Содержание

Введение

1. Понятие Вселенной

2. Проблема тепловой смерти Вселенной

2.1 Второй закон термодинамики

2.2 "За" и "против" теории тепловой смерти

Заключение

Введение

В данной работе мы поговорим о будущем нашей Вселенной. О будущем очень далеком, настолько, что неизвестно, наступит ли оно вообще. Жизнь и развитие науки существенно меняют наши представления и о Вселенной, и об ее эволюции, и о законах, управляющих этой эволюцией. В самом деле, существование черных дыр было предсказано еще в XVIII веке. Но лишь во второй половине XX столетия их стали рассматривать как гравитационные могилы массивных звезд и как места, куда может навечно «провалиться» значительная часть вещества, доступного наблюдениям, выбывая из общего круговорота. А позже стало известно, что черные дыры испаряются и, таким образом, возвращают поглощенное, хотя совсем в другом обличие. Новые идеи постоянно высказываются космофизиками. Поэтому картины, нарисованные еще совсем недавно, неожиданно оказываются устаревшими.

Одним из наиболее дискуссионных вот уже около 100 лет является вопрос о возможности достижения равновесного состояния во Вселенной, что эквивалентно понятию ее «тепловой смерти». В данной работе мы и рассмотрим его.

1. Понятие Вселенной

A что такое Вселенная? Ученые под этим термином понимают максимально большую область пространства, включающую в себя как все доступные для изучения небесные тела и их системы, т.е. как Метагалактику, так и возможное окружение, еще влияющее на характер распределения и движения тел в ее астрономической части.

Известно, что Метагалактика находится в состоянии приблизительно однородного и изотропного расширения. Все галактики удаляются друг от друга со скоростью тем большей, чем больше расстояние между ними. С течением времени скорость этого расширения уменьшается. На расстоянии 15-20 миллиардов световых лет удаление происходит со скоростью, близкой к скорости света. По этой и ряду других причин, мы не можем видеть более далекие объекты. Существует как бы некий «горизонт видимости». Вещество на этом горизонте находится в сверхплотном («сингулярном», т.е. особом) состоянии, в каком оно было в момент условного начала расширения, хотя на этот счет имеются и другие предположения. Из-за конечности скорости распространения света (300000 км/с) мы не можем знать, что происходит на горизонте сейчас, но некоторые теоретические расчеты позволяют думать, что за пределами горизонта видимости вещество распределено в пространстве примерно с той же плотностью, что и внутри него. Именно это и приводит как к однородному расширению, так и к наличию самого горизонта. Поэтому часто Метагалактику не ограничивают видимой частью, а рассматривают как сверхсистему, отождествленную со всей Вселенной в целом, считая ее плотность однородной. В простейших космологических построениях рассматривают два основных варианта поведения Вселенной – неограниченное расширение, при котором средняя плотность вещества с течением времени стремится к нулю, и расширение с остановкой, после которой Метагалактика должна начать сжиматься. В общей теории относительности показывается, что наличие вещества искривляет пространство. В модели, где расширение сменяется сжатием, плотность достаточно высока и кривизна оказывается такой, что пространство «замыкается на себя», подобно поверхности сферы, но в мире с большим, чем «у нас», числом измерений. Наличие горизонта приводит к тому, что даже этот пространственно конечный мир мы не можем видеть целиком. Поэтому с точки зрения наблюдений замкнутый и открытый мир различаются не очень сильно.

Скорее всего, реальный мир устроен сложнее. Многие космологи предполагают, что существует несколько, может быть, даже очень много метагалактик и все они вместе могут представлять какую-то новую систему, являющуюся частью некоторого еще более крупного образования (может быть, принципиально иной природы). Отдельные части этого гипермира (вселенные в узком смысле) могут иметь совершенно различные свойства, могут быть не связаны друг с другом известными нам физическими взаимодействиями (или быть слабо связанными, что имеет место в случае так называемого полузамкнутого мира). В этих частях гипермира могут проявляться иные законы природы, а фундаментальные константы типа скорости света могут иметь другие значения или вообще отсутствуют. Наконец, в таких вселенных может быть не такое, как у нас, число пространственных измерений.

2. Проблема тепловой смерти Вселенной

2.1 Второй закон термодинамики

Согласно второму закону (началу) термодинамики, процессы, происходящие в замкнутой системе, всегда стремятся к равновесному состоянию. Иными словами, если нет постоянного притока энергии в систему, идущие в системе процессы стремятся к затуханию и прекращению.

Идея о допустимости и даже необходимости применения второго закона термодинамики ко Вселенной как целому принадлежит В. Томсону (лорду Кельвину), который опубликовал ее еще в 1852 г. Несколько позже Р. Клаузиус сформулировал законы термодинамики в применении ко всему миру в следующем виде: 1. Энергия мира постоянна. 2. Энтропия мира стремится к максимуму.

Максимальная энтропия как термодинамическая характеристика состояния соответствует термодинамическому равновесию. Поэтому обычно интерпретация этого положения сводилась (часто сводится и сейчас) к тому, что все движения в мире должны превратиться в теплоту, все температуры выровняются, плотность в достаточно больших объемах должна стать всюду одинаковой. Это состояние и получило название тепловой смерти Вселенной.

Реальное разнообразие мира (кроме, разве что, распределения плотности на самых больших ныне наблюдаемых масштабах) далеко от нарисованной картины. Но если мир существует вечно, состояние тепловой смерти уже давно должно было бы наступить. Полученное противоречие получило название термодинамического парадокса космологии. Чтобы его ликвидировать, нужно было допустить, что мир существует недостаточно долго. Если говорить о наблюдаемой части Вселенной, а также о ее предполагаемом окружении, то это, по-видимому, так и есть. Мы уже говорили о том, что она находится в состоянии расширения. Возникла она скорее всего в результате взрывообразной флуктуации в первичном вакууме сложной природы (или, можно сказать, в гипермире) 15 или 20 миллиардов лет назад. Астрономические объекты – звезды, галактики – возникли на более поздней стадии расширения из первоначально почти строго однородной плазмы. Однако по отношению к далекому будущему вопрос остается. Что ждет нас или наш мир? Наступит рано или поздно тепловая смерть или же этот вывод теории по каким-то причинам неверен?

2.2 «За» и «против» теории тепловой смерти

Многие выдающиеся физики (Л. Больцман, С. Аррениус и др.) категорически отрицали возможность тепловой смерти. Вместе с тем даже и в наше время не менее крупные ученые уверены в ее неизбежности. Если говорить о противниках, то, за исключением Больцмана, обратившего внимание на роль флуктуаций, их аргументация была скорее эмоциональной. Лишь в тридцатые годы нашего столетия появились серьезные соображения относительно термодинамического будущего мира. Все попытки решения термодинамического парадокса можно сгруппировать в соответствии с тремя основными идеями, положенными в их основу:

1. Можно думать, что второй закон термодинамики неточен или же неверна его интерпретация.

2. Второй закон верен, но неверна или неполна система остальных физических законов.

3. Все законы верны, но неприменимы ко всей Вселенной из-за каких-то ее особенностей.

В той или иной мере все варианты могут быть использованы и действительно используются, хотя с разным успехом, для опровержения вывода о возможной тепловой смерти Вселенной в сколь угодно удаленном будущем. По поводу первого пункта заметим, что в «Термодинамике» К.А. Путилова (М., Наука, 1981) приводится 17 различных определений энтропии, не все из которых эквивалентны. Мы скажем лишь, что если иметь в виду статистическое определение, учитывающее наличие флуктуаций (Больцман), второй закон в формулировке Клаузиуса и Томсона действительно оказывается неточным.

Закон возрастания энтропии, оказывается, имеет не абсолютный характер. Стремление к равновесию подчинено вероятностным законам. Энтропия получила математическое выражение в виде вероятности состояния. Таким образом, после достижения конечного состояния, которое до сих пор предполагалось соответствующим максимальной энтропии Smax, система будет находиться в нем более продолжительное время, чем в других состояниях, хотя последние неизбежно будут наступать из-за случайных флуктуаций. При этом крупные отклонения от термодинамического равновесия будут значительно более редкими, чем небольшие. На самом деле состояние с максимальной энтропией достижимо только в идеале. Эйнштейн отметил, что «термодинамическое равновесие, строго говоря, не существует». Из-за флуктуаций энтропия будет колебаться в каких-то небольших пределах, всегда ниже Smax. Ее среднее значение <S> будет соответствовать больцмановскому статистическому равновесию. Таким образом, вместо тепловой смерти можно было бы говорить о переходе системы в некоторое «наиболее вероятное», но все же конечное статистически равновесное состояние. Считается, что термодинамическое и статистическое равновесие – практически одно и то же. Это ошибочное мнение опроверг Ф.А. Цицин, показавший, что различие в действительности весьма велико, хотя о конкретных значениях разницы мы здесь говорить не можем. Важно, что любая система (например, идеальный газ в сосуде) рано или поздно будет иметь не максимальное значение энтропии, а скорее <S>, соответствующее, как будто, сравнительно малой вероятности. Но здесь дело в том, что энтропию <S> имеет не одно состояние, а громадная их совокупность, которую лишь по небрежности называют единым состоянием. Каждое из состояний с <S> имеет и в самом деле малую вероятность осуществления, и поэтому в каждом из них система не задерживается долго. Но для их полного набора вероятность получается большой. Поэтому совокупность частиц газа, достигнув состояния с энтропией, близкой к <S>, должна довольно быстро перейти в какое-то другое состояние с примерно той же энтропией, затем в следующее и т.д. И хотя в состоянии, близком к Smax, газ будет проводить больше времени, чем в любом из состояний с <S>, последние вместе взятые становятся более предпочтительными.

Интерпретация второго закона становится еще более сложной, если учесть взаимодействия между частицами, которыми в идеальном газе пренебрегают. В квазинейтральной плазме, в галактиках между звездами (которые здесь допустимо считать притягивающимися друг к другу материальными точками) помимо проявления дальнодействующих сил притяжения и отталкивания происходит обмен энергиями и импульсами, порожденный этими силами. В целом это ведет к установлению статистического равновесия с максвелловским распределением скоростей у отдельных частиц, неизбежным следствием чего является образование тесных и устойчивых двойных систем. Для этого нужны особые условия, в частности, появление в небольшой области пространства сразу трех частиц (звезд). Это редкое, но неизбежное явление. При тройном сближении одна из звезд уносит в конечном счете «избыточную» кинетическую энергию, а две другие образуют единый объект, в котором сосредотачивается отрицательная потенциальная энергия. При последующих сближениях пара может быть «разбита», но может стать и более тесной. Оказывается, последний процесс идет с несколько большей вероятностью, и пара становится с течением времени все более тесной. Если бы звезды были действительно материальными точками, сближение шло бы неограниченно. При этом, как оказывается, энтропия системы и вероятность состояния растут до бесконечности. Правда, характерное время действия подобного механизма в галактиках очень велико, и речь может идти лишь о некоторой тенденции, а не об эволюции реальных двойных звезд, которые, скорее всего, образовались в каком-то процессе коллективного звездообразования.

Усложнение можно проследить и в средах или объектах любого типа. Пусть, например, в сосуде имеется достаточное количество атомов водорода и кислорода. Взаимодействие между атомами обязательно приведет к появлению молекул. Это будут двухатомные молекулы водорода и кислорода и трехатомные молекулы воды и озона. Законы термодинамики, в примитивном понимании, должны были бы вести к предельному упрощению. С другой стороны, и дальнейшее усложнение молекул невозможно. Никакие другие трех-, четырех- и более сложные комбинации указанных атомов в природе не осуществимы. Общим итогом рассмотрения является вывод, согласно которому наиболее вероятное состояние не обязательно походит на традиционное однородное простое распределение, а может обладать развитой структурой, определяемой конкретным видом взаимодействий между элементами системы.

Возможна ли, при справедливости второго закона термодинамики, неполнота или ошибочность системы остальных законов физики? Конечно, нам известны не все законы природы. Однако мыслимые варианты как будто не затрагивают второго начала термодинамики. Правда, неоднократно высказывались мнения о существовании некоторых специально «антиэнтропийных» законов, однако в свете сказанного о вероятности, это может быть «лишь» обобщение второго начала, устанавливающее его неизвестные ныне границы. Если бы система стремилась к менее вероятному состоянию, следовало бы посмотреть, верно ли определена вероятность.

Иногда появляются сомнения в абсолютной справедливости законов сохранения энергии. Тут можно вспомнить и причинную механику Н. А. Козырева, и различную трактовку физического смысла тензора энергии-импульса в общей теории относительности. При появлении в системе дополнительной энергии (пусть даже «из ничего») меняется верхняя граница энтропии. При непрерывной подкачке энергии энтропия могла бы расти бесконечно. Мы не будем подробнее останавливаться на идее несохранения энергии и изменения других законов, известных нам сейчас, и ограничимся тем, что все возможные варианты не меняют тенденции к однонаправленной эволюции.

Наиболее серьезное значение имеют соображения, объединяемые третьим пунктом. Чаще всего, говоря о неприменимости второго закона ко Вселенной, выдвигают три аргумента. Первый из них наиболее прост – нельзя, якобы, экстраполировать на бесконечность закон, установленный для конечных во времени и пространстве систем. Неубедительность этого аргумента следует из того, что одновременно допускается возможность экстраполяции всех остальных законов, например, закона сохранения энергии. В каждом конкретном случае необходимо еще установить, почему экстраполяция недопустима или возможна.

Второй аргумент – незамкнутость Вселенной, поскольку второй закон термодинамики справедлив лишь для замкнутых систем. Можно было бы выставить здесь и контраргумент – для Вселенной в целом нет ничего внешнего по определению. Поэтому ее можно считать и замкнутой, хотя лучше всего здесь было бы сказать, что понятия замкнутости и незамкнутости по отношению к такому специфичному объекту, который включает в себя все сущее, не могут быть определены. Но можно и не апеллировать к понятию целого. Очень большие части любых систем вообще скорее замкнуты: чем большую часть Вселенной мы рассматриваем, тем меньше для нее, вообще говоря, отношение ограничивающей поверхности к объему. Роль внешних воздействий становится для такой части все менее существенной. Если же учесть наличие горизонта видимости, из-за которого никакие взаимодействия к нам не доходят, астрономическую Вселенную вполне допустимо считать замкнутой. Впрочем, здесь есть свои сложности, на которых останавливаться тоже не будем.

Последний, третий аргумент из числа обычно используемых – нестационарность Вселенной. Помимо того, что именно она (наряду с конечностью скорости света) приводит к появлению горизонта, нестационарность не дает возможности установиться состоянию с Smax, поскольку оно предполагается неизменным, т.е. как будто стационарным. В действительности это вовсе не так. В тех однородных и изотропных моделях Вселенной, которые чаще всего рассматривают космологи, расширение напоминает увеличение объема газа, происходящее без подвода или отвода тепла. Такие процессы называются адиабатными и происходят они без изменения энтропии. Не меняет расширение Вселенной и величины Smax. Из-за разнообразных необратимых явлений, которые сопутствуют расширению Вселенной, энтропия все же растет. Поэтому тенденция роста сохраняется, несмотря на расширение. Разумеется, при его неограниченности рано или поздно прекратится взаимодействие между отдельными телами и состояние «заморозится» на некотором отличном от максимального уровне. Такое состояние не является классической тепловой смертью, но по существу мало чем от нее отличается. Ведь всякое развитие здесь тоже прекращается. Ниже эта ситуация будет рассмотрена подробнее.

Для пульсирующей Вселенной картина поведения энтропии оказывается лишь немного другой. Для однородной системы все пульсации оказываются одинаковыми и тоже идут при постоянстве энтропии. Если учесть внутренние необратимые процессы, рост энтропии снова неизбежен, причем в целом энтропия растет и от пульсаций (Я. Б. Зельдович и И. Д. Новиков). На какой-то из ранних стадий энтропия по идее должна быть минимальной, может быть, равной нулю. Следовательно, если в будущем возможен неограниченный рост энтропии, то в прошлом мы должны допустить неизбежность некоторого абсолютного начала, что с общеметодологической точки зрения ничуть не лучше признания конца развития. Впрочем, здесь снова можно вспомнить об условном начальном моменте, когда в гипермире появилась флуктуация «нужного» масштаба, объясняющая и определяющая все дальнейшее поведение.

По мнению многих ученых, неприменимость второго закона термодинамики ко всей Вселенной имеет более глубокий смысл, связанный с ее бесконечным разнообразием. Оно может быть начальным, но может быть и результатом развития более простого образования, описываемого на первых порах простыми моделями, о которых выше говорилось. Но даже в рамках стандартной релятивистской космологии мы сталкиваемся с возможностью использования различных однородных моделей для описания одного и того же распределения вещества. В этой связи сформулирован принцип космологической неопределенности Мак-Рея. В разных моделях если не общий характер, то темп изменений оказывается принципиально неодинаковым – вплоть до того, что время эволюции, бесконечное в одних моделях, может быть конечным в других. То же касается и пространственных свойств моделей. Для иллюстрации этого представим себе, что физический мир обладает необычайным свойством – уменьшать масштабы при движении от некоторого центра. А именно, делая шаг, мы по какой-то причине удаляемся от центра всего на полшага. Делая второй, продвигаемся всего на четверть и т.д. Очевидно, сделав сколь угодно много шагов, мы не продвинемся вперед больше, чем на один первоначально отмеренный шаг. Но подобное, если и не в точности такое уменьшение на самом деле происходит при движении с большой скоростью по отношению к некоторой лабораторной системе отсчета при расширении Вселенной – это известное лоренцево сокращение движущихся масштабов. А. Л. Зельманов обратил внимание на то, что бесконечный в своей координатной системе мир может быть лишь частью другого мира. При этом последний в своей координатной системе может быть даже конечным. Таким образом, понятия конечности и бесконечности (не только пространственнй но и временной) являются не абсолютными, а относительными.

Еще более сложная ситуация может быть в неоднородной системе с вращением. Здесь, как оказывается, нельзя непротиворечивым образом ввести понятие одновременности событий. Пространство, как говорят, становится неголономным. Все это означает, что лишается смысла понятие «состояние системы в определенный момент времени». А наличие горизонта, несвязность или многосвязность больших областей гипермира делают сомнительным и само понятие единой физической системы по отношению ко Вселенной. В этих условиях, по нашему мнению, нет смысла вводить или как-то обощать глобальные понятия, такие, как полная энергия, энтропия, вероятность состояния.

Мы не останавливаемся здесь на важной роли (подчеркиваемой А.П. Трофименко) в термодинамике так называемых отонов, в частности, вращающихся (керровских) черных дыр, которые представляют собой яркий пример неоднородностей в мире, делающих его многосвязным. Тем более невозможно здесь говорить о явлениях, определяемых возможной разномерностью отдельных частей гипермира и прочем важном и интересном, что, однако, физической наукой только допускается, но детально пока не изучено.

Суммируя сказанное, еще раз выделим возможные варианты изменения энтропии и вероятности состояния в мире, при которых о тепловой смерти можно забыть:

1. Энтропия увеличивается неограниченно.

2. Все состояния Вселенной имеют примерно одинаковые вероятности состояния и энтропии, весьма далекие от максимальных значений.

3. Понятия энтропии и вероятности состояния для существенно неоднородной и, возможно, многосвязной Вселенной не имеют смысла. Каждый вариант решает проблему по-своему. Кроме того, первый переносит, по существу, проблему конца развития куда-то в начало, что кажется мало подходящим для гипермира или Вселенной в целом.

Заключение

Тепловая смерть Вселенной – это вывод о том, что все виды энергии во Вселенной в конце концов должны перейти в энергию теплового движения, которая равномерно распределится по веществу Вселенной, после чего в ней прекратятся все макроскопические процессы.

Согласно второму началу термодинамики, любая физическая система, не обменивающаяся энергией с другими системами (для Вселенной в целом такой обмен, очевидно, исключен), стремится к наиболее вероятному равновесному состоянию – к так называемому состоянию с максимумом энтропии.

Однако ещё до создания современной космологии были сделаны многочисленные попытки опровергнуть вывод о тепловой смерти Вселенной. Наиболее известна из них флуктуационная гипотеза Л. Больцмана (1872), согласно которой Вселенная извечно пребывает в равновесном изотермическом состоянии, но по закону случая то в одном, то в другом её месте иногда происходят отклонения от этого состояния; они происходят тем реже, чем большую область захватывают и чем значительнее степень отклонения.

На сегодняшний день у данной теории также имеются как сторонники, так и противники. Несомненно то, что в настоящее время необходим новый взгляд на эту, казалось бы, довольно хорошо изученную проблему.