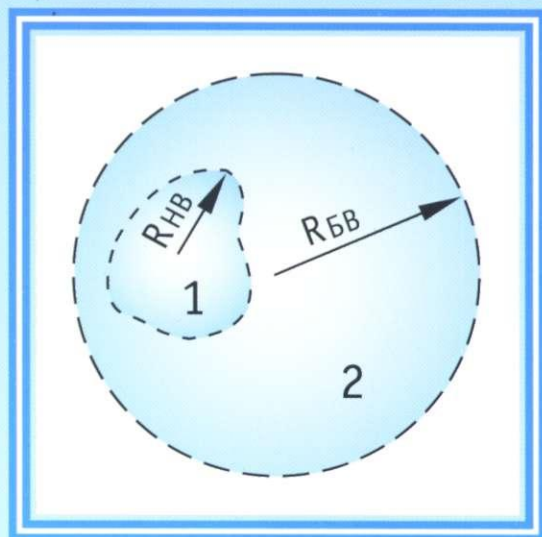


Л.-Х. Цимерманис

ВСЕЛЕННАЯ ВО ВСЕЛЕННОЙ



Платон мне друг,
но истина дороже

Аристотель



Л.-Х. Цимерманис

**ВСЕЛЕННАЯ
ВО ВСЕЛЕННОЙ**



**URSS
МОСКВА**

Цимерманис Лазарс-Харийс

Вселенная во Вселенной. — М.: Издательство ЛКИ, 2008. — 80 с. (Relata Refero.)

На основе расширенной формулировки главенствующего закона природы — второго начала термодинамики и анализа термодинамических систем предлагаются новые точки зрения о месте нашей ограниченной Вселенной в пространстве и времени Бесконечной Вселенной, о Большом взрыве, об образовании пространственных структур (галактик, звезд, планет), о расширении нашей Вселенной, о полете стрелы времени.

Для широкой аудитории читателей, интересующихся космологией, астрофизикой, термодинамикой, а также основными закономерностями окружающего нас мира Природы.

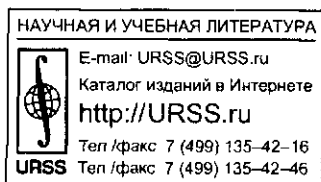
Издательство ЛКИ. 117312, г. Москва, пр-т Шестидесятилетия Октября, д. 9.
Формат 60×90/16. Печ. л. 5. Зак. № 1488.

Отпечатано в ООО «ЛЕНАНД».

117312, г. Москва, пр-т Шестидесятилетия Октября, д. 11А, стр. 11.

ISBN 978–5–382–00607–9

© Издательство ЛКИ, 2008



5822 ID 69014



Все права защищены. Никакая часть настоящей книги не может быть воспроизведена или передана в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, будь то электронные или механические, включая фотокопирование и запись на магнитный носитель, а также размещение в Интернете, если на то нет письменного разрешения владельца.

СОДЕРЖАНИЕ



ОТ ИЗДАТЕЛЬСТВА	5
ОТ АВТОРА.....	7
ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ.....	9
ГЛАВА 1. ВТОРОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ, НЕОБРАТИМОСТЬ И СТРЕЛА ВРЕМЕНИ	17
1.1. Основные положения и уравнения	17
1.2. Уравнение Гиббса для открытой системы в обратимом процессе	22
1.3. Потенциал массы (материи) и активность связи	23
1.4. Расширенная формулировка второго начала термодинамики	26
ГЛАВА 2. ВСЕЛЕННАЯ ВО ВСЕЛЕННОЙ.....	29
2.1. Материя и термодинамические системы.....	29
2.2. Изолированная система.....	31
2.3. Закрытая система	33
	3

2.4. Открытая система и первое условие её существования — принцип Гельфера	34
2.5. Структурообразующая система и принцип Пригожина ...	36
2.6. Второе условие (второй принцип) существования открытых систем.....	39
2.7. Вселенная во Вселенной и стрела времени.....	42
 ГЛАВА 3. СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ ВСЕЛЕННОЙ, БОЛЬШОЙ ВЗРЫВ	 47
3.1. Образование пространственных структур Вселенной	47
3.2. Древние структуры Бесконечной Вселенной.....	53
3.3. Большой взрыв и рождение нашей Вселенной	55
 ГЛАВА 4. РАСШИРЕНИЕ НАШЕЙ ВСЕЛЕННОЙ	 59
4.1. Расширение необратимо	59
4.2. Уравнения переноса	60
4.3. Расширение нашей Вселенной	64
 ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	 71
 ЛИТЕРАТУРА	 75

ОТ ИЗДАТЕЛЬСТВА



Эта книга продолжает серию “Relata Refero” (дословный перевод — рассказываю рассказанное).

Под этим грифом издательство предоставляет трибуну авторам, чтобы высказать публично новые идеи в науке, обосновать новую точку зрения, донести до общества новую интерпретацию известных экспериментальных данных, etc.

В споре разных точек зрения только решение Великого судьи — Времени — может стать решающим и окончательным. Сам же процесс поиска Истины хорошо характеризуется известным высказыванием Аристотеля, вынесенным на обложку настоящей серии: авторитет учителя не должен довлеть над учеником и препятствовать поиску новых путей.

Мы надеемся, что публикуемые в этой серии тексты внесут, несмотря на свое отклонение от установившихся канонов, свой вклад в познание Истины.

Нам нужно найти новую точку зрения на мир, которая должна согласоваться со всем, что уже известно, но кое в чём расходиться с нашими установившимися представлениями, иначе это будет не интересно.

Р. Фейнман [1]

ОТ АВТОРА



Вселенная всегда будоражила ум человека и продолжает это делать до сих пор. Особенно сейчас, когда появилось множество теорий о её происхождении, устройстве и расширении. Но ни в одной из них, на мой взгляд, вы не найдёте удовлетворительного согласования с главенствующим законом природы — вторым началом термодинамики.

После обобщения своих многолетних термодинамических исследований сорбции, структурообразования и массопереноса я занялся анализом применения второго начала термодинамики к природным термодинамическим системам. При этом оказалось, что природные системы могут быть только открытыми и существовать в неравновесных условиях, являясь частью открытой неравновесной бесконечной системы, каковой может быть

только Бесконечная Вселенная. Попытка связать этот вывод с моими предыдущими исследованиями привела к тому, что изложено в этой работе.

Надеюсь, что читателю будет интересно узнать, что наша Вселенная является конечной локальной областью Бесконечной Вселенной, как она родилась, из чего и как в ней образовались и продолжают образовываться пространственные структуры (звёзды, планеты, галактики...), как в ней мчится стрела времени, почему она расширяется, почему увеличивается скорость её расширения и может ли это расширение когда-нибудь прекратиться.

В этой работе предлагаются такие представления о Вселенной, которые кое в чём расходятся с общепринятыми, но полностью соответствуют второму началу термодинамики, вытекающим из него следствиям и имеющимся опытным данным.

С благодарностью приму отзывы и замечания.

*Хабилитированный
доктор инженерных наук,
доктор технических наук,
профессор Л.-Х. Цимерманис*

г. Рига, 2007 г.

e-mail: harijs.cimermanis@gmail.com

Чтобы согласовать наши рассуждения с опытными данными, мы должны придумать Вселенную, совместимую с термодинамикой.

И. Пригожин [2]

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ



Вселенная очень неохотно раскрывает свои тайны. Для их познания требуется постоянный поиск всё новых и новых путей.

В этом поиске наитеснейшим образом переплетаются наука, философия, мифология и религия, литература и искусство, составляющие неотъемлемую часть человеческой культуры. Последняя формирует мировоззрение учёных, которые, в свою очередь, открывают новые горизонты для размышлений, познания человеком природы и самого себя. Это в полной мере относится и к развитию наших представлений о Вселенной, которые эволюционируют от века к веку, от одного поколения исследователей к другому.

Первую космологическую модель Вселенной ещё в XVI в. предложил Бруно. В своем пятом диалоге он писал: «Итак, Все-

ленная едина, бесконечна, неподвижна. Она не движется в пространстве... Она не рождается... Она не уничтожается... Она не может уменьшаться или увеличиваться...» [3].

Следующим, действительно революционным, этапом в развитии наших представлений о Вселенной стала открытая Эйнштейном связь пространства и времени в его общей теории относительности. Эйнштейн раздвинул рамки теории тяготения Ньютона и показал, что гравитация приводит к искривлению пространства. Общая теория относительности предопределила дальнейшее развитие астрофизики и космологии, а также современной космической техники и технологии. Теория Эйнштейна предсказала и объяснила отклонение световых лучей, проходящих вблизи Солнца и других массивных объектов с сильным гравитационным полем, наличие в космическом пространстве невидимых объектов, искривляющих пространство силой своего притяжения, которые теперь называются чёрными дырами. Эти и другие вытекающие из теории Эйнштейна предсказания впоследствии были подтверждены экспериментальными астрофизическими инструментальными измерениями.

Вслед за созданием общей теории относительности в 1917 г. Эйнштейн предложил свою космологическую модель, согласно которой Вселенная считалась статичной, однородной и изотропной, что составило суть так называемого космологического принципа [4]. С тех пор Вселенная считается замкнутой системой, имеющей неизмеримо огромные, но конечные размеры, объем и массу ($R < \infty$, $V < \infty$, $M < \infty$) и простирающейся в пространстве до самой далёкой звезды, от которой до нас доходит луч света или какие-либо другие сигналы (электромагнитное, радиационное излучение).

Прошло всего несколько лет, и Фридман показал, что эйнштейновская Вселенная неустойчива, и разработал теорию расширяющейся Вселенной, подтверждённую в 1929 г. экспериментальными наблюдениями Хаббла. Он установил, что наблюдаемые с Земли галактики удаляются друг от друга со скоростями, пропорциональными расстоянию до них от Земли. Это экспериментальное открытие привело к концепции расширяющейся Вселенной. На основе общей теории относительности был сделан вывод, что эволюция Вселенной происходит адиабатически и обратимо. Такое представление неизбежно приводит к тому, что изначально Вселенная должна была начаться с чего-то, сосредоточенного в точке.

И тогда наступил третий этап развития наших представлений о Вселенной.

Гамов разработал гипотезу о том, что это нечто, что было сосредоточено в точке, должно было взорваться подобно атомной бомбе. В результате этого Большого взрыва произошла Вселенная, которая с тех пор непрерывно расширяется. Экспериментальным подтверждением этой гипотезы стало открытое Пензиасом и Вилсоном в 1965 г. остаточного (реликтового) излучения. Принято считать, что это излучение возникло на первых стадиях существования Вселенной, когда вследствие космологического расширения первичная материя остыла настолько, что смогли образоваться атомы водорода. Дальнейшее теоретическое обоснование и развитие теория Большого взрыва получила в работах Хокинга и Пенроуза, показавших, что взорвавшаяся сингулярность могла образоваться из геометрии пустого пространства квантовомеханическим путём. Хокинг соединил квантовую механику с общей теорией относительности и разработал теорию чёрных дыр [5],

большое количество которых затем было обнаружено экспериментально.

В последнее время особое внимание теоретиков уделяется вопросу о расширении Вселенной. Это явление пытаются объяснить как адиабатическое расширение газового облака, появившегося после Большого взрыва. Другое объяснение связывает расширение Вселенной с «антигравитационными» свойствами тёмной материи. Увеличивающуюся скорость расширения связывают как с «неизвестной тёмной энергией», так и с некоей «квинтэссенцией», которая раздвигает Вселенную и может привести к распаду всех её пространственных структур и даже материи.

Теперь общепринятым является представление о том, что Вселенная родилась в результате Большого взрыва, когда взорвалась сингулярность, сама образовавшаяся квантовомеханическим путём из «ничего». Вселенная является нестатичной, но однородной и изотропной. Она является замкнутой, имеет конечные размеры, объём и массу. В момент Большого взрыва возникла энтропия и связанная с нею стрела времени. Такова суть космологической модели, с которой мы вошли в XXI в.

Из этой космологической модели вытекает ряд любопытных следствий, среди которых и нижеследующие.

Если пространство не бесконечно, то и связанное с ним время тоже не может быть бесконечным. Подобно часам оно когда-нибудь должно остановиться. Так как стрела времени обусловлена возрастанием энтропии, то и оно когда-нибудь должно остановиться при достижении энтропией своего максимума. А это ведёт к полному беспорядку (хаосу) и уничтожению Вселенной, и даже всей материи... Другой сценарий предполагает, что когда-нибудь расширение Вселенной остановится, и она начнёт

сужаться и превратится в сингулярность, подобную коллапсирующей чёрной дыре, в которой исчезнет и пространство, и время, и материя.

Допущение появления Вселенной из «ничего» приводит ещё к одному сценарию. Это — вероятность того, что очередной большой взрыв из «ничего» может произойти в любой момент времени в любой точке Вселенной, в том числе и на Земле в любом месте. Этот новый большой взрыв может разнести вдребезги и Землю, и всю нашу Вселенную, так что от них ничего не останется, и родится новая стрела времени. На такую, хоть и ничтожно малую, вероятность указывают вычисления учёных Чикагского университета, выполненные в 2004 г.

Задолго до появления этих приводящих в уныние сценариев гибели нашей Вселенной Эдингтон писал: «Закон монотонного возрастания энтропии — второе начало термодинамики — занимает, как мне кажется, высшее положение среди законов природы. Если кто-нибудь заметит вам, что ваша любимая теория Вселенной не согласуется с уравнениями Максвелла, то тем хуже для уравнений Максвелла. Если окажется, что ваша теория противоречит наблюдениям, — ну что же, и экспериментаторам случается ошибаться. Но, если окажется, что ваша теория противоречит второму началу термодинамики, то у вас не останется ни малейшей надежды: ваша теория обречена на бесславный конец»[6].

Эти строки Эдингтон писал ещё до того, как работами Онзагера [7, 8], Пригожина [9], Де Гроота [10] было положено начало разработки термодинамики необратимых процессов. Это новое направление науки, непосредственно вытекающее из второго начала термодинамики, получило дальнейшее развитие в работах Пригожина, Де Гроота, Мазура, Гленсдорфа, Николиса,

Хаазе и применение для решения многих исследовательских и практических задач в различных областях науки и техники, в том числе в работах Цимерманиса [11, 12], Штакельберга [13, 14] и Гаркави [15], которыми была создана термодинамика структурообразования дисперсных систем.

Будучи в своей основе феноменологической наукой, термодинамика всегда опиралась на опытные данные. Сейчас в нашем распоряжении имеются следующие данные астрофизических исследований.

Видимая часть Вселенной состоит из миллиардов галактик, содержащих миллиарды звёзд. Обнаружены также и невидимые галактики. В центрах видимых галактик находятся сверхмассивные невидимые объекты, называемые чёрными дырами. Только от 1 до 5 % массы всей материи Вселенной составляет известная нам материя, а остальную часть — неизвестная нам тёмная материя. Реликтовое излучение свидетельствует о том, что наша Вселенная могла родиться в результате Большого взрыва. Во Вселенной непрерывно происходят процессы угасания звёзд, столкновения различных объектов со взрывом и выбросом раскалённых газов, образование новых звёзд и других пространственных структур (нейтронных звёзд, белых и цветных карликов, квазаров, чёрных дыр и др.), т. е. идёт непрерывное многоступенчатое структурообразование, приводящее к появлению новых пространственных структур. Наша Вселенная расширяется, и это расширение идёт с возрастающей скоростью, о чём свидетельствует увеличивающаяся скорость «разбегания» галактик.

Приведённые опытные данные комплексному термодинамическому анализу ещё не подвергались. С учётом приведённого высказывания Эдингтона такая попытка представляется вполне

уместной и даже запоздалой. Но перед тем, как к ней приступить, необходимо последовательно рассмотреть, как развивались наши представления о самом втором начале термодинамики после того, как его открыл Карно [16] и сформулировал Клаузиус [17]. Затем необходимо проанализировать, какой термодинамической системой является наша Вселенная, как во Вселенной возникают пространственные структуры, из чего родилась наша Вселенная, почему и как она расширяется.

В результате такого рассмотрения перед нами должна предстать Вселенная, совместимая с термодинамикой.



Ни один из вкладов в сокровищницу науки не может сравниться по новизне со знаменитым вторым началом термодинамики, с появлением которого в физику впервые вошла стрела времени.

И. Пригожин, И. Стенгерс [18]

ГЛАВА 1



ВТОРОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ, НЕОБРАТИМОСТЬ И СТРЕЛА ВРЕМЕНИ

1.1. Основные положения и уравнения

Рассмотрение второго начала термодинамики невозможно без предварительного ознакомления с первым началом термодинамики — принципом эквивалентности между работой и теплотой.

Принцип эквивалентности между работой и теплотой (закон сохранения и превращения энергии), открытый Майером [19] и Джоулем [20, 21] в математической форме представлен Клаузиусом в виде уравнения [17]:

$$dE = dQ + dW, \quad (1.1)$$

где E — полный дифференциал внутренней энергии, dQ — бесконечно малое количество теплоты, сообщаемое системе, dW — бесконечно малое количество работы, совершаемое системой.

Заслугой Клаузиуса является то, что он ввёл в принцип эквивалентности внутреннюю энергию системы E , являющуюся фундаментальным свойством термодинамической системы.

Принцип эквивалентности работы и теплоты из-за его фундаментального значения для термодинамики Клаузиус назвал первым началом (законом) термодинамики.

Ещё до открытия первого начала термодинамики Карно [16] пришёл к заключению, что тепловая машина способна производить работу только в том случае, если из источника теплоты с большей температурой теплота будет переходить к рабочей системе и отводиться от неё в резервуар теплоты с меньшей температурой. Открытую Карно закономерность Клаузиус назвал принципом Карно и в результате детального анализа этого принципа дал ему строгую математическую формулировку в следующем виде [17]:

$$dS = \frac{dQ}{T} \geq 0, \quad (1.2)$$

где dS — полный дифференциал энтропии системы, T — абсолютная температура, являющаяся в (1.2) интегрирующим делителем.

Клаузиус установил, что в процессах, связанных с изменением состояния, меняется некоторое свойство, наиболее полно характеризующее состояние системы. Клаузиус назвал это свойство системы *энтропией* и обозначил индексом S .

Уравнение (1.2) является математической формулировкой закона невозможности самопроизвольного перехода теплоты из системы с меньшей температурой в систему с большей температурой. Ввиду фундаментальности этого закона природы Клаузиус назвал его *вторым началом термодинамики*.

Если система, выведённая из начального состояния, возвращается в это состояние, то энтропия системы не меняется. При этом безразлично, по какому пути система совершает процесс выхода из начального состояния и возвращения к нему. Такой процесс является обратимым и круговым. И для него

$$S = \int \frac{dQ}{T} = 0. \quad (1.3)$$

Итак, энтропия является фундаментальным свойством системы, характеризует её состояние и не зависит от пути, по которому система совершает термодинамический процесс. Если система вышла из начального состояния и самопроизвольно не может к нему возвратиться, то она совершает необратимый процесс, Энтропия в таком процессе непрерывно возрастает, т. е. $dS > 0$. Поэтому второе начало термодинамики часто называют также законом монотонного возрастания энтропии. При этом, конечно, имеют в виду необратимые процессы.

Изолированная система, выведённая из равновесия, в необратимом процессе стремится к новому равновесному состоянию с более высоким значением энтропии.

Больцман [22] дал статистическую интерпретацию второго начала термодинамики, рассматривая идеальный газ в изолированной системе. Он выразил энтропию как функцию термодинамической вероятности w состояния такой системы. Это при-

вело к известному вероятностному уравнению энтропии, названному формулой Больцмана:

$$S = k \ln w, \quad (1.4)$$

где k — константа Больцмана.

Из статистической интерпретации энтропии следует, что при стремлении изолированной системы к равновесному состоянию энтропия стремится к своему максимуму ($S \rightarrow S_{\max}$).

Здесь следует отметить, что отклонения термодинамических параметров системы от их значений в равновесном состоянии называются флуктуациями, которым Пригожин придавал особое значение при образовании диссипативных структур в необратимых процессах. В следующем разделе мы особое внимание уделим анализу термодинамических систем, неадекватное приложение которых является грубейшей ошибкой, совершаемой даже рядом крупных учёных. Правильный выбор термодинамической системы имеет важное значение для применения второго начала термодинамики к любым исследованиям, а при изучении Вселенной это имеет решающее значение. Мы увидим, что в природе изолированные системы, обратимые процессы и равновесие не существуют.

Значительный вклад в обоснование и развитие положений второго начала термодинамики внесли Томсон [23, 24], Планк [25], Гиббс [26] и другие учёные, но именно Клаузиус открыл энтропию и показал, что в необратимых процессах $dS > 0$. С возрастанием энтропии в науку вошла *стрела времени*.

Следуя Клаузиусу, из (1.1) и (1.2) получаем объединённое уравнение первого и второго начал термодинамики:

$$TdS = dE + dW. \quad (1.5)$$

Если система закрыта и совершает над окружающей средой только работу расширения, то

$$dW = PdV, \quad (1.6)$$

где P — давление, dV — полный дифференциал объёма системы.

С учётом (1.6) из (1.5) получаем:

$$TdS = dE + PdV. \quad (1.7)$$

Внутренняя энергия, энтропия и объём являются экстенсивными свойствами системы. Их значения для всей системы являются суммой значений для отдельных её частей (фаз, компонентов). Экстенсивные свойства являются обобщёнными термодинамическими координатами системы. В отличие от экстенсивных свойств давление, температура, потенциал массы не являются аддитивными величинами (нельзя суммировать их значения в отдельных частях системы). Во всех частях равновесной системы они имеют одно и то же значение, а в неравновесной — различное. Они являются интенсивными свойствами системы и относятся к обобщённым термодинамическим силам.

Уравнение Клаузиуса (1.2), раскрывающее суть второго начала термодинамики, и его объединённое уравнение первого и второго начал термодинамики (1.7) описывают процессы в закрытых термодинамических системах, которые обмениваются теплотой, но не обмениваются массой с другой системой или окружающей средой. Это является следствием того, что Клаузиус анализировал принцип Карно, рассматривавший тепловые машины, в которых рабочее вещество находится в цилиндре под поршнем, т. е. в закрытой системе.

Самым существенным в открытии Карно и Клаузиуса является то, что в результате их работ в науку о природе вошла энтро-

пия, возрастающая в необратимых процессах, и с нею стрела времени. Клаузиус фактически связал термодинамическую систему со временем. Так как пространство Вселенной обладает всеми свойствами термодинамической системы, то есть основание считать, что в какой-то мере Клаузиус опередил Эйнштейна, который, по общему признанию, первым связал пространство и время в своей общей теории относительности. Но тут следует обратить внимание на немаловажную деталь. В пространстве (термодинамической системе) Клаузиуса время связано с энтропией, но в нём отсутствует гравитация. У Эйнштейна пространство связано со временем благодаря гравитации, но в нём нет энтропии¹. Отмеченное различие составляет существенное потерянное звено в наших рассуждениях о Вселенной.

Дальнейшие работы по интерпретации второго начала термодинамики и расширению сферы его применения последовали одна за другой, но это уже были не открытия, а логические следствия из работы Клаузиуса.

1.2. Уравнение Гиббса для открытой системы в обратимом процессе

Карно и Клаузиус, как мы уже отмечали, рассматривали закрытые термодинамические системы, в которых масса остаётся постоянной. Гиббс [26] решил задачу изменения массы открытой ячейки (подсистемы) закрытой системы путём анализа изменения внутренней энергии в обратимом термодинамическом процессе. Переписав (1.7) в виде

¹ Поэтому Эйнштейн считал время инвариантным.

$$dE = TdS - PdV, \quad (1.8)$$

Гиббс показал, что при прибавлении к системе массы для полного дифференциала внутренней энергии следует писать

$$dE = TdS - PdV + \mu dm, \quad (1.9)$$

где μ обозначает производную от E , взятую по m , т. е.

$$\mu = (\partial E / \partial m)_{s,v}. \quad (1.10)$$

Гиббс назвал μ потенциалом вещества и показал, что он равен механической работе, совершаемой над системой в обратимом процессе по добавлению к ней единицы массы вещества при постоянных S и V [26]. Введённый Гиббсом потенциал вещества основное применение получил в работах химиков. Поэтому его стали называть химическим потенциалом.

Гиббс был первым, кто рассмотрел вопрос об изменении массы термодинамической системы, но его потенциал мог быть определён только в обратимом процессе. Как будет показано ниже, в природных открытых неравновесных системах обратимый процесс вообще невозможен. Поэтому потребовались дальнейшие работы по изучению обмена материей (массообмена) между открытыми системами без наложения условия обратимости термодинамического процесса при определении соответствующей термодинамической силы.

1.3. Потенциал массы (материи) и активность связи

Из уравнения Клаузиуса (1.5) непосредственно вытекает, что произведение TdS является суммой полного дифференциала

внутренней энергии и бесконечно малого количества работы, совершаемой системой. Поскольку работа обладает аддитивностью, то правомерно полагать, что элементарная работа переноса массы в случае открытой системы, независимо от того, совершает она обратимый или необратимый процесс, должна войти в уравнение (1.5) в виде соответствующего слагаемого:

$$TdS = dE + dW_q + dW_m, \quad (1.11)$$

где dW_m — бесконечно малое количество работы переноса материи [12, 27].

Эту элементарную работу переноса материи можно выразить уравнением:

$$dW_m = \theta dm, \quad (1.12)$$

где θ — потенциал массы (материи), измеряемый изменением потенциальной энергии её единицы [12].

В отличие от гиббсовского потенциала мы связали потенциал с изменением потенциальной энергии материи [12], что, на наш взгляд, больше соответствует первому началу термодинамики, выражающему эквивалентность между механической работой и теплотой, независимо от того, является система открытой или закрытой и совершает она обратимый или необратимый процесс.

Потенциал массы (материи) определяется из выражения:

$$\theta = \Delta \epsilon / a, \quad (1.13)$$

где $\Delta \epsilon$ — изменение энергии распределения материи, a — активность связи взаимодействующих частиц материи в реальной системе. Энергия распределения ϵ есть сумма потенциальной энергии U материальных частиц в реальной системе и

работы W_u , которую необходимо совершить по разрыву связей между частицами и их равномерному распределению в единице объема [12]:

$$\epsilon = U + W_u. \quad (1.14)$$

Совершив работу W_u , мы теоретически превращаем любую реальную систему в соответствующую ей идеальную модель с не взаимодействующими частицами при неизменном массосодержании. К такой преобразованной системе с энергией распределения применимо уравнение распределения Больцмана, из которого после некоторых последовательных преобразований получаем [12]:

$$\Delta\epsilon = -RT\ln(u/u_0), \quad (1.15)$$

где u и u_0 — массосодержание системы при энергиях распределения ϵ и ϵ_0 .

Тогда для потенциала массы подстановкой (1.15) в (1.12) получаем:

$$\theta = -(RT/a)\ln(u/u_0). \quad (1.16)$$

Потенциал массы (материи) θ есть отношение разности энергий распределения $\Delta\epsilon$ частиц любой реальной системы к активности связи a этих частиц. Потенциал массы является интенсивным свойством системы.

Активность связи a характеризует взаимодействие материальных частиц одного вида (или одного вещества) между собой и с частицами другого вида (или вещества), способность их образовывать комплексы частиц и пространственные структуры. Активность связи a является фундаментальным свойством любого вида материи.

1.4. Расширенная формулировка второго начала термодинамики

Для открытой системы, обменивающейся массой с другой системой (окружающей средой) и совершающей работу расширения, объединённое уравнение первого и второго начал термодинамики (1.5) должно быть дополнено работой переноса материи:

$$TdS = dE + dW_q + dW_m, \quad (1.17)$$

откуда с учётом (1.6) и (1.7) получаем:

$$TdS = dE + PdV + \theta dm. \quad (1.18)$$

Уравнение (1.18) применимо к любым открытым системам, независимо от того, совершает ли система обратимый, или необратимый процесс. Уравнение (1.18) можно переписать в виде:

$$dS = (1/T)dE + (P/T)dV + (\theta/T)dm, \quad (1.19)$$

где $1/T$, P/T , θ/T являются термодинамическими силами.

Согласно (1.3) в обратимых процессах

$$dS = (1/T)dE + (P/T)dV + (\theta/T)dm = 0, \quad (1.20)$$

а в необратимых процессах

$$dS = (1/T)dE + (P/T)dV + (\theta/T)dm > 0. \quad (1.21)$$

Уравнение (1.21) является уравнением возрастания энтропии открытых термодинамических систем в необратимых процессах — уравнением стрелы времени в природе.

Завершая рассмотрение возрастания энтропии в открытых термодинамических системах, мы вправе расширить рамки вто-

рого начала термодинамики в следующей формулировке. *Закон природы, называемый вторым началом термодинамики, заключается в невозможности самопроизвольного перехода теплоты из системы с меньшей температурой в систему с большей температурой и невозможности самопроизвольного перехода материи из системы с меньшим потенциалом массы (материи) в систему с большим потенциалом массы (материи).*

Этой расширенной формулировкой сняты какие-либо ограничения с применения второго начала термодинамики к любым термодинамическим системам и протекающим в них процессам, в том числе и во Вселенной. При этом только необходимо разобратся в самих термодинамических системах, ибо именно в них «камень преткновения», о который «спотыкаются» многие космологические теории, приписывая Вселенной свойства неадекватной термодинамической системы.

Искусственное может быть детерминируемым и обратимым. Естественное же непременно содержит элементы случайности и необратимости.

И. Пригожин, И. Стенгерс [18]

ГЛАВА 2



ВСЕЛЕННАЯ ВО ВСЕЛЕННОЙ

2.1. Материя и термодинамические системы

Второе начало термодинамики (как в начальной, так и в расширенной формулировке) связывает между собой экстенсивные (E, S, V, M) и интенсивные (T, P, θ) свойства любой термодинамической системы. Для того, чтобы иметь эти свойства, материя должна образовать термодинамическую систему. При отсутствии какого-либо из этих свойств термодинамическая система не может иметь место. Поэтому ни самые маленькие известные нам кирпичики мироздания — кварки (или топкварки), ни образованные из них элементарные частицы (электроны, нейтроны,

протоны и др.), ни отдельные частички неизвестной нам тёмной материи, отдельно взятые, не могут быть термодинамической системой. Только образованные этими частицами ансамбли, пространственные комплексы и структуры, которым присущи экстенсивные и интенсивные свойства, могут рассматриваться в качестве термодинамической системы.

Это существенное различие между отдельными материальными частицами и термодинамическими системами ограничивает область действия термодинамики и её начал. У отдельной материальной частицы нет энтропии. С какой бы скоростью она ни перемещалась, она не «чувствует» ни время, ни собственную скорость. Она сможет «почувствовать» время только в том случае, если вместе с другими частицами образует термодинамическую систему.

Из сказанного следует, что за рамками термодинамического анализа остаётся поведение отдельных элементарных частиц. Это — поле деятельности квантовой механики. Выше (в разделе 1.2) мы уже констатировали, что в свойства термодинамической системы не входят параметры гравитации. Термодинамическая система может существовать и развиваться без гравитации, иметь пространство (V) и время ($dS > 0$). Общая теория относительности связывает пространство и время с гравитацией. Эти существенные различия в основных трёх ветвях современной физики делают мечту Эйнштейна о создании единой теории поля утопической. По-видимому, «богу — богово, а кесарю — кесарево»... Эти ветви физики должны дополнять друг друга, рассматривать те явления, которые находятся в их «компетенции», и не противоречить друг другу.

Поэтому стрелу времени надо оставить для рассмотрения термодинамике, ибо только возрастание энтропии в необра-

тимых процессах в термодинамических системах свидетельствует о течении времени и направлении этого течения. Сами же термодинамические системы имеют существенные различия между собой, которые лучше всего установить на основе единого классификационного признака, за который целесообразно принять возможность совершения системой того или иного вида работы.

2.2. Изолированная система

Изолированной является система (тело), которая не обменивается ни теплотой, ни материей с другой системой или с окружающей средой и не может совершить работу расширения, т. е.

$$dW = PdV = 0. \quad (2.1)$$

Такая система должна иметь адиабатическую (теплонепроницаемую) и массонепроницаемую недеформируемую оболочку (рис. 1). По определению потоки в систему: теплоты $I_{q1} = 0$ и материи $I_{m1} = 0$; из системы: $I_{q2} = 0$, $I_{m2} = 0$; и объём системы $V = \text{const}$.

Поскольку система не обменивается ни теплотой, ни массой с другой системой или с окружающей средой, то её температура $T = \text{const}$ и давление $P = \text{const}$. Изолированная система статична, в ней ничего не меняется в течение сколь угодно большого отрезка времени. Если в изолированную систему заключён идеальный газ, молекулы которого не взаимодействуют между собой, то они могут совершать только беспорядочное хаотическое движение. Во всех точках изолированной системы сохраняются одни и те же значения температуры и давления. Такое состояние

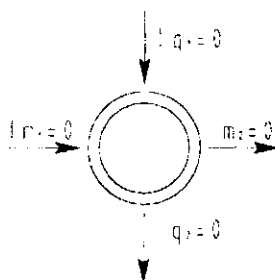


Рис. 1. Изолированная система

системы является равновесным. В равновесной системе идеального газа согласно уравнению Клапейрона

$$PV = RT, \quad (2.2)$$

где R — универсальная газовая постоянная.

Если каким-либо образом изолированную систему вывести из равновесия, то её энтропия начнёт возрастать ($dS > 0$). Поскольку система не может совершить работу, обменяться теплотой и массой с другой системой или окружающей средой, то она не может вернуться к своему первоначальному состоянию и с течением времени переходит к новому равновесному состоянию. При этом энтропия в соответствии с формулой Больцмана (1.4) стремится к своему максимуму ($S \rightarrow S_{\max}$).

В природе изолированных систем нет. Искусственную (рукотворную) изолированную систему также нельзя создать, ибо невозможно создать абсолютно теплонепроводящий материал для адиабатической оболочки системы.

Идеальные изолированные системы представляют собой лишь теоретические модели для установления связи между термодинамическими параметрами и вывода идеальных соотноше-

ний, как приведённые (1.4), (2.2) и многие другие. К реальным системам взаимодействующих частиц без соответствующего учёта этих взаимодействий такие уравнения не применимы.

По определению, изолированную систему нельзя вывести из равновесия без нарушения её адиабатической оболочки.

2.3. Закрытая система

Закрытой является система, которая обменивается теплотой, но не обменивается массой с другой системой или с окружающей средой и может совершить только механическую работу расширения $dW = PdV > 0$ (1.3).

Такая система должна иметь деформируемую массонепроницаемую оболочку, способную сохранить массу системы неизменной сколь угодно продолжительное время. Схематически такая система изображена на рис. 2.

По определению: потоки теплоты в систему $I_{q1} > 0$ и из системы $I_{q2} > 0$; потоки материи в систему $I_{m1} = 0$ и из неё $I_{m2} = 0$. В такой системе $T \neq \text{const}$, $V \neq \text{const}$, $M = \text{const}$.

В природе не существуют классические закрытые термодинамические системы, которые смогли бы сохранить свою массу сколь угодно долго, из-за отсутствия необходимых для этого природных массонепроницаемых оболочек.

Закрытые термодинамические системы являются искусственными (рукотворными) и имеют широкое распространение в научных лабораториях и технике. Все машины, преобразующие теплоту в механическую работу, являются закрытыми термодинамическими системами. Именно анализ работы тепловых машин привёл Карно к открытию второго начала термодинамики.

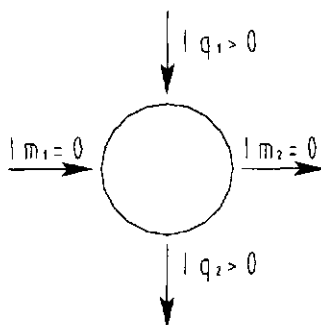


Рис. 2. Закрытая система

2.4. Открытая система и первое условие её существования — принцип Гельмгольца

Открытой является система, которая обменивается теплотой и массой с другой термодинамической системой или окружающей средой и может совершить как механическую работу расширения

$$dW = PdV > 0, \quad (2.3)$$

так и работу переноса материи

$$dW_m = dm > 0. \quad (1.11)$$

Схематически такая система изображена на рис. 3. По определению: потоки теплоты $I_{q1} > 0$ и материи $I_{m1} > 0$ в систему и из системы $I_{q2} > 0$, $I_{m2} > 0$.

В такой системе может измениться температура ($T \neq \text{const}$), потенциал массы ($\theta \neq \text{const}$), масса ($M \neq \text{const}$) и объём ($V \neq \text{const}$). Искусственные открытые системы могут иметь искусственную тепло- и массопроницаемую оболочку, покрывающую всю поверхность (например, пакетик чая), или часть поверхности

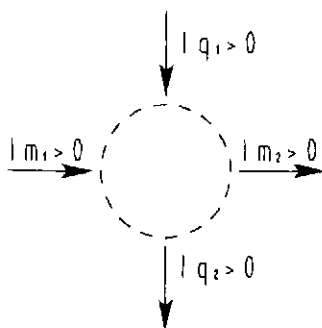


Рис. 3. Открытая система

системы (например, вода в стакане). Природные открытые системы свободно сообщаются с другими открытыми системами и окружающей средой (тоже открытой системой) и не имеют никаких природных оболочек, препятствующих тепло- и массообмену.

В отличие от изолированных и закрытых систем, в которых возможно установление термодинамического равновесия, в открытых системах установление равновесия невозможно.

В результате анализа открытых термодинамических систем Гельфер в 1972 г. пришёл к установлению следующей закономерности, имеющей, на наш взгляд, силу термодинамического принципа: *«открытая система в состоянии термодинамического равновесия вообще не может существовать»* [30].

Так как в природе нет других систем, кроме открытых, то этот принцип имеет чрезвычайно важное значение для изучения всех природных систем. Насколько нам известно, до Гельфера никем этот принцип в столь чётком виде не был сформулирован. Поэтому будет уместным этот принцип называть принципом Гельфера. К термодинамическому исследованию Вселенной принцип Гельфера имеет самое непосредственное отношение.

2.5. Структурообразующая система и принцип Пригожина

Так как природная термодинамическая система может быть только открытой, то в дальнейшем мы будем рассматривать только открытые системы, к которым, как было показано выше, применим принцип Гельфера.

Под структурообразованием мы понимаем такой термодинамический процесс, в результате которого в термодинамической системе из отдельных дисперсных частиц формируется пространственная структура, сама имеющая все свойства термодинамической системы. Пространственная структура может быть образована как отдельными дисперсными частицами, так и структурными комплексами, предварительно образованными отдельными дисперсными частицами, а затем скреплёнными между собой их активностью связи. По мере роста пространственной структуры растёт активность её связи с теми частицам и их комплексами, с которыми первоначальная активность связи была недостаточной для их участия в структурообразующем процессе. Таким образом в процесс образования одной пространственной структуры может вовлекаться всё большее количество частиц и их видов. Когда образующаяся структура приобретает все экстенсивные (E, S, V, M) и интенсивные (T, P, θ) свойства, она становится термодинамической системой.

На определённом этапе образования пространственной структуры она может достичь такой массы, когда начинают проявляться гравитационные силы, которые наряду с активностью связи участвуют в дальнейшем росте образующейся структуры. Но перед тем, как из дисперсных частиц начинается процесс образования пространственной структуры, обладающей

свойствами термодинамической системы, необходимо образование самих дисперсных частиц. Эти частицы известной материи образованы из атомов и молекул, которые сами последовательно образованы элементарными материальными частицами, начиная с самой маленькой известной частицы — кварка. В дисперсных частицах тёмной материи отсутствуют электроны, и они не имеют атомного строения. В основе последовательного образования дисперсных частиц находится активность связи образующих их исходных частиц.

Образованию пространственной структуры должно предшествовать образование её зародыша из дисперсных структурообразующих частиц. Далее процессы образования дисперсных частиц и образование из них пространственной структуры могут идти параллельно.

В свете изложенного открытая структурообразующая система может совершать следующие виды работы:

- работу расширения

$$dW = PdV \geq 0, \quad (2.3)$$

- работу переноса материи

$$dW_m = \theta dm \geq 0, \quad (1.11)$$

- работу образования дисперсных частиц [12]²

$$dW_\xi = A d\xi \geq 0, \quad (2.4)$$

² Соотношение (2.4) в термодинамику впервые ввели де Донде и ван Рисселберг [31] для определения работы химической реакции как произведения химического сродства A на степень завершенности химической реакции ξ .

- работу структурообразования [12]³

$$dW_{\eta} = Zd\eta \geq 0. \quad (2.5)$$

В соотношении (2.4) ξ — степень завершённости формирования дисперсных частиц, A — дисперсное сродство. В (2.5): η — степень завершённости структурообразования, Z — структурное сродство.

Процессы образования частиц и структур могут начаться только в том случае, если соответствующие сродства $A > 0$ и $Z > 0$. Соответствующие степени завершённости могут меняться в интервалах: $0 < \xi \rightarrow 1$; $0 < \eta \rightarrow 1$.

Дисперсное сродство и степень завершённости образования дисперсных частиц включают в себя химическое сродство и степень завершённости химической реакции, если образование дисперсных частиц переходит на молекулярный уровень, т. е. на другую ступень.

На то, что для образования каких-либо структур необходимы неравновесные условия, первым указал Пригожин. Он выразил это в следующей весьма краткой формулировке: *«неравновесие создаёт структуры»* [2]. Эта закономерность, многократно подтверждённая экспериментально, на полном для этого основании может быть отнесена к категории термодинамических принципов. Будет вполне уместно назвать её принципом Пригожина.

С учётом вышеизложенной последовательности образования пространственных структур принцип Пригожина может иметь следующую более расширенную формулировку: *неравно-*

³ Соотношение (2.5) для работы структурообразования впервые предложили автор, Штакельберг и Генкин [32].

весие создаёт материальные дисперсные частицы и пространственные структуры.

Для большинства природных процессов характерна многоступенчатость их протекания при непрерывном возрастании энтропии в системе.

Для возрастания энтропии в открытой структурирующей системе с учётом (2.2) и (2.3) согласно (1.19) получаем:

$$\begin{aligned} dS = & (1/T)dE + (P/T)dV - (\theta/T)dm + \\ & + (A/T)d\xi + (Z/T)d\eta > 0. \end{aligned} \quad (2.6)$$

С использованием этого уравнения и с учётом вышеизложенного мы в дальнейшем будем рассматривать структурирование и расширение нашей Вселенной.

2.6. Второе условие (второй принцип) существования открытых систем

Чтобы быть открытой, система 1 должна контактировать с ещё одной открытой системой 2 при условии, что $M_1 < M_2$, $V_1 < V_2$. Но теперь эти две исходные системы, соединённые между собой, образовали новую систему с массой $M_1 + M_2$ и объёмом $V_1 + V_2$. Образованная таким образом новая система (рис. 4) будет изолированной, если к ней не подсоединить ещё одну открытую систему с массой $M_3 > M_1 + M_2$ и объёмом $V_3 > V_1 + V_2$. При таком последовательном подсоединении систем для того, чтобы все предыдущие системы были открытыми, необходимо, чтобы последняя система в этой цепи имела бесконечную массу ($M_n \rightarrow \infty$) и бесконечный объём ($V_n \rightarrow \infty$) (рис. 5).

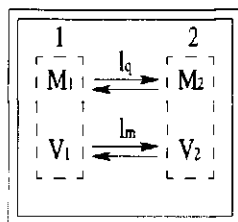


Рис. 4. Изолированная система, состоящая из 2-х открытых систем

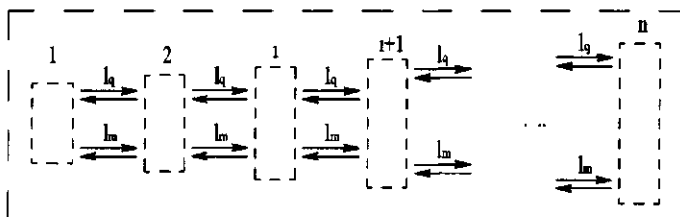


Рис. 5. Бесконечная открытая система (1-й тип)

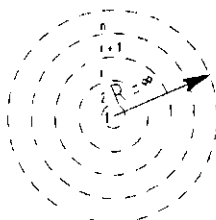


Рис. 6. Бесконечная система (2-й тип)

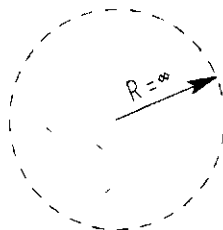


Рис. 7. Бесконечная система (3-й тип)

Другой схемой существования конечных открытых систем может быть такая, когда они последовательно входят одна в другую при том, что самая большая из них является бесконечной (рис. 6). Наиболее распространенной в природе является схема, при которой все конечные открытые системы входят в одну бесконечную систему. При этом часть из конечных открытых систем могут быть соединены между собой и входить одна в другую (рис. 7).

Так как все природные термодинамические системы являются открытыми, то наряду с принципом Гельфера мы приходим ко второму принципу существования открытых систем, который может быть сформулирован следующим образом: *открытая термодинамическая система может существовать только в том случае, если она непосредственно или через другую открытую систему соединена с бесконечной открытой термодинамической системой или находится внутри неё.*

Согласно принципу Гельфера ни одна из открытых систем, находящихся в бесконечной открытой системе, как и она сама, не может быть равновесной. Тогда из принципа Пригожина, в свою очередь, следует, что во всех открытых системах должны происходить процессы структурообразования. И эти три термодинамических принципа существования открытых систем относятся ко всему природному (нерукотворному), как к неживой, так и к живой природе.

Возрастание энтропии, обусловленное неравновесностью, во всех открытых, т. е. природных, системах, входящих в бесконечную открытую систему, как и в самой этой системе, может иметь только один и тот же знак ($dS > 0$), и стрела времени в них может иметь только одно направление: из прошлого в будущее.

2.7. Вселенная во Вселенной и стрела времени

Вышеописанной бесконечной открытой термодинамической системой, вмещающей в себя все живые и неживые, видимые и невидимые конечные системы, может быть только *Бесконечная Вселенная*. Отсюда следует, что *наша Вселенная*, являющаяся природной открытой неравновесной структурообразующей термодинамической системой, должна быть локальной конечной областью Бесконечной Вселенной (рис. 8).

Вполне возможно, что такой вывод для кого-то будет обескураживающим, но он является закономерным и единственно возможным с термодинамической точки зрения.

Сам же этот вывод о существовании Бесконечной Вселенной принципиально новым не является. Он лишь устраняет неподвижность (статичность) из космологической модели Бруно [3]. И остаётся только согласиться с ним, что Бесконечная Вселенная «не рождается, не уничтожается, не может уменьшаться или увеличиваться», ибо таковы свойства неравновесной термодинамической системы, являющейся физической бесконечностью. Но при этом наша Вселенная, являющаяся конечной локальной областью Бесконечной Вселенной, может и родиться, и структурироваться, и развиваться, и в своём теперешнем виде перестать существовать...

Так как нет термодинамического запрета на рождение нашей Вселенной, то вполне обоснованным является представление о её рождении в результате Большого взрыва, подтверждаемого экспериментально установленным реликтовым излучением. Единственное, с чем нельзя согласиться, так это с тем, что при Большом взрыве родилась стрела времени.

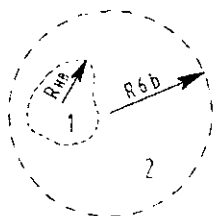


Рис. 8. Вселенная во Вселенной: 1 — наша Вселенная (НВ), 2 — Бесконечная Вселенная (БВ); $R_{НВ} \ll \infty$, $R_{БВ} = \infty$, $V_{НВ} \ll \infty$, $V_{БВ} = \infty$

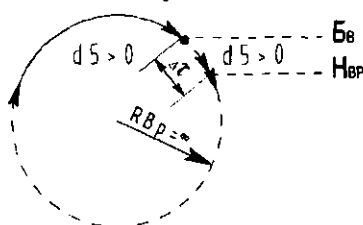


Рис. 9. Стрела времени ($dS > 0$): БВ — момент Большого Взрыва, НВ — наше время; $\Delta t \approx 12 + 13,7$ млрд лет, $R_{БВ} = \infty$

Все термодинамические системы, входящие в бесконечную термодинамическую систему, имеют всего одну общую стрелу времени, как и одну общую непрерывно возрастающую энтропию. Время, что наблюдатель может фиксировать в своей локальной конечной системе, является лишь конечным отрезком на бесконечной стреле времени Бесконечной Вселенной. Схематически это изображено на рис. 8.

Время в обеих Вселенных течёт только в одном направлении, ибо «необратимость существует либо на всех уровнях, либо не существует ни на одном уровне. Она не может возникнуть, словно чудо, при переходе от одного уровня на другой» [18].

Стрела времени не бумеранг, который, запущенный в одном направлении, возвращается обратно. «Необратимость заведомо не могла появиться внезапно в мире с обратимым временем. Происхождение необратимости — проблема космологическая, и для решения её необходимо проанализировать развитие Вселенной на ранних стадиях» [18]. Здесь Пригожин и Стенгерс имеют в виду нашу Вселенную. Так как она является лишь некоторой локальной областью пространства и времени Бесконечной Вселенной, то и стрела времени является вечной, как и сама Бесконечная Вселенная, ибо бесконечное пространство не может ни рождаться, ни уничтожаться. Оно вечно. И мы не можем придти к другому выводу, кроме того, что стрела времени до Большого взрыва уже пролетела невероятно длинный путь и после Большого взрыва продолжает свой полёт в бесконечность. Так как само понятие бесконечного пространства исключает его линейность, то и время в таком пространстве должно быть нелинейным (рис. 9).

В соответствии с общей теорией относительности Эйнштейна время также не отделимо от пространства. Но если для Эйнштейновского пространства — времени необходима гравитация, то термодинамическое пространство — время при наличии материи может обходиться и без гравитации, ибо гравитация не входит в термодинамические принципы и уравнения. Это наводит на мысль о первичности неравновесного пространства — времени с его материей перед гравитацией, которая, по-видимому, может быть следствием возникновения пространственных структур, обусловленных неравновесностью системы. Поэтому гравитационное искривление пространства — времени имеет локальный характер в окрестности пространственных структур, в отличие от общей нелинейности бесконечного пространства.

Порядка 12–13,7 млрд лет тому назад, когда, по сложившимся представлениям, произошёл Большой взрыв, стрела времени нашей Вселенной «вскочила» на стрелу времени Бесконечной Вселенной и с тех пор мчится с нею из прошлого в будущее.

В природе всё, что может представлять собой открытую термодинамическую систему (а других нерукотворных систем природа не знает), непрерывно увеличивает энтропию (как свою, так и всей Бесконечной Вселенной) и может существовать только в условиях неравновесности и необратимости времени — от прошлого в будущее.

Для того, чтобы макроскопический мир был миром обитаемым, в котором живут «наблюдатели», т. е. живым миром, Вселенная должна находиться в сильно неравновесном состоянии.

И. Пригожин, И. Стенгерс [18]

ГЛАВА 3



СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ ВСЕЛЕННОЙ, БОЛЬШОЙ ВЗРЫВ

3.1. Образование пространственных структур Вселенной

Наша Вселенная — конечная локальная область Бесконечной Вселенной, и обе они являются открытыми неравновесными термодинамическими системами. Наша Вселенная наряду с тёмной материей содержит ещё и небольшое количество известной нам материи (от 1 до 5 %). Какую материю содержит Бесконечная Вселенная за пределами нашей Вселенной, нам неизвестно. Но бесспорным является то, что без наполнения материей она не смогла бы быть термодинамиче-

ской системой, коей она является. Для того чтобы образовались структуры в соответствии с принципом Пригожина необходима неравновесность системы, что мы имеем в обеих Вселенных. Помимо неравновесности системы необходимо, чтобы материя обладала активностью связи. Но активность связи — фундаментальное свойство материи независимо от её вида. Только численные значения активности связи зависят от индивидуальных особенностей данного вида материи. Поэтому нет основания считать, что закономерности процессов структурообразования в обеих Вселенных могут иметь какие-либо принципиальные различия.

Структурообразование в системе всегда начинается в том её локальном объёме, в котором уже образовалось достаточное количество структурообразующих дисперсных частиц. Необратимые процессы, происходящие внутри любой системы, всегда связаны с возрастанием энтропии.

Общее возрастание энтропии в системе, согласно теореме Пригожина [9]:

$$dS = d_c S + d_i S > 0, \quad (3.1)$$

где $d_c S$ — обменная часть энтропии, $d_i S$ — возникновение энтропии внутри системы.

Энтропия, возникающая в структурообразующей системе, также состоит из двух частей [12]:

$$d_i S = d_i S_\xi + d_i S_\eta > 0, \quad (3.2)$$

где $d_i S_\xi$ — энтропия возникновения структурообразующих дисперсных частиц, $d_i S_\eta$ — энтропия структурообразования.

В открытых структурообразующих системах, обменивающихся теплотой и массой с другими системами, обменную

часть энтропии также можно представить в виде двух составляющих:

$$d_c S = d_c S_q + d_c S_m, \quad (3.3)$$

где $d_c S_q$ — обменная часть энтропии, обусловленная переносом энергии, $d_c S_m$ — обменная часть энтропии, обусловленная переносом материи.

Тогда полное изменение энтропии системы

$$dS = d_c S_q + d_c S_m + d_i S_\xi + d_i S_\eta > 0. \quad (3.4)$$

Из (3.4) и (2.4) получаем:

$$d_c S_q = (1/T)dE + (P/T)dV, \quad (3.5)$$

$$d_c S_m = (\theta/T)dm, \quad (3.6)$$

$$d_i S_\xi = (A/T)d\xi, \quad (3.7)$$

$$d_i S_\eta = (Z/T)d\eta. \quad (3.8)$$

Здесь $1/T$, P/T , θ/T , A/T , Z/T являются термодинамическими силами, а E , S , V , m , ξ , η — термодинамическими координатами.

Степень завершенности формирования дисперсных частиц (новообразований) может изменяться от 0 до 1, т. е. $0 < \xi < 1$. Это означает, что только при том, что все исходные частицы перешли в новые структурообразующие дисперсные частицы ($\xi = 1$), данный процесс завершен. То же относится и к степени завершенности структурообразования ($0 < \eta < 1$). Но процесс структурообразования может начаться только тогда, когда ξ достигает необходимого минимального значения $\xi_{\min}$, при котором образовавшаяся дисперсная фаза достигает достаточной концентрации для того, чтобы структурное сродство $Z > 0$.

В одной системе могут проходить одновременно несколько процессов образования новых дисперсных частиц, а также новых структурных комплексов различного вида, которые затем объединяются в одну пространственную структуру. После начала структурообразования процессы образования частиц и структур идут одновременно, оказывая тормозящее воздействие друг на друга, обусловленное перекрёстным эффектом между ними. Поэтому степени завершённости обоих процессов могут не достичь своих предельных значений, т. е. 1. Как процессы образования новых частиц, так и процессы структурообразования могут быть многоступенчатыми. Уже внутри образовавшихся структурных комплексов пространственных структур может происходить взаимное соединение частиц разного вида, а также распад образовавшихся частиц с образованием новых. Это может привести к определённым деструктивным явлениям в пространственных структурах, вплоть до полного их разрушения и образования на их месте новых структур. Такие процессы являются многоступенчатыми и в сильно неравновесных системах имеют наибольшее распространение.

Каким бы образом ни протекали процессы образования дисперсных частиц и пространственных структур, они имеют необратимый характер и всегда соблюдается условие возрастания энтропии в системе (3.2).

Образование того или иного вида дисперсных частиц зависит от взаимной дисперсной активности связи α_{ξ} образующих их исходных частиц. Те частицы, которые не проявляют достаточной активности связи для образования новой дисперсной фазы, служат для последней дисперсионной средой. В этой дисперсионной среде образуются пространственные

комплексы и структуры из дисперсных частиц, обладающих достаточной структурной активностью связи a_n для образования новых структур.

Во Вселенной скорость описанных процессов, а также вид и размеры образующихся дисперсных новообразований, пространственных комплексов и структур, зависит от степени неравновесности системы, обусловливаемой величиной флуктуаций её интенсивных параметров. Незначительные отклонения от средней величины флуктуаций в системе (флуктуации есть признак неравновесности системы) могут вызвать гораздо более значительные локальные флуктуации в какой-либо части системы, что способствует образованию зародышей пространственных структур. При этом возможно образование пространственных структур также из исходных материальных частиц, если они обладают достаточной структурной активностью связи a_n . Любые процессы структурообразования, случайно начавшись, могут продолжаться автокаталитически.

Поскольку все описанные процессы являются необратимыми, то смена знака локальной флуктуации не может привести к разрушению образовавшихся структур и возврату к исходным материальным частицам или структурам. Всё, происходящее в Бесконечной Вселенной и отдельных её локальных частях, является непрерывным процессом многоступенчатого структурообразования.

С образованием пространственных структур возникают и гравитационные поля, способствующие появлению новых открытых подсистем бесконечной открытой системы.

Для рассматриваемой схемы структурообразования в Бесконечной Вселенной безразлично, какой вид материи (известная

нам или неизвестная тёмная материя) участвует в этом процессе. Учитывая, что тёмная материя составляет большую часть материи нашей Вселенной, с достаточным на то основанием можно предположить, что именно из неё сформировались невидимые пространственные структуры обеих Вселенных. Та же часть этой материи, которая не обладает достаточной активностью связи для образования структурообразующих дисперсных частиц и последующего образования пространственных структур, является дисперсионной средой для видимых и невидимых пространственных структур обеих Вселенных.

Все процессы структурообразования, рассмотренные выше, происходят независимо от наблюдателя, в процессе своего многоступенчатого эволюционного биологического структурообразования, устроенного таким образом, что одни структуры Вселенной он видит, а другие нет. Причиной тому является то, что наш наблюдатель, как и видимые им структуры, созданы из одного и того же вида материи. Поэтому мы не можем исключить вероятность, что где-то в Бесконечной Вселенной находится наблюдатель из другого вида материи и видит те структуры, которые для первого наблюдателя остаются невидимыми. Вполне допустимо, что и скорость передачи сигналов в невидимом первым наблюдателем мире отличается от известной нам скорости света. В таком случае скорость распространения флуктуаций в Бесконечной Вселенной, и передача в ней информации с энтропией также может осуществляться со скоростью, превышающей скорость света. Так как энтропия является экстенсивным свойством системы и обладает аддитивностью, то любое увеличение энтропии в сколь угодно маленькой открытой подсистеме приводит к увеличению энтропии во всей бесконечной открытой системе, тем самым информируя всю систему о происходящих процессах в отдельных её частях. При наличии цепочки открытых подсистем энтропия может передаваться по всей цепочке.

3.2. Древние структуры Бесконечной Вселенной

Согласно принципу Гельфера Бесконечная Вселенная как открытая термодинамическая система никогда не могла и не может в настоящее время существовать в равновесных условиях. Будучи неравновесной системой, согласно принципу Пригожина, она должна образовывать структуры. Учитывая то, что она не рождается и не уничтожается, процессы структурообразования в ней являются вечными и ведут ко всё большей её упорядоченности.

Поскольку общепринятым является представление, что известная нам материя возникла только в результате Большого взрыва, то имеется основание полагать, что до этого пространство — время должно было содержать неизвестные нам виды материи, ибо без материи ни одна термодинамическая система не может существовать. Следовательно, задолго до Большого взрыва в Бесконечной Вселенной существовало бесчисленное множество древних пространственных структур из неизвестной нам материи с образованными ими гравитационными полями. И тогда правомерным становится вопрос о возрасте тех невидимых структур, которые принято называть чёрными дырами, ибо уж совсем неправдоподобным кажется допущение, что образовавшаяся в результате Большого взрыва материя смогла вытеснить из пространства, занимаемого нашей Вселенной, всю материю, находившуюся в нём до этого.

То, что самая большая чёрная дыра, открытая до сих пор, превышающая массу Солнца в 100 млрд раз, находится в центре очень отдалённой галактики, является подтверждением вышесказанного. Полагают, что она существует не менее 12,7 млрд

лет, что соответствует возрасту нашей Вселенной. Если бы она родилась при Большом взрыве, то она должна была бы находиться ближе к центру Большого взрыва. Если же эта чёрная дыра сформировалась после Большого взрыва вследствие коллапса звезды, а именно так по мнению большинства теоретиков, включая Хокинга, происходит образование чёрных дыр, то совершенно непонятно, как за такой короткий срок сперва образовалась супергигантская звезда, затем израсходовала своё топливо, взорвалась, сколлапсировала, чтобы уже тогда иметь столь гигантскую массу. И это при том, что само формирование звёзд длится сотни миллионов, а нередко и миллиарды лет. И если эта чёрная дыра втягивала в себя ещё и массу окружающих звёзд, то почему вокруг неё остались звёзды, составляющие лишь незначительную долю её массы.

Из сказанного следует, что в том пространстве, что мы считаем нашей Вселенной, могут существовать несколько видов сверхмассивных пространственных структур, в том числе и чёрных дыр. Один вид этих структур сформировался до Большого взрыва. По-видимому, массивные и сверхмассивные чёрные дыры относятся к этому виду. Второй вид менее массивных чёрных дыр мог образоваться в результате коллапса звёзд уже после рождения нашей Вселенной в процессе её развития. Не исключено, что эти виды чёрных дыр существенно различаются между собой, что может проявляться в их взаимодействии с другими структурами Вселенной.

Также необходимо обратить внимание на то, что древние чёрные дыры и другие древние пространственные структуры не являются «пожирателями» известной нам материи, что можно объяснить отсутствием активности связи между разными видами материи, из которой они образованы. Этим объяснимо и то,

что в центрах галактик находятся сверхмассивные структуры (чёрные дыры и др.), которые не поглощают звёздные скопления вокруг себя. Между структурами из разных видов материи возможно только гравитационное взаимодействие, само по себе не приводящее к образованию новых структур. Те же чёрные дыры, что образовались в результате коллапса звёзд, могут поглощать известную нам материю звёзд и образовывать новые структуры. Но они значительно моложе древних пространственных структур и имеют несравненно меньшую массу, чем древние чёрные дыры и другие древние пространственные структуры, бесконечное множество которых «населяют» Бесконечную Вселенную.

3.3. Большой взрыв и рождение нашей Вселенной

У современных теоретических представлений о рождении нашей Вселенной вследствие Большого взрыва имеются два обоснования: теоретическое и экспериментальное. Теоретическим обоснованием является общая теория относительности Эйнштейна, из уравнений которой следовало, что то, что сегодня расширяется (имеется в виду расширение нашей Вселенной, экспериментально установленное Хабблом), когда-то до начала расширения должно было быть сосредоточенным в точке. Прямым экспериментальным подтверждением считается открытое Вилсоном и Пензиасом остаточное (реликтовое) излучение, которое принято объяснять наличием фотонов, отделившихся от известной нам материи при образовании атомов на первых стадиях существования нашей Вселенной.

Хокинг и Пенроуз пришли к заключению, что при Большом взрыве взорвалась *сингулярность* с невероятно высокой температурой и массой [5]. Они полагали, что эта сингулярность возникла из пустоты и кривизны пространства (геометрии) и квантовых флуктуаций этой пустоты, т. е. из «ничего». Хокинг также связывал возникновение стрелы времени с моментом Большого взрыва.

С термодинамикой в приведённых представлениях о Большом взрыве не согласуется следующее. Флуктуации самопроизвольно могут возникнуть только в неравновесной системе, а неравновесность связана с возрастанием энтропии ($dS > 0$). Следовательно, стрела времени должна была возникнуть до образования взорвавшейся сингулярности. На то, чтобы образовалась сингулярность, должно было затратиться какое-то время. С другой стороны, для образования такой сингулярности нужен был резервуар энтропии, который не мог образоваться до возникновения самой энтропии. И, как указывает Пригожин, «пустота не обладает энтропией, а материальные частицы наоборот» [2]. Здесь, конечно, Пригожин имеет в виду термодинамическую систему из материальных частиц, ибо, как было показано в разделе 2.1, энтропия является свойством термодинамической системы, состоящей из материальных частиц. Только в такой системе могут протекать необратимые процессы, она может быть неравновесной, в ней $dS > 0$, и могут возникнуть флуктуации, приводящие к образованию структур, в том числе и такой структуры, как взорвавшаяся при Большом взрыве сингулярность. Здесь уместно ещё раз напомнить, что только неравновесность системы и активность связи может привести к образованию каких-либо пространственных структур.

Более правдоподобным будет предположение о том, что в Бесконечной Вселенной (неравновесной термодинамической системе) из той части тёмной (и, возможно, также из обычной) материи, которая обладала необходимой активностью связи, сформировалась диссипативная структура, которая, черпая материю из пространства Бесконечной Вселенной, превратилась в сингулярность. Эта сингулярность достигла критической массы, вследствие чего и произошёл Большой взрыв, отмеченный на стреле времени 12–13,7 млрд лет тому назад (рис.9). Не исключено также, что взорвавшаяся сингулярность образовалась в результате слияния двух и более сверхмассивных древних пространственных структур, как и то, что взрыв произошёл вследствие столкновения этих структур.

При Большом взрыве образовалась кваркглюонная плазма, превратившаяся в первичную туманность, из которой образовалась известная нам материя, образовавшая галактики с их звёздами и другими пространственными структурами. Каким образом это могло происходить, мы поговорим в следующей главе.

Из вышеприведенных представлений о происхождении нашей Вселенной напрашивается предположение о том, что за бесконечное время существования Бесконечной Вселенной в ней могла возникнуть не только наша Вселенная. Возможно, что существует множество подобных локальных вселенных. Также нельзя исключить наличие локальных вселенных из неизвестных нам видов материи, но также структурированных и самоорганизованных.

Ваша догадка, в сущности, состоит в том, что нечто — очень простое. Если вы не видите сразу же, что это неверно, и если так оказывается проще, чем раньше, — значит, это верно.

Р. Фейнман [1]

Феноменологическую историю необратимых процессов можно ныне считать вполне сложившейся.

И. Пригожин, И. Стенгерс [18]

ГЛАВА 4



РАСШИРЕНИЕ НАШЕЙ ВСЕЛЕННОЙ

4.1. Расширение необратимо

Под расширением нашей Вселенной мы понимаем наблюдаемое увеличение расстояния между галактиками — «разбегание» галактик. Наблюдаемые факты свидетельствуют о том, что после первичного расширения, скорость которого могла превышать скорость света, расширение замедлилось, а затем его скорость опять стала возрастать.

Одни учёные связывают расширение нашей Вселенной с антигравитационными свойствами тёмной материи. Другие предполагают, что причиной расширения является наполняющая Вселенную вакуумная «тёмная энергия» и даже некая «квинтэссенция», растягивающая пространство. Но как бы сегодня ни объясняли расширение нашей Вселенной, все объяснения вытекают из общей теории относительности Эйнштейна. Его теории, как и многим другим, созданным на её основе, чужда необратимость. Но, как было показано выше, наша Вселенная является конечной локальной открытой неравновесной термодинамической системой, в которой могут протекать только необратимые процессы, к которым относятся и процессы тепло- и массообмена с окружающей её Бесконечной Вселенной.

Пригожин и Стенгерс пришли к заключению, что «необратимость существует либо на всех уровнях, либо не существует ни на одном уровне. Она не может возникнуть, словно чудо, при переходе от одного уровня на другой» [18].

В свете изложенного, расширение нашей Вселенной необратимо. Поэтому единственно возможной адекватной основой анализа расширения нашей Вселенной может быть только термодинамическая феноменологическая теория необратимых процессов переноса, непосредственно вытекающая из второго начала термодинамики.

4.2. Уравнения переноса

Из уравнения второго начала термодинамики (1.20)

$$dS = (1/T)dE + (P/T)dV - (\theta/T)dm + (A/T)d\xi + (Z/T)d\eta > 0$$

получаем уравнение для скорости возрастания энтропии

$$(dS/d\tau) = (1/T)(dE/d\tau) + (P/T)(dV/d\tau) - \\ - (\theta/T)(dm/d\tau) + (A/T)(d\xi/d\tau) + (Z/T)(d\eta/d\tau) > 0, \quad (4.1)$$

где соответствующие обобщённые потоки есть скорости изменения:

- энергии

$$I_E = dE / d\tau, \quad (4.2)$$

- объёма

$$I_V = dV/d\tau, \quad (4.3)$$

- материи

$$I_M = dm / d\tau, \quad (4.4)$$

- образования дискретных частиц

$$I = d\xi / d\tau, \quad (4.5)$$

- структурообразования

$$I = d\eta / d\tau. \quad (4.6)$$

Соответствующие этим потокам термодинамические силы:

$$X_E = 1/T; X_V = P/T; X_M = -(\theta/T); X_\xi = A/T; X_\eta = Z/T. \quad (4.7)$$

Потоки материи, энергии и объёма по направлению любой оси, проходящие в единицу времени через единицу поверхности плоскости, перпендикулярной этой оси, пропорциональны градиентам соответствующих термодинамических сил по направлению этой оси.

Градиенты этих сил являются движущими силами переноса энергии и энтропии, материи, объёма (векторами первого ранга):

$$X_{E,S} = \nabla(1/T); X_M = -\nabla(\theta/T); X_V = \nabla(P/T). \quad (4.8)$$

Полагая, что галактики перемещаются как единое целое, что соответствует наблюдениям, и их перемещение не вызывает изменение объёма Бесконечной Вселенной, массоперенос галактик можно считать изохорным. Тогда $I_V = 0$ и феноменологические уравнения соответствующих сопряжённых векторных потоков материи и энергии [12]:

$$I_M = -L_{mm} \nabla(\theta/T) + \nabla L_{mc}(1/T), \quad (4.9)$$

$$I_E = -L_{em} \nabla(\theta/T) + L_{ec} \nabla(1/T); \quad (4.10)$$

или материи и энтропии:

$$I_M = -L_{mm} \nabla(\theta/T) + L_{ms} \nabla(1/T), \quad (4.11)$$

$$I_S = -L_{sm} \nabla(\theta/T) + L_{ss} \nabla(1/T). \quad (4.12)$$

Здесь L_{mm} , L_{cc} , L_{ss} — феноменологические коэффициенты переноса материи, энергии, энтропии, L_{mc} , L_{cm} — перекрёстные коэффициенты между потоками материи и энергии; L_{ms} , L_{sm} — перекрёстные коэффициенты между потоками материи и энтропии.

Выше были приведены только линейные уравнения переноса, представляющие собой описание процессов переноса в линейной области этих явлений. Полагая первичную взрывную волну Большого взрыва затухающей, применение линейных уравнений для качественного анализа расширения нашей Вселенной можно считать вполне оправданным.

Наша Вселенная после Большого взрыва уже достаточно остыла, и с допустимой погрешностью в межгалактическом пространстве градиенты температуры практически близки к 0. Нет оснований считать, что на границе нашей Вселенной с Бесконечной Вселенной может иметь место существенный перепад темпе-

ратуры. Тогда в первом приближении рассматриваемый массоперенос можно считать изотермическим. При этом $X_{T,S} = 0$.

В этом случае уравнения (4.9) и (4.10) преобразуются к виду:

$$I_M = -L_{mm} \nabla(\theta/T), \quad (4.13)$$

$$I_E = -L_{em} \nabla(\theta/T). \quad (4.14)$$

Уравнения (4.11) и (4.12) примут вид:

$$I_M = -L_{mm} \nabla(\theta/T), \quad (4.15)$$

$$I_S = -L_{sm} \nabla(\theta/T). \quad (4.16)$$

Из этих уравнений следует, что даже при отсутствии движущей силы $X_{E,S}$ будут иметь место потоки энергии и энтропии, вызванные потоком материи. В нелинейном пространстве Бесконечной Вселенной любые потоки материи будут проходить через плоскость, перпендикулярную оси, совпадающей с геодезической, соединяющей неизопотенциальные нелинейные поверхности пространства.

На любую частицу, имеющую массу, или пространственную структуру действуют две силы: сила притяжения более массивной структурой F и термодинамическая сила переноса материи X_M (рис. 10).

Как известно,

$$F = G(M_0 M/r^2). \quad (4.17)$$

Из (4.8) имеем

$$X_M = -\nabla(\theta/T).$$

Тогда результирующая сила переноса материи Φ будет

$$\Phi = G(M_0 M/r^2) - \nabla(\theta/T). \quad (4.18)$$

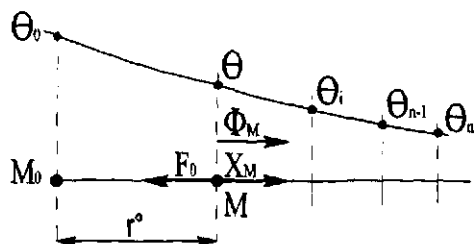


Рис. 10. Схема действия сил на объект с массой M в пространстве Бесконечной Вселенной: M_0 — масса центра гравитации, r — расстояние от M до M_0 , F — сила гравитационного притяжения, Φ — результирующая движущая сила переноса материи

При $\Phi = 0$ расстояние между центрами масс M_0 и M остаётся неизменным.

При $\Phi < 0$ расстояние между центрами масс M_0 и M увеличивается.

При $\Phi > 0$ расстояние между центрами масс M_0 и M сокращается.

4.3. Расширение нашей Вселенной

Соотношение (4.18) показывает, что расширение нашей Вселенной вызвано переносом материи под действием термодинамической движущей силы. По-видимому, результирующая сила переноса материи Φ есть недостающее звено в наших рассуждениях о расширении Вселенной.

В результате Большого взрыва центр гравитации M_0 (рис. 10) был уничтожен, и мгновенно исчезла сила гравитационного притяжения к этому центру. Вместо неё гравитационное притяжение стало зависеть от силы, действующей в направлении

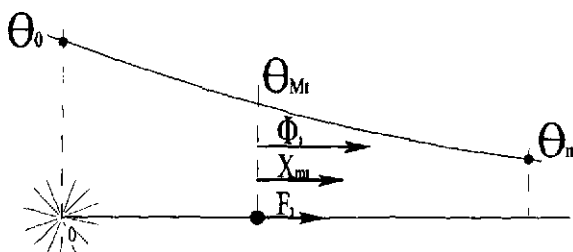


Рис.11. Схема действия силы притяжения F_i , термодинамической движущей силы X_{M_i} и результирующей силы Φ_i сразу же после Большого взрыва в точке 0

другого массивного объекта — древней чёрной дыры (в противоположном направлении), как это схематически показано на рис. 11.

Из приведённой на рис. 11 схемы видно, что после Большого взрыва в точке 0 прежний центр гравитации уничтожен и вся масса M_0 выброшена в окружающее пространство. Теперь силы притяжения действуют в направлении древних чёрных дыр, притягивая материю из окрестностей Большого взрыва. Эти силы разрывают массу M_0 на части M_i . От точки Большого взрыва в сторону окружающего пространства действуют и термодинамические движущие силы переноса материи X_{M_i} . Тогда, согласно (4.18),

$$\Phi_i = -F_i + (-X_{M_i}) = -(F_i + X_{M_i}). \quad (4.19)$$

И мы видим, что в сторону каждой из i древних чёрных дыр устремляется масса M_i , являющаяся частью первичной массы M_0 . Это перемещение масс обусловлено действием результирующих движущих сил переноса материи Φ_i .

Достижением неимоверно большого значения Φ в момент Большого взрыва и тем, что до того, как образовалась известная нам материя, первичное облако материи могло перемещаться со скоростью, многократно превышающей скорость света, можно объяснить сверхвысокую скорость первичного расширения нашей Вселенной. В результате материя, выброшенная в пространство Большим взрывом, была рассредоточена вокруг древних чёрных дыр и впоследствии образовала видимые теперь галактики.

После этого первого этапа расширения с образованием галактик скорость расширения нашей Вселенной многократно снизилась, ибо силы притяжения F_i исчерпали свои возможности, и установилось относительное равновесие между центрами гравитации галактик и окружающими их пространственными структурами (образующимися звёздами, планетами и др.), а также остаточной первичной туманностью, продолжающей процесс структурообразования. Чёрные дыры, являясь центрами гравитации, удерживают вместе все другие структуры галактик. Наличием в составе галактик не только супермассивных чёрных дыр, но и менее массивных чёрных дыр, можно объяснить отдельные скопления звёзд в галактиках и их нерегулярную форму.

Наблюдения свидетельствуют о том, что не отдельные звёзды, а целые галактики удаляются друг от друга с возрастающей скоростью, что подтверждает вышесказанное об относительном постоянстве объёма галактик или достаточно медленном его изменении по сравнению со скоростью их «разбегания».

Так как наша Вселенная состоит из сотен миллиардов галактик, то и она вследствие первичного неравномерного расширения и нерегулярного расположения центров галактик в

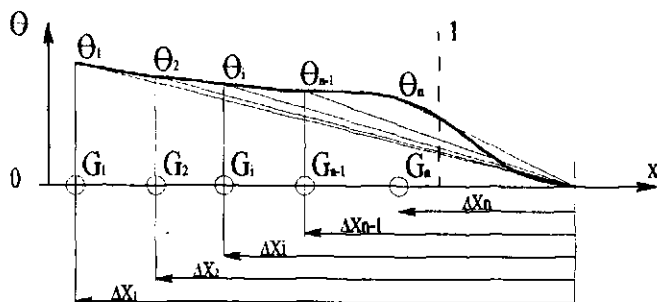


Рис. 12. Схема изменения потенциала массы при удалении от центра нашей Вселенной: θ — потенциал массы; G — галактика, 1 — граница между нашей Вселенной и Бесконечной Вселенной

пространстве также имеет нерегулярную форму, что подтверждается данными наблюдений. Эти же данные свидетельствуют о том, что периферийные галактики «разбегаются» с большей скоростью, чем находящиеся во внутренних областях нашей Вселенной.

Если мы выберем какое-либо произвольное направление x от точки Большого взрыва 0 , то луч, направленный из этой точки к периферии нашей Вселенной, на своём пути пройдёт через n галактик (рис. 12). Каждая из этих галактик имеет определённое значение потенциала массы θ .

При допущении, что отдельные галактики удаляются в окружающее пространство Бесконечной Вселенной вместе со своими центрами гравитации и что изменением объёма галактик в течение некоторого малого отрезка времени можно пренебречь, т. е. $V_i = \text{const}$, потенциал массы θ_i галактики с массой M_i можно определить из преобразованного соотношения (2.17)

$$\theta_i = a_i RT \ln(M_i/M_0), \quad (4.20)$$

где M_i — масса галактики i , включая все известные и неизвестные виды материи, содержащиеся в объёме галактики V_i ; M_0 — масса материи в объёме V_0 той части Бесконечной Вселенной за границей нашей Вселенной, куда в направлении оси x движется галактика, при условии, что $V_i = V_0$.

Не имея возможности определить величину M_0 и даже величину M_i , мы можем только констатировать, что $M_i > M_0$. Поскольку нас интересуют не абсолютные значения θ_i и θ_0 , а только $\Delta\theta = \theta_i - \theta_0$, то вполне правомерно принять $\theta_0 = 0$, т. е. за стандартный уровень.

Пренебрегая взаимным притяжением галактик и принимая, что $T = \text{const}$, можно записать [12]

$$\Phi_i = X_i = -\nabla \theta_i / T. \quad (4.21)$$

При $\theta_0 = 0$

$$\nabla \theta_i = d\theta_i / dx_i \approx \Delta\theta_i / \Delta x_i = (\theta_i - \theta_0) / \Delta x = \theta_i / \Delta x_i. \quad (4.22)$$

Тогда, согласно (4.13) или (4.15), скорость перемещения галактики к границе нашей Вселенной может быть оценена из соотношения:

$$I_i = -L_{mm} \nabla \theta_i / T. \quad (4.23)$$

Тогда из рис. 12 мы можем оценить скорости перемещений последовательного ряда галактик к границе нашей Вселенной в виде следующего неравенства:

$$I_1 < I_2 < I_i < \dots < I_{n-1} < I_n. \quad (4.24)$$

С учётом взаимодействия соседних галактик и действительной величины их потенциалов массы, скорости перемещения

некоторых галактик внутри нашей Вселенной могут быть как одинаковыми, так и различными. По этой же причине возможно и сближение отдельных галактик (например, Млечного Пути и Туманности Андромеды), переход части массы одной галактики в другую, но общая закономерность расширения нашей Вселенной соответствует неравенству (4.24). Чем ближе к границе нашей Вселенной находится галактика, тем больше скорость её «убегания».

Такое «разбегание» галактик подобно течению реки, имеющей на своём пути водопад. Вдали от водопада мы наблюдаем спокойное течение. По мере приближения к водопаду скорость течения увеличивается и при падении через порог достигает своего максимума, а затем при удалении от водопада скорость падает, и река переходит в спокойное течение. При путешествии по такой реке пути лодок могут пересекаться. Возможно и их столкновение.

Если наблюдатель плывёт по течению над водопадом, то он не может видеть, что происходит с потерянной из виду впереди плывшей лодкой и упавшей с порога вниз. Мы также не можем исключить вероятность того, что после перехода крайними галактиками потенциального барьера на границе нашей Вселенной с Бесконечной Вселенной мы эти галактики не увидим до тех пор, пока наша галактика сама не перейдёт через этот барьер.

Наша Вселенная расширяется во все стороны. Но, поскольку она имеет нерегулярную форму, то это расширение может идти с разной скоростью. Потенциалы массы Бесконечной Вселенной, окружающей нашу Вселенную, также могут иметь различные значения по разным направлениям её расширения. Это только может усилить неравномерность расширения нашей Вселенной. Поэтому разные галактики могут «разбегаться» с возрастающими, но разными скоростями.

Если и древние чёрные дыры могут испаряться подобно тому, как это показано Хокингом для чёрных дыр, образующихся при коллапсе звёзд, то и сами галактики со временем будут расширяться по мере уменьшения массы их центров гравитации.

При вышеизложенном рассмотрении расширения нашей Вселенной мы базировались только на термодинамической феноменологической теории переноса с использованием её линейных уравнений с рядом упрощений и оговорок, но пришли к выводам, соответствующим имеющимся данным наблюдений.

Как долго будет длиться расширение нашей Вселенной, на основе имеющихся опытных данных ответить невозможно, ибо оно будет продолжаться до тех пор, пока потенциалы массы всех галактик не сравняются с потенциалами массы Бесконечной Вселенной на путях перемещения галактик. При этом надо учесть неоднородность Бесконечной Вселенной и различные флуктуации, происходящие в её разных частях вследствие её неравновесности. Эти флуктуации могут достичь и нашей Вселенной. Также необходимо учитывать непрерывное структурообразование Бесконечной Вселенной, меняющуюся кривизну её локальных областей и перемещение любых масс материи в пространстве по геодезическим. Всё это влияет и на расширение нашей Вселенной.

Но то, что это расширение подчиняется общим закономерностям явлений переноса и оно необратимо, — в этом можно не сомневаться. И коллапс нашей Вселенной не грозит.

Возможно, мы никогда не были удивлены этой непредсказуемой Вселенной так, как сегодня.

И. Пригожин [2]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ



Шаг за шагом, следуя второму началу термодинамики и его расширенной формулировке, последовательно рассмотрев различные термодинамические системы и условия их существования, процессы структурообразования, переноса теплоты и массы, мы пришли к неожиданному выводу о том, что наша Вселенная является неравновесной структурообразующей открытой конечной локальной областью неравновесной структурообразующей открытой Бесконечной Вселенной, в которой стрела времени летит бесконечно долго только в одном направлении — из прошлого в будущее, ибо все процессы в ней необратимы, и энтропия непрерывно возрастает и будет возрастать вечно.

В этой неравновесной системе вследствие своей активности связи дисперсные частицы материи, независимо от её вида, образуют всё многообразие пространственных структур, которые, зародившись, могут развиваться автокаталитически. Они растут и перемещаются в дисперсионной среде из материи, активность

связи которой недостаточна для участия в процессе структурообразования. Пространственные структуры порождают гравитацию и локальное искривление пространства.

В результате неимоверно длительных структурообразующих процессов в Бесконечной Вселенной из неизвестных нам видов «тёмной» материи могли сформироваться сверхмассивные древние пространственные структуры, среди которых могла образоваться и та сингулярная структура, которая, достигнув критической массы и температуры, взорвалась при Большом взрыве и образовала известную нам материю, которую другие древние сверхмассивные структуры (чёрные дыры) вследствие своего гравитационного притяжения захватили и распределили между собой, образовав теперь видимые нами галактики.

Особенностью процессов структурообразования является их непрерывность и многоступенчатость, а также возможность перехода одного вида материи в другой, образование новых дисперсных частиц и изменение их взаимной активности связи.

В соответствии со вторым началом термодинамики материя самопроизвольно может перетекать только из точки с большим потенциалом материи (массы) в точку с меньшим потенциалом материи (массы). Скорость переноса материи при этом пропорциональна градиенту потенциала материи (массы). Это является причиной расширения нашей Вселенной в пространство Бесконечной Вселенной, а скорость её расширения увеличивается с ростом градиента потенциала материи (массы) по направлению к границе нашей Вселенной, подобно течению реки, на пути которой встречается водопад. В этом процессе переноса материи галактики перемещаются («разбегаются») как единое целое, удерживаемые вместе своими центрами гравитации. Расширение нашей Вселенной может остановиться только при условии,

что все градиенты потенциалов материи (массы) станут равными нулю. А это маловероятно.

Но наша Вселенная никогда не рассыплется до полного разрушения всех её структур и материи, ибо на бескрайних просторах Бесконечной Вселенной ей уготовано бесконечное необратимое многоступенчатое структурообразование с увеличением степени упорядоченности и самоорганизации при непрерывном возрастании энтропии. И она никогда не будет сужаться, ибо это противоречило бы второму началу термодинамики.

Как никогда не остановится возрастание энтропии в Бесконечной Вселенной, так никогда не остановится полёт стрелы времени и не изменится направление её полёта из прошлого в будущее.

Несмотря на кажущееся расхождение с общепринятыми представлениями, рассмотренная выше космологическая модель совместима с термодинамикой и не противоречит опытным данным.

В начале нашего столетия, в 2001 г., Пригожин писал, что «мы находимся в начале науки». Это относится и к нашим быстро меняющимся представлениям о Вселенной.

По мере того как будут расширяться наши представления о Вселенной, мы всё больше будем восхищаться ею и её способностью к многоступенчатому эволюционному развитию и самоорганизации до мыслящих структур и существ, обменивающихся информацией и занимающихся научными исследованиями в разных уголках её необъятного пространства.

Особенностью науки является то, что она всегда ставит перед собой гораздо больше вопросов, чем может ответить. И там, где наука не может ответить на вопросы, интересующие человека, он ищет ответы в Боге...

Эйнштейн говорил, что «Бог не играет в кости», а Хокинг полагает, что «у Бога ещё есть в рукаве пара трюков»... Я думаю, что, учитывая его неравновесный характер и необратимость поступков, у него ещё есть много загадок для нас. Поскольку он является создателем из себя самого и нашей Вселенной, и нашего Солнца, и нашей Земли, и всего сущего на ней, мне кажется, что имя Его — Бесконечная Вселенная...



ЛИТЕРАТУРА



1. *Фейнман Р.* Характер физических законов. Пер с англ. М: Наука, 1987. 160 с.
2. *Пригожин И.* Будущее не задано // Человек перед лицом неопределённости. Пер. с фр. М.; Ижевск: Ин-т. компл. иссл., 2003. С. 13–26.
3. *Бруно Дж.* О причине, начале и едином. Диалог пятый // Диалоги. Пер. с. ит. М.: Госполитиздат, 1949.
4. *Einstein A.* Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie. Sitzungberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften. Berlin, 1917. T. 1. S. 142–152.
5. *Хокинг С., Пенроуз Р.* Природа пространства и времени. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2000. 160 с.
6. *Edington A. S.* The Nature of the Physical World. N. Y.: Macmillan, 1948.
7. *Onsager L.* Reciprocal relations in irreversible processes // Phys. Rev. 1931. Vol. 37. P. 406–426.
8. *Onsager L.* Reciprocal relations in irreversible processes // Phys. Rev. 1931. Vol. 38. P. 2265–2279.
9. *Пригожин И.* Введение в термодинамику необратимых процессов. Пер. с англ. М: Изд-во иностр. лит., 1960. 121 с.

10. *Де Гроот С. Р.* Термодинамика необратимых процессов. Пер. с англ. М.: Гостехиздат, 1956. 280 с.
11. *Цимерманис Л.-Х. Б.* Термодинамика влажностного состояния и твердения строительных материалов. Рига: Зинатне, 1985. 247 с.
12. *Цимерманис Л.-Х. Б.* Сорбция, структурообразование, массоперенос. М.: Алкс, 2006. 232 с.
13. *Штакельберг Д. И.* Термодинамика структурообразования водно-силикатных дисперсных материалов. Рига: Зинатне, 1984. 200 с.
14. *Штакельберг Д. И., Сычёв М. М.* Самоорганизация в дисперсных системах. Рига: Зинатне, 1990. 175 с.
15. *Гаркави М. С.* Термодинамический анализ структурных превращений в вязущих системах. Магнитогорск: МГТУ, 2005. 243 с.
16. *Карно С.* Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу // Второе начало термодинамики. Пер. с фр. М.: Издательство ЛКИ/URSS, 2007. С. 15–69.
17. *Клаузиус Р.* Механическая теория тепла // Второе начало термодинамики. Пер. с нем. М.: Издательство ЛКИ/URSS, 2007. С. 70–158.
18. *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой. Пер. с англ. М.: КомКнига/URSS, 2005. 296 с.
19. *Майер Р.* Закон сохранения и превращения энергии: Четыре исследования 1841–1851. Пер. с нем. М.: Гостехтесоретиздат, 1933. 311 с.
20. *Joule S. P.* The Scientific Papers. London, 1884. 204 p.
21. *Joule S. P.* The Scientific Papers. London, 1887. 180 p.
22. *Больцман Л.* Лекции по теории газов. М.: Гостехиздат, 1953.
23. *Thomson W.* Mathematical and Physical Paper. Cambridge, 1882. Vol. 1. 145 p.
24. *Thomson W.* Mathematical and Physical Paper. Cambridge, 1890. Vol. 1. 211 p.
25. *Planck M.* Uber Prinzip Vomerhrung der Entropie // Ann. Phys. Chem. 1887. № 32. S. 462–470.

26. Гиббс Д. В. Термодинамические работы. Пер. с англ. М.: Гостехиздат, 1950. 492 с.
27. Кубо Р. Термодинамика. Пер. с англ. М.: Мир, 1970. 304 с.
28. Цимерманис Л.-Х. Б. Термодинамические и переносные свойства капиллярнопористых тел. Челябинск: Южно-Уральск. кн. изд-во, 1971. 202 с.
29. Цимерманис Л.-Х. Б. Статистическая теория влажностного состояния капиллярнопористых материалов // Вермикулит. М.: Стройиздат, 1965. С. 94–117.
30. Гельфер Я. М. История и методология термодинамики и статистической физики. Т. 2. М.: Высшая школа, 1973. 280 с.
31. *Donder T. de, Van Russelberghe P. L'Affinite. Paris, 1936.*
32. Цимерманис Л. Х., Штакельберг Д. И., Генкин А. Р. Термодинамическое развитие закрытой системы, в которой химическая реакция сопряжена с процессом структурообразования // Изв. АН Латв. ССР. Сер. Физ.-техн. 1974. № 6. С 55–63.
33. Черепанчук А. М. Чёрные дыры во Вселенной. Фрязино: «Вск 2», 2005. 64 с.
34. Де Гроот С. Р., Мазур С. Неравновесная термодинамика. Пер. с англ. М.: Мир, 1964. 456 с.

Представляем Вам наши лучшие книги:



URSS

Астрономия и астрофизика

- Ефремов Ю. Н. Вглубь Вселенной. Звезды, галактики и мироздание.
 Куликовский П. Г. Справочник любителя астрономии.
 Сажин М. В. Современная космология в популярном изложении.
 Чернин А. Д. Звезды и физика.
 Фридман А. А. Мир как пространство и время.
 Чернин А. Д. и др. Александр Александрович Фридман. Жизнь и деятельность.
 Архангельская И. Д., Розенталь И. Л., Чернин А. Д. Космология и физический вакуум.
 Розенталь И. Л., Архангельская И. В. Геометрия, динамика, Вселенная.
 Левитан Е. П. Физика Вселенной: экскурс в проблему.
 Левитан Е. П. Дидактика астрономии.
 Попов А. П. Занимательная астрономия.
 Бааде В. Эволюция звезд и галактик.
 Шварцшильд М. Строение и эволюция звезд.
 Кинг А. Р. Введение в классическую звездную динамику.
 Хлопов М. Ю. Космомикрофизика.
 Хлопов М. Ю. Основы космомикрофизики.
 Сурдин В. Г. Астрономические задачи с решениями.
 Ипатов С. И. Миграция небесных тел в Солнечной системе.
 Николаев О. С. Физика и астрономия: Курс практических работ для средней школы.
 Дорофеева В. А., Макалкин А. Б. Эволюция ранней Солнечной системы.
 Терской Б. А. Основы теоретической космофизики.

Термодинамика и статистическая физика

- Квасников И. А. Молекулярная физика.
 Агеев Е. П. Неравновесная термодинамика в вопросах и ответах.
 Дуров В. А., Агеев Е. П. Термодинамическая теория растворов.
 Мюнстер А. Химическая термодинамика.
 Базаров И. П. Заблуждения и ошибки в термодинамике.
 Хайтун С. Д. История парадокса Гиббса.
 Варикаш В. М., Болсун А. И., Аксенов В. В. Сборник задач по статистической физике.
 Зайцев Р. О. Введение в современную статистическую физику. Курс лекций.
 Зайцев Р. О. Введение в современную кинетическую теорию. Курс лекций.
 Кубо Р. Статистическая механика. Современный курс с задачами и решениями.
 Крылов Н. С. Работы по обоснованию статистической физики.
 Поклонский Н. А., Вьрко С. А., Поденок С. Л. Статистическая физика полупроводников.
 Карно С., Клаузиус Р. и др. Второе начало термодинамики.
 Серия «Классический университетский учебник»
 Квасников И. А. Термодинамика и статистическая физика. В 4 т.
 Кононович Э. В., Мороз В. И. Общий курс астрономии.
 Исиханов Б. С., Капитонов И. М., Юдин Н. П. Частицы и атомные ядра.
 Петровский И. Г. Лекции по теории обыкновенных дифференциальных уравнений.
 Гнеденко Б. В. Курс теории вероятностей.
 Колмогоров А. Н., Драгалин А. Г. Математическая логика.

Представляем Вам наши лучшие книги:



URSS

Серия «Relata Refero»

Бабанин А. Ф. Введение в общую теорию мироздания. Кт. 1, 2.

Опарин Е. Г. Физические основы бестопливной энергетик.

Зверев Г. Я. Физика без механики Ньютона, без теории Эйнштейна и без принципа наименьшего действия.

Еремин М. А. Революционный метод в исследовании функций действ. переменной.

Еремин М. А. Уравнения высших степеней.

Еремин М. А. Определитель Еремина в линейной и нелинейной алгебре.

Низовцев В. В. Время и место физики XX века.

Стельмахович Е. М. Пространственная (топологическая) структура материи.

Плахотников К. Э. и др. Основы психорезонансной электронной технологии.

Аюковский В. А. Физические основы электромагнетизма и электромагнитных явлений.

Кедрис А. А. Алгебраические основы физики.

Брусин Л. Д., Брусин С. Д. Иллюзия Эйнштейна и реальность Ньютона.

Долгушин М. Д. Эвристические методы квантовой химии или о смысле научных занятий.

Харченко К. П., Сухарев В. Н. «Электромагнитная волна», лучистая энергия — поток реальных фотонов.

Бернштейн В. М. Перспективы «возрождения» и развития электродинамики и теории гравитации Вебера.

Николаев О. С. Водород и атом водорода. Справочник физических параметров.

Николаев О. С. Железо и атом железа. Сжимаемость. Справочник физ. параметров.

Николаев О. С. Критическое состояние металлов.

Николаев О. С. Механические свойства жидких металлов.

Шевелев А. К. Структура ядра.

Михеев С. В. Темная энергия и темная материя — проявление нулевых колебаний электромагнитного поля.

Галавкин В. В. Дорогой Декарта, или физика глазами системотехника.

Галавкин В. В. Аристотель против Ньютона, или экономика глазами системотехника.

Федосин С. Г. Современные проблемы физики. В поисках новых принципов.

Федосин С. Г. Основы синкретики. Философия носителей.

Халезов Ю. В. Планеты и эволюция звезд.

Иванов М. Г. Безопорные двигатели космических аппаратов.

Иванов М. Г. Антигравитационные двигатели «летающих тарелок». Теория гравитации.

Смольяков Э. Р. Теоретическое обоснование межзвездных полетов.

Тел./факс:

(499) 135-42-46,

(499) 135-42-16,

E-mail:

URSS@URSS.ru

<http://URSS.ru>

Наши книги можно приобрести в магазинах:

«Библио-Глобус» (м. Лубянка, ул. Мясницкая, 6. Тел. (495) 625-2457)

«Московский дом книги» (м. Арбатская, ул. Новый Арбат, 8. Тел. (495) 203-8242)

«Молодая гвардия» (м. Полянка, ул. Б. Полянка, 28. Тел. (495) 238-5001, 780-3370)

«Дом научно-технической книги» (Ленинский пр-т, 40. Тел. (495) 137-6019)

«Дом книги на Ладотской» (м. Бауманская, ул. Ладотская, 8, стр. 1. Тел. 267-0382)

«Юнозис» (м. Университет, 1-й корпус ИГУ, комн. 141. Тел. (495) 939-4773)

«У Нептавра» (РГТУ) (м. Новослободская, ул. Чапаева, 15. Тел. (499) 973-4301)

«СПб. дом книги» (Невский пр., 28. Тел. (812) 448-2355)

Уважаемые читатели! Уважаемые авторы!

Наше издательство специализируется на выпуске научной и учебной литературы, в том числе монографий, журналов, трудов ученых Российской академии наук, научно-исследовательских институтов и учебных заведений. Мы предлагаем авторам свои услуги на выгодных экономических условиях. При этом мы берем на себя всю работу по подготовке издания — от набора, редактирования и верстки до тиражирования и распространения.



URSS

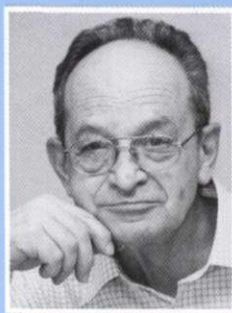
Среди вышедших и готовящихся к изданию книг мы предлагаем Вам следующие:

Серия «Relata Refero»

- Петров Ю. И.* Некоторые фундаментальные представления физики: критика и анализ.
Шадрин А. А. Структура мироздания Вселенной.
Колесников А. А. Гравитация и самоорганизация.
Костицын В. И. Теория многомерных пространств.
Блинов В. Ф. Физика материи.
Блинов В. Ф. Растущая Земля: из планет в звезды.
Блинов В. Ф. Великая теорема Ферма: Исследование проблемы.
Бойко С. В. Основы механизма физических процессов.
Сайбер А. Н. Основные постулаты (принципы) или начала энергетической теории.
Агафонов К. П. Единство физической картины мира (неоклассическая конденсия).
Демин А. И. Парадигма дуализма: пространство — время, информация — энергия.
Артеха С. Н. Критика основ теории относительности.
Попов Н. А. Сущность времени и относительности.
Моисеев Б. М. Теория относительности и физическая природа света.
Бухалов И. П. Физика инерции и гравитации.
Бухалов И. П. Инерция и гравитация. В поисках решения проблемы.
Янчилин В. Л. Квантовая теория гравитации.
Янчилин В. Л. Неопределенность, гравитация, космос.
Штепа В. И. Единая теория Поля и Вещества с точки зрения Логики.
Миркин В. И. Краткий курс идеалистической физики.
Пилат Б. В. Излучение и поле.
Шульман М. Х. Теория шаровой расширяющейся Вселенной.
Шульман М. Х. Вариации на темы квантовой теории.
Соломонов М. С. Новая модель небесной механики.
Исаев С. М. Начала теории физики эфира и ее следствия.
Бирюков С. М. Эфир как структура мироздания.
Левин М. А. Специальная теория относительности. Эфирный подход.
Заказчиков А. И. Загадка эфирного ветра: фундаментальные вопросы физики.
Бураго С. Г. Роль эфиродинамики в познании мира.
Бураго С. Г. Крутоворот эфира во Вселенной.
Попов П. А. Разгадка эфирного опыта А. Майкельсона.
Томсон Дж., Планк М. и др. Эфир и материя.

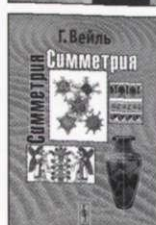
По всем вопросам Вы можете обратиться к нам:
 тел./факс (499) 135-42-16, 135-42-46
 или электронной почтой URSS@URSS.ru
 Полный каталог изданий представлен
 в интернет-магазине: <http://URSS.ru>

Научная и учебная
литература



Хабилитированный доктор инженерных наук, доктор технических наук, профессор. Родился в 1937 г. в Риге. Окончил Московский инженерно-строительный институт им. В. В. Куйбышева (Москва) в 1959 г. Научную деятельность начал в Челябинске. С 1979 г. ведет исследовательскую работу в Риге. Автор 232 научных работ и 163 изобретений. Основные научные работы посвящены термодинамике сорбции, структурообразования, массопереноса. В последнее время большое внимание уделяет вопросам термодинамики открытых систем, к которым относит и нашу Вселенную.

Наше издательство предлагает следующие книги:



5622 ID 69014



НАУЧНАЯ И УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА

интернет-магазин

Тел./факс:

Тел./факс:

OZON.ru



16163625

E-mail:

URSS@URSS.ru

Каталог изданий

в Интернете:

<http://URSS.ru>

Любые отзывы о настоящем издании

по адресу URSS@URSS.ru. Ваши замечания и предложения будут учтеныи отражены на web-странице этой книги в нашем интернет-магазине <http://URSS.ru>