнутри? Если так, снаружи для нас это будет незаметно. Солнце сохранит свою массу и свое гравитационное поле неизменными; планеты продолжат двигаться по своим невозмущенным орбитам; Солнце будет излучать свою энергию, словно ничего не происходит. Однако, несомненно, в какой-то критической точке для поддержания Солнца в его настоящей форме материи окажется недостаточно. Оно целиком провалится в черную дыру с излучением огромного количества губительной радиации, которая уничтожит всю жизнь на Земле. Или, даже если мы представим себе, что каким-то образом переживем губительное действие радиации, Земля тогда будет вращаться вокруг черной дыры, поглотившей всю массу Солнца (так, что орбита Земли останется без изменения), которая станет так мала, что ее нельзя будет увидеть, а о радиации нечего и говорить. Температура Земли упадет почти до абсолютного нуля, и это уничтожит нас.

А не могло ли быть так, что мини-черная дыра попала в Солнце миллион лет назад и с тех пор продолжает действовать? Не может ли Солнце без всякого предупреждения вдруг разрушиться?

Мы не можем произнести категорическое «нет», но давайте вспомним, что даже при том количестве мини-черных дыр, которое насчитал Хокинг, шансов попасть в Солнце очень мало, шансов для смертельных ударов по центру Солнца еще меньше, шансов ударить по Солнцу со скоростью относительно него такой малой, что это позволит мини-черной дыре поглотить его, – еще меньше. К тому же расчеты Хокинга представляют нам разумный максимум. Вполне вероятно, что мини-черных дыр гораздо меньше, может быть, даже значительно меньше. А это бы еще значительно снизило шансы.

Собственно, кроме расчетов Хокинга, иных призраков мини-черных дыр вообще нет. Практически мини-черных дыр никто не обнаружил, не было зафиксировано и никакого явления, которое можно было бы объяснить мини-черными дырами. (Даже существование таких черных дыр размером со звезду, как Cygnus X-1, связано со свидетельством, которое еще не убедило всех астрономов.) Много информации о Вселенной еще нужно приобрести до того, как мы установим реальную вероятность этого вида катастроф, но все же мы можем быть уверены, что она не в пользу катастроф. В конце концов, Солнце просуществовало пять миллиардов лет без разрушений, и нам также не случалось наблюдать какой-нибудь звезды, вдруг подмигнувшей нам так, словно ее наконец поглотила добравшаяся до ее центра мини-черная дыра.

Антиматерия и свободные планеты

Одиночная черная дыра – не единственный объект во Вселенной, который мог бы добраться до нас. Существует еще один вид объектов, который почти столь же опасен, но чье существование еще более проблематично.

Обычная материя вокруг нас состоит из крошечных ядер, окруженных электронами. Ядра образованы из двух видов частиц, протонов и нейтронов, каждый из которых несколько больше чем в 1800 раз превышает массу электрона. Таким образом материя вокруг нас состоит из трех типов субатомных частиц: электронов, протонов и нейтронов.

В 1930 году Поль Дирак (тот, который первым предположил, что гравитация может со временем ослабевать) дал теоретическое обоснование существования «античастиц». Мол, должна существовать, например, такая же частица, как электрон, но несущая противоположный электрический заряд. В то время как электрон несет отрицательный электрический заряд, его античастица должна нести положительный. Два года спустя американский физик Карл Дэвид Андерсон (р. 1905) действительно обнаружил этот положительно заряженный электрон. Он был назван «позитрон», хотя о нем также можно говорить как об «антиэлектроне».

В свое время были также открыты «антипротон» и «антинейтрон». В то время как протон несет положительный заряд, антипротон несет отрицательный. Нейтрон не несет заряда, не несет заряда и антинейтрон, но они противоположны по другим своим свойствам. Антиэлектрон, антипротон и антинейтрон могут сойтись вместе и образовать «антиатомы», а те могут превратиться в «антивещество» или «антиматерию».

Если антиэлектрон встретится с электроном, произойдет аннигиляция, то есть они уничтожат друг друга, свойства одного аннулируют противоположные свойства другого, а масса обоих преобразуется в энергию в форме гамма-лучей. (Гамма-лучи похожи на рентгеновские лучи, но имеют более короткие волны и, следовательно, более активны.) Точно таким же образом аннигилируют друг друга антипротон и протон, а также антинейтрон и нейтрон. В общем, антиматерия может аннигилировать эквивалентную массу материи, если они встретятся друг с другом.

Количество энергии, высвобождающейся в подобной «взаимной аннигиляции», огромно. Водородный синтез, производящий взрыв водородной бомбы и питающий энергию звезд, преобразует в энергию около 0,7 процента участвующего в реакции вещества. Взаимная аннигиляция же преобразует в энергию 100 процентов вещества. Таким образом, бомба вещество-антивещество была бы в 140 раз мощнее водородной бомбы такой же массы.

Это имеет значение еще в одном аспекте: энергию возможно преобразовать в вещество, в материю. Однако поскольку для образования энергии требуется совместить частицу и античастицу, постольку преобразование в материю производит как частицу, так и соответствующую ей античастицу. Кажется, от этого никуда не деться.

В лаборатории физик может изготовить за один раз всего несколько частиц и античастиц, но в период после Большого взрыва энергия была преобразована в вещество в количе-

стве, достаточном для образования целой Вселенной. Однако, если это было так, антиматерия должна была образоваться в таком же количестве. Поскольку это должно быть так, где же находится эта антиматерия?

На планете Земля существует только одна материя. Несколько античастиц могут быть созданы в лаборатории или существуют в космических лучах, но их количество ничтожно, и отдельные античастицы почти сразу же, как только встречаются с эквивалентными частицами, исчезают при взаимной аннигиляции, выделяя гамма-лучи.

Игнорируя эти незначительные случаи, мы можем сказать, что Земля вся состоит из материи – и это тоже неплохо. Если бы я был наполовину из материи и наполовину из антиматерии, то одна половина тотчас бы аннигилировала другую, и не было бы никакой Земли, а только один обширный огненный шар гамма-лучей. Собственно, совершенно ясно, что вся Солнечная система, вся Галактика, даже все локальные скопления являются материей. Иначе мы бы обнаружили гораздо большее образование гамма-лучей, чем мы наблюдаем.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.