

Сайт «Энергодинамика и альтернативные концепции естествознания» (http://zhurnal.lib.ru/e/etkin_v_a/) известного термодинамика В.А. Эткина, д.т.н., профессора, автора книг «Термодинамика неравновесных процессов» (Саратов, СГУ, 1991), «Термокинетика» (Тольятти, ТГУ, 1999), рекомендованной Минобразования РФ в качестве учебного пособия для вузов, и монографии «Энергодинамика» (СПб, Наука, 2008), за которую Европейская академия естественных наук наградила автора памятной медалью Лейбница. На сайте размещены свыше 60 статей и книг автора, посвященных построению энергодинамики - термодинамической (безгипотезной) теории, изучающей общие закономерности неравновесных процессов переноса и преобразования энергии независимо от их принадлежности к той или иной области знаний, и рассмотрению с этих позиций базовых концепций современного естествознания. Благодаря оригинальному системному подходу автор, представитель конвенциональной науки, получает ряд следствий, относимых в настоящее время к альтернативной физике.

По количеству читателей сайта (свыше 80000 в год, и регулярности посещений (в среднем 13-14 на читателя) сайт можно вполне отнести к одному из наиболее популярных сайтов научно-технического характера.

Энергодинамика и эволюция Вселенной

Д.т.н., проф. В.Эткин

Показано, что системный подход, основной особенностью которого является изучение части через целое при сохранении всех присущих этому целому связей, приводит к неизбежному выводу о противоположной направленности эволюции отдельных частей Вселенной, что противоречит теории «Большого взрыва». Вскрывается ряд других противоречий этой теории, и делается вывод о том, что эволюция любой части бесконечной во времени и пространстве Вселенной носит характер неперiodических колебаний, позволяющих ей развиваться вечно, минуя состояние равновесия.

It is shown, that the system approach which basic feature is part studying through whole, leads to an inevitable conclusion about an opposite orientation of evolution of separate parts of the closed Universe at any moment, that contradicts the «Big bang» theory. A number of other contradictions of this theory is detected, and the conclusion that evolution of any part infinite in time and space Universe has character of the acyclic oscillations allowing it to develop, avoid a equilibrium.

Введение. Как известно, системный подход — это методология исследования, в основе которой лежит рассмотрение объекта как целостного множества элементов с присущими им взаимосвязями. Необходимость такого подхода возникает тогда, когда свойства объекта как целостной системы не являются простой суммой свойств его отдельных элементов. Это предъявляет к объекту исследования особые требования, поскольку он должен по возможности включать всю совокупность взаимодействующих (взаимно движущихся) тел или их частей. Такая система по определению замкнута, поскольку на неё не действуют внешние силы, закрыта, поскольку не обменивается веществом с окружающей средой, и изолирована, поскольку не обменивается с этой средой энергией. Именно для таких систем и были изначально установлены законы сохранения энергии E , массы M , заряда Z , импульса I и его момента L . Следовательно, наиболее общий системный подход к проблемам эволюции Вселенной возможен лишь с позиций теории, позволяющей исследовать изолированные системы. Такой теорией и является энергодинамика [1], которая благодаря введению специфических параметров пространственной неоднородности неравновесных систем позволяет исследовать внутренние релаксационные и антидиссипативные процессы, протекающие в таких системах. В связи с этим представляет интерес рассмотреть те коррективы, которые вносит энергодинамика в постановку и решение задачи об эволюции Вселенной.

Коррективы, вносимые системным подходом в решение проблемы эволюции Вселенной.

Опираясь на законы сохранения ($E, M, Z, I, L = \text{const}$), выясним особенности процессов, протекающих в изолированных системах. Рассмотрим с этой целью произвольную закрытую систему объемом V . Масса M такой системы остается неизменной во времени t , т.е. $\partial M / \partial t = 0$. Представляя массу M в виде объемного интеграла $\int \rho dV$ от плотности системы ρ , для системы в целом имеем:

$$\partial M / \partial t = \int (\partial \rho / \partial t) dV = 0. \quad (1)$$

Равенство интеграла (1) нулю может иметь место только в одном случае: когда знак производной $(\partial \rho / \partial t)$ в различных областях системы противоположен. Это означает, что если в одних областях закрытой системы происходит увеличение плотности (сжатие), то в других её областях или элементах объема наблюдается обратный процесс расширения. Аналогичный результат получим, подставляя вместо массы M энергию системы E или любой другой параметр, подчиняющийся закону сохранения или остающийся неизменным в стационарном состоянии систе-

мы как целого. Отсюда следует важнейший для естествознания принцип **дихотомии**: *процессы, протекающие в изолированных системах, вызывают противоположные изменения её свойств в различных частях таких систем.* Это означает, что учет этой дихотомии является обязательным условием для любой теории, претендующей на системный подход.

Вряд ли необходимо доказывать, сколь далеки от этого требования любые фундаментальные дисциплины, рассматривающие объект исследования как нечто однородное целое. Это относится и к модели Вселенной Эйнштейна. Полученное им в рамках общей теории относительности «уравнение гравитации», относилось ко Вселенной в целом и предполагало кривизну пространства $G_{\mu\nu}$ пропорциональной тензору энергии-импульса $T_{\mu\nu}$ с коэффициентом пропорциональности равным гравитационной постоянной G :

$$G_{\mu\nu} = 8\pi G T_{\mu\nu} . \quad (2)$$

Согласно этому соотношению, кривизна Вселенной как целого определялась плотностью материи: при высокой плотности она имела положительную кривизну (как поверхность шара), при малой – отрицательную (как поверхность седла), а при критической плотности – была пространственно плоской. При этом Эйнштейн, как и большинство ученых того времени, полагал, что Вселенная в целом стационарна. Однако, как показал в 1922 году А. Фридман, уравнение (2) в действительности не допускало стационарности: в этой модели характер эволюции Вселенной зависел от средней плотности материи. При высокой плотности Вселенная коллапсирует, а при малой – будет расширяться вечно. Пограничным случаем является Вселенная критической плотности, которая будет расширяться, но с постоянно уменьшающейся скоростью. Отсюда следовало, что «геометрия» и конечная судьба Вселенной связаны между собой. Первоначально А. Эйнштейн не согласился с таким выводом. Однако, когда в 1929 году американский астроном Э. Хаббл обнаружил «красное смещение» спектральных линий излучения галактик и истолковал его как следствие их «разбегания», Эйнштейн признал правоту Фридмана. Последующие измерения скорости разлета галактик показали, что время Хаббла («возраст Вселенной») имеет порядок всего 15...20 миллиардов лет. В связи с этим в астрофизике развернулась настоящая битва за то, чтобы защитить определенные мировоззренческие системы. Эволюционисты, верящие в то, что материя развивается без всякого вмешательства «Божественной Сущности», считали время Хаббла безнадежно коротким периодом времени, чтобы атомы могли преобразоваться в живое существо. Креационисты (сторонники «молодой» Вселенной), опираясь на вольное прочтение Библии, напротив, настаивали на том, что время её образования — всего 6...10 тысяч лет назад. Немало исследователей потратили невероятное количество энергии и сил, пытаясь примирить эти концепции.

В 1922 году Р. Толмэн, основываясь на термодинамических представлениях, предположил, что в момент «зарождения» Вселенная имела исключительно высокие температуры. К такому же выводу пришел Г. Гамов в 1946 году, выясняя температурные условия, которые необходимы для возникновения того разнообразия элементов во Вселенной, которое мы наблюдаем сегодня. Это послужило основанием концепции «Большого взрыва», которая утверждает, что вся Вселенная возникла из «сингулярности» - бесконечно малого объема, в котором заключалась вся масса будущей Вселенной, находящаяся в состоянии бесконечных (или близких к бесконечным) значений плотности, температуры и давления, в результате чрезвычайно быстрого расширения. Эта теория до сих пор остается наиболее признанной, хотя по мнению ряда астрофизиков, в том числе нобелевского лауреата Х. Алвена, являет собой «оскорбление здравого смысла» [2].

Характерно, что сторонники концепции «Большого взрыва», признавая 2-й закон термодинамики в отношении неизбежности «тепловой смерти» Вселенной (и, следовательно, существования её «начала»), в то же время обходят молчанием вопиющее противоречие с тем же 2-м законом процесса концентрации энергии

перед «Большим взрывом». Согласно этому закону, удалить какую-либо систему от состояния равновесия с окружающей средой можно, лишь затратив определенную внешнюю работу. Однако в окружающей конечную Вселенную «пустоте» необходимый для этого источник энергии заведомо отсутствует. Одного этого было достаточно, чтобы отбросить любые аргументы, послужившие основанием теории «Большого взрыва». Однако последняя живет и признается многими за «твердо установленный факт». Поэтому мы вынуждены хотя бы кратко рассмотреть те аргументы, которые послужили основанием этой теории.

Один из главных вопросов состоит в том, является ли нестационарность процессов во Вселенной основанием для утверждения о нестационарности её границ. Ответ на этот вопрос становится особенно ясным с позиций доказанного выше принципа дихотомии (противоположной направленности) процессов в различных областях Вселенной. Из этого принципа следует неизбежность возникновения в ней одновременно протекающих процессов расширения одних и сжатия других ее частей. Именно такие процессы приводят к концентрации масс в определенных участках Вселенной, образованию в них звездных скоплений, аккреции, коллапсу, рождению «сверхновых» с последующим рассеиванием вещества и его скоплению в других её частях Вселенной.

Следствием этой *дихотомии* является недопустимость рассмотрения Вселенной как однородной системы, направление эволюции которой в целом совпадает с направлением эволюции любой её части. Поэтому уравнение (2) следует переписать, учитывая переменную плотность тензора энергии-импульса $\rho_{\mu\nu} = \delta T_{\mu\nu} / \delta V$, в виде интеграла:

$$G_{\mu\nu} = 8\pi G \int \rho_{\mu\nu} dV \quad (3)$$

Отсюда следует, что в соответствии с анализом уравнения Эйнштейна, данным А.Фридманом, поведение отдельных областей Вселенной будет различным в зависимости от их плотности: в областях с высокой плотностью материи она будет сжиматься вплоть до коллапса, а в областях с малой плотностью - будет расширяться. Таким образом, нестационарность модели Вселенной Эйнштейна-Фридмана следует понимать не как расширение или сжатие её границ, а как непостоянство параметров в её внутренних областях, т.е. в полном соответствии с содержанием этого понятия. Такое понимание вовсе не противоречит бесконечности Вселенной и вполне согласуется с представлениями о «пульсирующей» Вселенной, которых придерживались еще тысячи лет назад индийские, а позже и римские философы.

Таким образом, признание нестационарности процессов во Вселенной отнюдь не означает необходимости расширения её границ. Более того, концепция «Большого взрыва» с очевидностью противоречит принципу дихотомии. Действительно, этот принцип справедлив всегда, когда соблюдаются законы сохранения, в том числе и во время расширения Вселенной. Однако в теории «Большого взрыва» процессам, противоположным «разбеганию» галактик, нет места, поскольку скорость «разбегания» галактик, согласно измерениям «красного смещения», одинакова во всех направлениях.

Вьясним теперь, в какой мере может служить основанием для вывода о неизменном расширении Вселенной факт наличия красного смещения. Характерно, что величина этого смещения оказалась одинаковой во всех направлениях, как будто Вселенная разбегалась именно от наблюдателя, в какой бы точке Вселенной он ни находился в момент измерения. Уже одно это должно было бы насторожить сторонников «разбегающихся галактик», поскольку центр «Большого взрыва» отнюдь не совпадал с нынешним местоположением измерительных приборов, а относительная скорость набегающих и удаляющихся от них галактик была явно различной. Следовало поэтому найти другое, более естественное объяснение красному смещению. Одно из них связано с неизбежной диссипацией лучистой энергии по мере ее распространения в поглощающей среде. Эта диссипация обусловлена

взаимодействием излучения с межзвездным веществом (космической пылью) и многократным переизлучением фотонов, что с необходимостью приводит к уменьшению частоты волны (её красному смещению), и притом в тем большей степени, чем длиннее путь от звезд и звездных скоплений. Особенно очевидно это с позиций квантовой теории, согласно которой энергия фотона определяется исключительно его частотой. Однако сторонники теории «Большого взрыва» отвергают такое объяснение, ссылаясь на то, что в таком случае красное смещение было бы пропорциональным частоте. Чтобы показать несостоятельность такого «контраргумента», учтем, что плотность энергии E_e , переносимой бегущей волной (акустической, гидравлической, электромагнитной и любой другой) определяется в классической физике известным выражением:

$$E_e = \rho A^2 \omega^2 / 2, \quad (4)$$

(где ρ – плотность среды распространения волны; A – амплитуда колебания; ω – его круговая частота).

Отсюда следует, что диссипация энергии волны – dE_e по мере её распространения в межзвездном пространстве равна:

$$-dE_e = -\rho A \omega dA \omega, \quad (5)$$

т.е. действительно пропорциональна частоте излучения ω . Однако при этом величина «красного смещения» – $d\omega$ от частоты не зависит.

Выясним теперь обоснованность утверждения об остывании Вселенной по мере её расширения в процессе «Большого взрыва». Поскольку такое расширение происходит в пустоту (с нулевым противодействием), внешняя работа при этом не совершается. Из термодинамики известно, что при таком расширении температура реального газа изменяется только в меру отклонения его свойств от идеального газа. Это явление, известное как эффект Джоуля-Томсона, в области температур, превышающих температуру инверсии (равную для водорода 216 К, а для гелия 223 К) приводит не к понижению, а к повышению температуры газа [3]. Во всяком случае, в начальный период «Большого взрыва», когда температура её была близка к бесконечности, она заведомо выше температуры инверсии. Таким образом, объяснение охлаждения Вселенной ссылкой на термодинамику несостоятельно. Кроме того, состояние вещества Вселенной в точке бифуркации вообще нельзя считать газообразным. Оно, скорее всего, твердое. А для твердых тел, как известно из механики, при разлете его частей их температура вообще не изменяется. Следовательно, гипотеза Толмена ни на чем не основана.

Рассмотрим теперь обоснованность самой исходной идеи об односторонней направленности процессов во Вселенной. Наличие такой «стрелы времени» вытекает из принципа возрастания энтропии, установленного Р. Клаузиусом в рамках равновесной термодинамики и затем распространенного им на всю Вселенную. Между тем, оставаясь в рамках равновесной термодинамики пространственно однородных систем, доказать принцип возрастания энтропии невозможно. Чтобы убедиться в этом, рассмотрим достаточно общий случай системы, внутренняя энергия которой U является функцией её энтропии S , массы M , заряда Z , импульса \mathbf{P} и его момента \mathbf{M} , т.е. $U = U(S, M, Z, \mathbf{P}, \mathbf{M})$. Этого достаточно, чтобы записать энтропию такой системы в виде обратной функции энергии системы U и остальных независимых аргументов:

$$S = S(U, M, Z, \mathbf{P}, \mathbf{M}). \quad (6)$$

Поскольку в изолированной системе типа Вселенной все аргументы этой функции неизменны ($U, M, Z, \mathbf{P}, \mathbf{M} = \text{const}$), то неизменна и энтропия такой системы. Таким образом, сколь изошренными и пространственными ни были бы рассуждения в обоснование принципа возрастания энтропии, доказать его невозможно

до тех пор, пока среди аргументов рассматриваемой функции (6) не появятся параметры неравновесности, «самопроизвольно» (без вмешательства извне) изменяющиеся в изолированных системах. В подтверждение справедливости такого вывода приведем высказывание одного из видных термодинамиков, К. Путилова, давшего обстоятельный анализ выражающих этот принцип неравенств для энтропии: «неравенства для энтропии давно и безоговорочно признаны не потому, что они были строго доказаны в рамках макроскопической физики, а потому, что к ним, как неизбежному выводу, привело статистическое толкование 2-го начала термодинамики» [4].

Неприменимость энтропии к анализу эволюции Вселенной обусловлена также ее неспособностью отразить дихотомию протекающих в ней процессов: удаление от равновесия одних её частей по мере приближения к равновесию других. Этой цели служат введенные нами экстенсивные параметры пространственной неоднородности неравновесных систем – моменты распределения по системе масс, зарядов, импульсов и т.п. \mathbf{Z}_i , сопряженные с градиентами или перепадами температур, давлений, химических, электрических, гравитационных и т.п. потенциалов (термодинамическими силами) \mathbf{X}_i так же, как температура T – с энтропией S , давление p – с объемом V , химический потенциал μ_k – с количеством вещества M_k [1]. Это позволило выделить в составе внутренней энергии неравновесной системы её упорядоченную (неравновесную, превратимую) часть – инергию системы $E = \sum_i \mathbf{X}_i \cdot \mathbf{Z}_i$. Она обобщает понятие свободной энергии Гиббса и Гельмгольца на пространственно неоднородные среды, позволяя отразить не только приближение какой-либо i -й части Вселенной к равновесию

$$dE_i = -\mathbf{X}_i \cdot d\mathbf{Z}_i < 0, \quad (7)$$

но и удаление от него:

$$dE_i = -\mathbf{X}_i \cdot d\mathbf{Z}_i > 0. \quad (8)$$

Наличие таких критериев сразу обнаруживает существование в природе тенденции к упорядочиванию состояния. Во Вселенной такого рода антидиссипативные процессы связаны, в частности, с перераспределением масс по её объему (в том числе с процессами аккреции), которые приводят к коллапсу соответствующих космических объектов, возникновению в них термоядерных реакций, повышению их температуры, вспышке сверхновой, её взрыву, разбросу звездного вещества и к последующему повторению того же «цикла» в других областях Вселенной. Вследствие этих процессов Вселенная развивается, минуя состояние равновесия.

Обсуждение результатов

Рассмотрим с изложенных позиций ряд «трудных» вопросов, которые поставила перед астрономами теоретическая физика и наблюдательная астрономия.

1. В 1744 году швейцарский астроном Ж.Ф. Шезо, усомнившись в правильности представления о бесконечной Вселенной, поставил вопрос: если количество звезд во Вселенной бесконечно, то почему все небо не сверкает, как поверхность единой звезды? В настоящее время этот «парадокс темного неба» служит аргументом в пользу конечности Вселенной. Между тем, как следует из выражения (5), плотность волновой формы энергии, как и потока излучения, пропорциональна плотности ρ излучающей среды (межзвездного вещества), в которой распространяются электромагнитные колебания. Ввиду низкой плотности этой среды столь же низкую интенсивность имеет и интенсивность излучения.

2. В 1850...1860 годах немецкий физик Р. Клаузиус ввел в термодинамику понятие энтропии S . Первоначальной его целью было найти координату процесса

обратимого теплообмена, т.е. величину, с необходимостью изменяющуюся в этом процессе и остающуюся неизменной в его отсутствие. Однако вскоре он обнаружил, что в отличие от других экстенсивных параметров состояния (E , M , Z , I , L) энтропия в изолированных системах самопроизвольно возрастает в случае протекания в системе необратимых (диссипативных) процессов. Его утверждение «энтропия Вселенной возрастает» равноценно признанию неизбежности приближения её к состоянию теплового равновесия. Это положение также легло в основание теории «Большого взрыва». Его теоретическая несостоятельность показана выше. Однако имеются и данные наблюдательной астрономии: за предполагаемые 15...20 млрд лет существования Вселенной тепловое равновесие в ней так и не наступило. Заработавший в 1994 году телескоп «Кек» (самый большой оптический прибор в мире) обнаружил в ней объекты (газовые облака) с температурой $7,4 \pm 0,8$ К, в то время как температура в недрах звезд достигает миллионов градусов (достаточных для протекания термоядерных реакций). Это означает, что Вселенная вовсе не стремится к состоянию теплового равновесия, а тепловую форму движения нельзя считать конечным результатом процессов взаимопревращения энергии в ней.

3. В 1895 г. немецкий астроном Х. Зелигер пришел к выводу, что представление о бесконечном пространстве Вселенной, заполненном веществом при конечной его плотности, несовместимо с законом тяготения Ньютона. Если каждые две частицы по закону Ньютона взаимно притягиваются, то сила тяготения, действующая на любое тело, была бы бесконечно большой, и под ее воздействием тела получили бы бесконечно большое ускорение. Поэтому А.Эйнштейн в своей ОТО предположил, что наряду с силами гравитации может существовать еще не открытая сила, функционирующая везде во Вселенной. Эта сила антигравитации должна была действовать таким образом, чтобы массивные тела отталкивались друг от друга с интенсивностью, возрастающей по мере удаления двух тел друг от друга. Она должна была совершенно аннулировать эффект притяжения и, таким образом, позволять Вселенной оставаться в динамическом равновесии. С этой целью он ввел в левую часть (2) член вида $\Lambda g_{\mu\nu}$ (где Λ - космологическая постоянная, $g_{\mu\nu}$ - метрический тензор). Этот «космологический член» был взят им «с потолка» и понимался как некоторое свойство кривизны самого пространства. Однако сама эта модель тел, активно взаимодействующих друг с другом в разных концах космоса и совершенно неактивных, когда они рядом, выглядела настолько странной с точки зрения физики, что известный астрофизик С. Хокинг назвал эту предполагаемую силу «отталкивающей» во всех смыслах этого слова». Характерно, что и сам А.Эйнштейн в 1931 году отказался от этого космологического члена как от «теоретически неудовлетворительного». Между тем согласно энергодинамике [1], гравитационное поле порождается неравномерным распределением масс, а не ими самими. В замкнутой бесконечной системе с однородной плотностью результирующая сил притяжения равна нулю, так что для неё необходимость введения космологического члена отпадает сама собой. Примечательно, что еще сам И.Ньютон дал изящное доказательство отсутствия результирующей сил притяжения в любой внутренней точке однородной массивной сферы, основанное на равенстве и противоположной направленности любой пары сил.

4. В 1920-х годах Д. Джинс предположил, что во Вселенной, не имеющей ни начала, ни конца, должно существовать неизменное во времени и единое для всех ее областей соотношение между количеством вновь созданных, молодых, средних, старых и угасших звезд (галактик). Однако по данным Д. Гамильтона все галактики были сформированы примерно в одно и то же время. Если судить о возрасте по величине того же красного смещения, то наблюдается преобладание «молодых» звезд с возрастом до примерно шестнадцати миллиардов лет (что значительно меньше среднего возраста жизни звезды - более восьмидесяти миллиардов лет). При этом очень мало вновь образованных галактик. Что же касается старых и угасших галактик, то астрофизики их вообще не находят. Отсюда также делается вывод в пользу расширяющейся Вселенной. Однако заключение о возрасте галак-

тик делается на основе того же красного смещения, которое как мы показали, зависит только от их расстояния до наблюдателя. Между тем упомянутая неоднородность свидетельствует скорее о неравномерности эволюции в различных областях Вселенной, т.е. подтверждает её дихотомию. Так, недавно группа астрономов под руководством А. Дресслера обнаружила, что в скоплении галактик, находящемся от нас на расстоянии в четыре миллиарда световых лет, отношение молодых галактик (спиральных) к старым галактикам (эллиптическим) примерно в шесть раз выше, чем в нашем скоплении галактик. Далее, следует учесть, что астрофизики наблюдают преимущественно те звезды и галактики, которые с позиций внутренне нестационарной бесконечной Вселенной находятся на стадии светимости, и совсем не наблюдают старые, угасшие звезды (галактики). Ведь если бы светимость зависела не от стадии эволюции конкретной звезды или галактики, а от возраста однородной и изотропной Вселенной, то все галактики, считающиеся сейчас приблизительно «равновозрастными», располагались бы примерно на одном и том же удалении от нас, в то время как «молодые» звезды и галактики - на другом, более близком к нам и тоже примерно одинаковом расстоянии. Поскольку этого не наблюдается, упомянутое распределение их является еще одним свидетельством ошибочности определения возраста Вселенной. Кстати, одним из важнейших астрономических открытий прошлого столетия как раз и является обнаружение Х. Арпа в 1960-х годах того, что квазары являются местными и сегодняшними объектами, а не космогоническим прошлым Вселенной, существовавшим, судя по их высокому красному смещению, многие миллиарды лет назад.

5. В 1948 году группа астрофизиков Г. Гамова пришла к выводу, что только теория «Большого Взрыва» может объяснить наблюдаемое разнообразие элементов: если бы Вселенная расширялась очень медленно, произошло бы слишком интенсивное слияние нуклонов (протонов и нейтронов) в ядра тяжелых металлов, в результате оказалось бы недостаточно легких элементов, являющихся основой жизни (наблюдаемая нами вселенная состоит из 73% водорода, 24% гелия и 3% более тяжелых элементов). С другой стороны, если бы расширение шло быстрее, слияние ядер привело бы к слишком интенсивному образованию легких элементов, что, в свою очередь, ограничило бы количество тяжелых элементов, также необходимых для жизни. Между тем именно концепция бесконечной во времени и пространстве Вселенной с протекающими в ней нестационарными процессами дает больше шансов получить такое многообразие и осуществить переход в ряде её областей от простейших химических элементов до разумных существ.

6. К 1964 году А. Пензиас и Р. Вильсон сконструировали прибор, который успешно измерил на радиоволнах температуру космического фонового излучения, которая не превысила 3К. С того времени эта температура была измерена с более высокой точностью и на значительно большем числе радиоволн. В частности, в проекте COBE, где интенсивность излучения измерялась дифференциальным микроволновым радиометром, она оказалась равной 2.726 К. При этом не было обнаружено температурных отклонений в каком-либо направлении, превышающих сотую долю процента. Некоторое время спустя эти данные были подтверждены с помощью радиометров, производивших измерения на трех разных волнах, более длинных, чем в эксперименте COBE, а также на радиометрах, установленных на аэростатах (размер угла, под которым производятся измерения) равнялось 5,5R. В 2000 г. были проведены достаточно точные измерения угловых размеров вариаций реликтового излучения по небосводу, при которых угловое разрешение было доведено до 1R. Эти измерения показали, что в фоновом излучении существуют флуктуации, оцениваемые величиной всего 10^{-3} %. Эти данные также были истолкованы в пользу «Большого взрыва». Между тем согласно термодинамике именно нестатичность (конечная скорость) реальных процессов является причиной нарушения неравновесности системы и необратимости протекающих в ней процессов. Поэтому при столь быстром расширении мы вправе ожидать и более существенной анизотропии температуры межзвездного вещества. Поэтому эти данные соответствуют скорее о бесконечном времени релаксации излучения.

7. С 1965 года, когда модель пульсирующей Вселенной была впервые оценена как серьезная теория, многие астрономы пустились в поиски того количества массы, которое могло бы остановить и повернуть вспять расширение Вселенной. Было выдвинуто предположение о существовании «тёмной материи» с размерами от элементарных частиц до массивных черных дыр, которая не испускает свет и не собирается в «сгустки», но обладает гравитационным притяжением. Однако и с учетом экзотической «тёмной материи» все современные оценки плотности массы Вселенной колеблются между одной или тремя десятичными необходимыми «критической» массы Вселенной. Поэтому в настоящее время потребность во введении космологического члена возникла уже не в рамках теории относительности, а из квантовой механики. Новая концепция космологического члена уже отлична от предложенной А.Эйнштейном. Теперь этот член предполагает существование новой загадочной формы «тёмной энергии», которая остается постоянной даже при расширении Вселенной с тем, чтобы итоговая гравитация оказывалась силой отталкивания, а не притяжения. В противовес этому, в модели бесконечной во времени и пространстве Вселенной такой проблемы не существует, и необходимость в экзотической «тёмной материи» и еще более экзотической «тёмной энергии» попросту исчезает.

8. Теория относительности требует, чтобы в качестве источников гравитации рассматривались все формы энергии, включая энергию пустоты. В конце 1960-х годов советский физик Я. Зельдович предпринял первые попытки оценить плотность энергии вакуума. С тех пор теоретики бьются над вопросом, почему их расчеты дают абсурдно большие значения энергии, которые на 55-120 порядков превышают энергию всей материи и излучения в наблюдаемой области Вселенной. В связи с этим многие исследователи полагают, что подавляющую часть энергии, если не всю ее, должен аннулировать какой-то неизвестный ныне механизм. В противоположность этому другие теоретики, придерживаясь определения физического вакуума как состояния с наименьшей энергией, считают, что самым правдоподобным значением плотности энергии вакуума должен быть ноль. Это же следует и из энергодинамики (пустота, даже квантовая, не должна ни на что влиять). В таком случае физический вакуум не может быть источником «тёмной энергии», и концепция расширяющейся Вселенной оказывается в тупике.

9. Основываясь на общей теории относительности, астрофизики считают, что потеря кривизны по мере расширения Вселенной каким-то образом трансформируется в материю, в результате чего якобы возникает «огромная энтропия». И поскольку рост энтропии столь велик, процесс невозможно повернуть вспять - материя не может вновь превратиться в «искривленное пространство». Теоретизируя относительно состояния Вселенной спустя 10^{-43} секунды после «Большого взрыва», астрофизики в то же время отказываются считать «вечностью» десятки миллиардов лет её существования. Отрицается и возможность циклических изменений состояния Вселенной в целом. Между тем в соответствии с принципом дихотомии речь должна идти не о Вселенной в целом, а о непериодических изменениях состояния отдельных её областей, что и составляет сущность эволюционных процессов во Вселенной.

10. В 1998 г. две исследовательские группы астрофизиков на основании данных о величине красного смещения пришли к выводу, что в последние 5 млрд. лет расширение Вселенной не замедлялось, а ускорялось. Это побудило астрофизиков к выдвиганию самых невероятных гипотез о природе неизвестных доселе сил и источников энергии, вызывающих такое ускорение. Между тем достаточно отказаться от ошибочной трактовки красного смещения как следствия разбегания галактик, чтобы объяснить возрастание красного смещения просто усилением поглощения фонового излучения в наблюдаемой части Вселенной вследствие постоянно протекающих в ней процессов перераспределения масс галактик и плотности межзвездного вещества.

11. Подлинное смятение в мировые научные круги внесли новейшие данные, полученные с американского комического зонда WMAP. Предназначенный для замеров температуры радиационного излучения разных частей галактик, он

обнаружил наличие на космических просторах странной линии, которая насквозь пронизывает Вселенную и формирует ее пространственную модель. Ученые уже назвали эту линию "осью зла", поскольку она ставит под сомнение все современные представления о зарождении Вселенной и ее развитии. Согласно ОТО, «развертывание пространства и времени» после первоначального «Большого взрыва» происходило хаотично, а сама Вселенная в целом однородна и имеет тенденцию к расширению на всем протяжении своих границ. Однако данные зонда опровергают эти постулаты: замеры температуры фоновой радиации свидетельствуют не о хаосе в распределении различных зон Вселенной, а об определенной её структуре. При этом существует некоторая ось симметрии, относительно которой происходит ориентация этой структуры.

Таким образом, попытки различных теорий представить Вселенную конечной во времени и пространстве, навязав ей при этом тот или иной сценарий поведения, беспочвенны. Такие теории лишь запутывают ситуацию, порождая гораздо больше вопросов, чем дают ответов.

Литература

1. *Эткин В.А.* Энергодинамика (синтез теорий переноса и преобразования энергии). С-П.: «Наука», 2008, 409 с.
2. *Арп Х.* Слабые квазары дают неопровержимые доказательства нескоростной природы красного смещения (<http://bourabai.kz/arp/index.htm#abstracts>)
3. *Базаров И.П.* Термодинамика. Изд. 4-е. М.: Высшая школа, 1991, 447 с.
4. *Путилов К.А.* Термодинамика. М.: Наука, 1971, 376 с.

УДК 531.1: 532.5:534: 536: 536.2: 536.75: 538.3: 541.1: 621.1

ББК 22.3

Э89

Эткин. В. А. Энергодинамика (синтез теорий переноса и преобразования энергии). – СПб.: Наука, 2008. – 409 с.
ISBN 978-5-02-025318-6

В монографии предложен системный подход к интеграции наук на основе единой термодинамической (безгипотезной) теории скорости процессов переноса и преобразования любых форм энергии независимо от их принадлежности к той или иной области знания. Теория, названная для краткости энергодинамикой, базируется на введении дополнительных параметров пространственной неоднородности, позволяющих перейти к изучению части через целое и рассматривать объекты с любым конечным числом степеней свободы вплоть до изолированных систем. Обобщая классический термодинамический метод характеристических функций на пространственно неоднородные и локально неравновесные системы, она позволяет осуществить синтез равновесной и неравновесной термодинамики, классической и квантовой механики, теории теплообмена и массообмена, гидродинамики и электродинамики. При этом важнейшие принципы, законы и уравнения этих дисциплин получены дедуктивным путем как логические и математические следствия энергодинамики. Значительное внимание уделено в книге устранению ряда парадоксов термодинамики, обусловленных ее необоснованной экстраполяцией, и анализу нетривиальных результатов, полученных практически в каждой области приложения энергодинамики.

Книга ориентирована на широкий круг читателей, интересующихся базовыми концепциями современного естествознания, явлениями на стыках наук, проблемами эволюции и альтернативной энергетикой. Она может быть полезной также и для специалистов, заинтересованных в поиске путей преодоления современного кризиса теоретической физики, укреплении концептуальной базы естествознания, в междисциплинарной подготовке студентов и интеграции знаний.

Издание осуществлено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. За создание этой монографии Европейская академия естественных наук наградила её автора памятной медалью Лейбница. С содержанием книги "Энергодинамика" и отзывами на неё можно ознакомиться на сайте автора (http://zhurnal.lib.ru/e/etkin_w_a).

ОТ АВТОРА

Современные тенденции развития естествознания в целом достаточно наглядно демонстрируют то, что можно назвать «гносеологической инверсией»: стало более предпочтительным, по образному выражению Р. Фейнмана, «угадывать уравнения, не обращая внимания на физические модели или физическое объяснение» того или иного явления. Ученые перестали тяготиться тем, что их теории не проясняют реальности, они уже не ставят задачей понимание причинно-следственных связей в проявлениях тех или иных законов. Объяснение явлений перестало быть основной функцией науки. В этих условиях появляются, как грибы после дождя, эффектные «теории», обещающие возможность двигаться вспять во времени, преодолевать световой барьер скорости, извлекать энергию из «пустоты» или использовать всю энергию покоя тела, мгновенно перемещаться в пространстве, переходить в «параллельные миры» и т.п. Такие «теории всего и вся» будоражат воображение и богаты на сенсации, однако от них бессмысленно ждать отдачи, поскольку объекты их фантазии находятся далеко за пределами современных возможностей их обнаружения и изучения.

Другая негативная тенденция заключается в стремлении избежать любыми путями пересмотра основ научных дисциплин, поскольку это лишает исследователя столь желанной опоры. Отсюда – попытки уложить новые опытные факты в «прокрустово ложе» старой понятийной системы с помощью всевозможных гипотез и постулатов, и крайне болезненное восприятие узкими специалистами любых (в том числе конструктивных) попыток изменить что-либо в самом фундаменте теорий. Поэтому на такие попытки решаются, как правило, лишь немногие из исследователей, которым, как говорят, «терять больше нечего». Автор этих строк принадлежит к их числу. На протяжении нескольких десятков лет он доказывает необходимость и полезность отказа от ряда устоявшихся заблуждений, приведших к утрате термодинамикой ее былой славы логически безупречной и математически наиболее строгой теории макрофизических процессов. В ряде книг «Термодинамика неравновесных процессов...» (1991), «Основы энегергодинамики» (1992), «Термокинетика» (1999) автор на конкретных примерах пытался исправить создавшееся положение. Этой цели посвящена и настоящая монография, содержащая материалы исследований последних лет.

Автор далек от мысли, что предложенное «безгипотезное» построение энегергодинамики и целый ряд нетривиальных ее следствий будут с воодушевлением приняты сторонниками устоявшихся концепций. Поэтому книга ориентирована на непредвзятого читателя, способного к восприятию новых идей и стремящегося не только к расширению, углублению и систематизации накопленных знаний, но и к критическому их осмыслению. Все замечания и предложения таких читателей автор примет с благодарностью.

*Светлой памяти
Александра Адольфовича Гухмана
– «некоронованного короля термодинамики» –
посвящается*

ВВЕДЕНИЕ

Неизбежна критика классических теорий, однако это отнюдь не означает принижения великолепных достижений мастеров науки, чья интуиция вывела нас на правильный путь – нужно только отвести в сторону мусор, который не отваживалась удалить наша чересчур почитительная традиционность.

Макс Борн

Для решения проблем, возникающих на стыках фундаментальных наук, необходима теория, позволяющая единым образом описать физические, химические, биологические, астрофизические и тому подобные свойства и формы движения материального мира. Самые большие научные достижения прошлого были шагами к этой цели. К ним можно отнести объединение земной и небесной механики И. Ньютоном в XVII в., оптики с теорией электричества и магнетизма Д. К. Максвеллом в XIX в, химии и атомной физики в квантовой механике 20 столетия. Значительным шагом на этом пути стало создание теории элементарных частиц и сил, известной как Стандартная Модель, и объединение электромагнетизма со слабыми взаимодействиями.

Однако попытки создания единой теории всех взаимодействий сопровождается нарастанием негативных тенденций в развитии фундаментальных наук. В этих условиях представляется целесообразным обратиться к термодинамике, о которой А.Эйнштейн отозвался как о «единственной физической теории общего содержания, относительно которой я убежден, что в рамках применимости ее основных понятий она никогда не будет опровергнута (к особому сведению принципиальных скептиков)». Главным достоинством термодинамики всегда было получение огромного множества следствий, относящихся к различным явлениям, на основе небольшого числа первичных принципов (начал), отсутствие необходимости в модельных представлениях о микроструктуре вещества и молекулярном механизме явлений, и, наконец, непреложная справедливость ее следствий. За эти свойства классическую термодинамику издавна называют «королевой наук». Как справедливо отмечал М. Планк, «это замечательная научная система, детали которой ни по красоте, ни по блестящей законченности не уступают всей системе в целом». Мощь термодинамического (феноменологического в своей основе) метода общеизвестна. В XX столетии это еще раз проявилось при создании термохимии (В. Нернст, 1929 и др.), биофизики (Паттон А., 1964 и др.), феноменологической теории сверхтекучести (Л. Ландау, 1941), сверхпроводимости (Л. Ландау, В. Гинзбург, 1950) и теории необратимых процессов (Л. Онсагер, 1933, И. Пригожин, 1960 и др.). Как подчеркнул в своей нобелевской лекции И. Пригожин (1978), термодинамические концепции призваны сыграть все возрастающую роль в современном естествознании.

Настоящая книга ставит своей целью обобщение термодинамики и создание на ее основе *энергодинамики*¹ – фундаментальной дисциплины, изучающей общие закономерности *реальных* (протекающих с конечной скоростью) процессов переноса и преобразования *любых форм энергии* независимо от их принадлежности к той или иной области знания. Эта теория призвана «перекинуть мостик» между отдельными естественнонаучными дисциплинами и дать дедуктивное обоснование их основных принципов и законов как следствий единой теории в ее приложении к системам, обладающим тем или иным набором степеней свободы. В таком случае энергодинамика «вырождается» по мере исчезновения некоторых степеней свободы в электродинамику и механику сплошных сред, биохимию и биофизику, гидроаэродинамику и теорию теплообмена, классическую термодинамику и механику твердого тела и, в конечном счете, в кинематику точки. Такое (дедуктивное) построение фундаментальных дисциплин приводит, как будет показано далее, к целому ряду нетривиальных следствий практически в каждой области приложения энергодинамики.

Известно, что теоретическая физика как фундамент современного естествознания может быть построена из условия однородности и изотропности времени и пространства (Л. Ландау, Е. Лившиц, 1940...2004). Однако сами эти условия вытекают из принципа наименьшего действия (Е. Noether, 1918), который также нуждается в обосновании. Поэтому при построении безгипотезной дисциплины, каковой по замыслу является энергодинамика, такой подход не может быть положен в основу. В соответствии с этим мы будем базироваться исключительно на тех положениях, которые не требуют дополнительной экспериментальной проверки.

Предлагаемая читателю книга состоит из нескольких частей. В первой части «Безгипотезное построение теории» (главы 1 и 2) раскрываются особенности энергодинамики как последовательно феноменологической (т.е. опирающейся исключительно на опыт) и дедуктивной (т.е. придерживающейся системного подхода) научной дисциплины, изучающей разнообразные физико – химические, биофизические, космологические и т.п. явления путем сведения их к процессам переноса и преобразования различных форм энергии. В этом разделе дается обоснование целесообразности построения энергодинамики на максимально общей понятийной и концептуальной основе, которой не чужды идеи переноса и необратимости, а также понятия скорости и производительности реальных процессов. При этом обосновывается необходимость расширения пространства переменных для адекватного описания свойств континуальных сред термодинамическими методами, и предлагается простой способ перехода от описания поведения каждого элемента континуума к параметрам системы в целом. Он связан с введением специфических параметров неоднородности систем в целом, определяемых на основе полей термостатических переменных.

Важнейшей особенностью предлагаемого подхода к построению энергодинамики является исключение из ее оснований каких-либо гипотез или постулатов и отказ от идеализации процессов и систем вне рамок их условий однозначности. Такой подход позволил вернуть энергии ее простой и ясный изначальный смысл способности системы к совершению работы. Последующее деление энергии на упорядоченную и неупорядоченную части и введение характеристических функций, выражающихся различными группами параметров неравновесных систем, дает не только количественную, но и качественную характеристику упорядоченности и превратимости различных форм энергии. Обобщение термодинамического метода потенциалов позволило развить математический аппарат энергодинамики, в равной мере пригодный к исследованию реальных процессов с любой степенью необратимости. Особенностью этого аппарата является то, что он привлекает конкретные данные о свойствах исследуемых систем только на

¹ Термин «энергодинамика», предложенный А. Вейником, подчеркивает, что речь в ней идет не только о тепловой форме движения.

заключительной стадии их исследования, и только в качестве своего рода условий однозначности. Это позволяет сохранить основное достоинство термодинамического метода – непреложную справедливость его следствий в пределах применимости указанных условий однозначности. Последующее применение этого метода к различным научным дисциплинам подтверждает уникальность и эвристическую ценность такого подхода.

Во второй части «Фундаментальные дисциплины как следствие энергодинамики (главы 3...8) дается дедуктивное обоснование важнейших принципов, законов и уравнений ряда фундаментальных дисциплин (классической и квантовой механики, равновесной и неравновесной термодинамики, теории тепло-и массообмена, гидро-и аэродинамики, электростатики и электродинамики) как следствий энергодинамики. При этом значительное внимание уделяется анализу тех допущений, которые были изначально заложены в их основание, и выводу их основных уравнений в их отсутствие. Следствием такого (дедуктивного) подхода к построению этих дисциплин явилась возможность получения их важнейших результатов кратчайшим путем, свободным от исторических наслоений, гипотез, постулатов, модельных представлений и соображений молекулярно – кинетического или статистико – механического характера. В механике такими результатами стало обоснование принципа наименьшего принуждения, вывод всех законов Ньютона (включая его закон тяготения) и дальнейшее обобщение всех ее принципов. В квантовой механике таким путем удалось получить важнейшие положения теории на детерминистской основе. В термодинамике это выразилось в обобщении принципа исключенного вечного двигателя на нетепловые и нециклические машины, в нахождении точных аналитических выражений теплоты и работы в неравновесных системах и расширении границ применимости классического термодинамического метода потенциалов. В неравновесной термодинамике такой подход выявил несостоятельность многих положений существующей «квазитермодинамической» теории необратимых процессов и дать последовательно термодинамическое (не опирающееся на гипотезы, постулаты и соображения статистико–механического характера) обоснование всех ее положений, расширить эту теорию на нелинейные системы и состояния, далекие от равновесия, и распространить ее на процессы полезного преобразования энергии в тепловых и нетепловых машинах. В электростатике и электродинамике такой подход позволил дать термодинамический вывод уравнений Максвелла, дополнив их конвективными составляющими токов смещения, обосновать и обобщить законы Кулона и Ома, уточнить закон запаздывания потенциала и дать раздельное описание потоков энергии электрического и магнитного поля.

Однако наиболее ценным результатом этого раздела следует считать возможность методологически единого изложения всех упомянутых дисциплин как следствий энергодинамики, что является весомым вкладом в формирование концептуальных основ современного естествознания.

В третьей части монографии «Негативные последствия экстраполяции термодинамики» (главы 9...13) обнажаются противоречия, возникшие в термодинамике вследствие необоснованной ее экстраполяции за пределы справедливости их базовых концепций. К ним относятся, в частности, вывод о неизбежном «скачке» энтропии при смешении невзаимодействующих и сколь угодно мало различимых газов (парадокс Гиббса); возникновение термодинамических неравенств при переходе к необратимым процессам; вывод о нарушении принципа исключенного вечного двигателя 2-го рода в открытых, спиновых, релятивистских и т.п. системах; расширение запрета на использование тепла окружающей среды на процессы преобразования энергии в открытых системах; заключение о диссипативном характере любых самопроизвольных процессов; теория «тепловой смерти Вселенной», применение релятивистских преобразований к абсолютным величинам, введение отрицательной абсолютной температуры, подмена термодинамической энтропии статистико-информационной, отрицание преэминентности кван-

товой механики по отношению к классической, признание исключительности законов преобразования теплоты, попытки применения теории необратимых процессов к обратимым биологическим процессам и т.д. Здесь показывается, что подобные выводы являются в действительности паралогизмами – ошибочными заключениями, выглядящими правдоподобными в отсутствие экспериментальной проверки полученных выводов. При этом в каждом случае вскрываются истоки возникших трудностей и указывается способ их преодоления с позиций энергодинамики. Такой подход позволяет возвратить термодинамике утраченный ею статус теории, следствия которой имеют характер непреложных истин.

В последней, четвертой части книги «Нетривиальные следствия энергодинамики» (главы 14...22) излагаются новые результаты, полученные в ряде фундаментальных дисциплин благодаря расширению возможностей термодинамического метода. Среди них – теория подобия процессов энергопревращения, обобщающая теорию тепловых машин на нетепловые и нециклические двигатели (в том числе мускульные движители биоорганизмов); теория производительности технических систем, объединяющая термодинамику с «термозкономикой» и «термодинамикой при конечном времени», теория нелинейных процессов переноса, расширяющая сферу применимости теории необратимых процессов на системы, далекие от равновесия; теория самоорганизации биологических, экологических и космологических систем, обнаруживающая существование в них самопроизвольных антидиссипативных процессов, и, наконец, теория «альтернаторов», т.е. нетепловых двигателей, использующих полевые формы энергии и расширяющих перспективы создания «бестоливной» энергетики.

В физической химии таким путем удалось вскрыть векторную природу обратимых химических реакций, объясняющую их сопряжение с процессами метаболизма и вскрыть природу периодического изменения свойств элементов. В неравновесной термодинамике такими результатами стало обобщение существующей теории необратимых процессов переноса на состояния вдали от равновесия некоторые классы нелинейных систем. В механике новыми результатами стало обоснование принципа наименьшего принуждения, теоретический вывод закона тяготения Ньютона и дальнейшее обобщение всех трех принципов созданной им механики. В квантовой механике таким путем удалось получить важнейшие положения теории на детерминистской основе, дополнив их расчетом электронных орбит. В электростатике и электродинамике такой подход позволил обобщить законы Кулона и Ома и вывести уравнения Максвелла, дополнив их конвективными составляющими токов смещения.

В заключение автор считает своим долгом почтить светлую память заслуженных деятелей науки и техники РФ, д-ра физ.-мат. наук А. А. Гухмана и д-ра техн. наук А. И. Андрющенко, привившим в своем ученике любовь к термодинамике и стремление совершенствовать ее.

Энергодинамика и эволюция Вселенной

Д.т.н., проф. В.Эткин

Показано, что системный подход, основной особенностью которого является изучение части через целое при сохранении всех присущих этому целому связей, приводит к неизбежному выводу о противоположной направленности эволюции отдельных частей Вселенной, что противоречит теории «Большого взрыва». Вскрывается ряд других противоречий этой теории, и делается вывод о том, что эволюция любой части бесконечной во времени и пространстве Вселенной носит характер неперiodических колебаний, позволяющих ей развиваться вечно, минуя состояние равновесия.

It is shown, that the system approach which basic feature is part studying through whole, leads to an inevitable conclusion about an opposite orientation of evolution of separate parts of the closed Universe at any moment, that contradicts the «Big bang» theory. A number of other contradictions of this theory is detected, and the conclusion that evolution of any part infinite in time and space Universe has character of the acyclic oscillations allowing it to develop, avoid a equilibrium.

Введение. Как известно, системный подход — это методология исследования, в основе которой лежит рассмотрение объекта как целостного множества элементов с присущими им взаимосвязями. Необходимость такого подхода возникает тогда, когда свойства объекта как целостной системы не являются простой суммой свойств его отдельных элементов. Это предъявляет к объекту исследования особые требования, поскольку он должен по возможности включать всю совокупность взаимодействующих (взаимно движущихся) тел или их частей. Такая система по определению замкнута, поскольку на неё не действуют внешние силы, закрыта, поскольку не обменивается веществом с окружающей средой, и изолирована, поскольку не обменивается с этой средой энергией. Именно для таких систем и были изначально установлены законы сохранения энергии E , массы M , заряда Z , импульса I и его момента L . Следовательно, наиболее общий системный подход к проблемам эволюции Вселенной возможен лишь с позиций теории, позволяющей исследовать изолированные системы. Такой теорией и является энергодинамика [1], которая благодаря введению специфических параметров пространственной неоднородности неравновесных систем позволяет исследовать внутренние релаксационные и антидиссипативные процессы, протекающие в таких системах. В связи с этим представляет интерес рассмотреть те коррективы, которые вносит энергодинамика в постановку и решение задачи об эволюции Вселенной.

Коррективы, вносимые системным подходом в решение проблемы эволюции Вселенной.

Опираясь на законы сохранения ($E, M, Z, I, L = \text{const}$), выясним особенности процессов, протекающих в изолированных системах. Рассмотрим с этой целью произвольную закрытую систему объемом V . Масса M такой системы остается неизменной во времени t , т.е. $\partial M / \partial t = 0$. Представляя массу M в виде объемного интеграла $\int \rho dV$ от плотности системы ρ , для системы в целом имеем:

$$\partial M / \partial t = \int (\partial \rho / \partial t) dV = 0. \quad (1)$$

Равенство интеграла (1) нулю может иметь место только в одном случае: когда знак производной $(\partial \rho / \partial t)$ в различных областях системы противоположен. Это означает, что если в одних областях закрытой системы происходит увеличение плотности (сжатие), то в других её областях или элементах объема наблюдается обратный процесс расширения. Аналогичный результат получим, подставляя вместо массы M энергию системы E или любой другой параметр, подчиняющийся закону сохранения или остающийся неизменным в стационарном состоянии систе-

мы как целого. Отсюда следует важнейший для естествознания принцип **дихотомии**: *процессы, протекающие в изолированных системах, вызывают противоположные изменения её свойств в различных частях таких систем.* Это означает, что учет этой дихотомии является обязательным условием для любой теории, претендующей на системный подход.

Вряд ли необходимо доказывать, сколь далеки от этого требования любые фундаментальные дисциплины, рассматривающие объект исследования как нечто однородное целое. Это относится и к модели Вселенной Эйнштейна. Полученное им в рамках общей теории относительности «уравнение гравитации», относилось ко Вселенной в целом и предполагало кривизну пространства $G_{\mu\nu}$ пропорциональной тензору энергии-импульса $T_{\mu\nu}$ с коэффициентом пропорциональности равным гравитационной постоянной G :

$$G_{\mu\nu} = 8\pi G T_{\mu\nu} . \quad (2)$$

Согласно этому соотношению, кривизна Вселенной как целого определялась плотностью материи: при высокой плотности она имела положительную кривизну (как поверхность шара), при малой – отрицательную (как поверхность седла), а при критической плотности – была пространственно плоской. При этом Эйнштейн, как и большинство ученых того времени, полагал, что Вселенная в целом стационарна. Однако, как показал в 1922 году А. Фридман, уравнение (2) в действительности не допускало стационарности: в этой модели характер эволюции Вселенной зависел от средней плотности материи. При высокой плотности Вселенная коллапсирует, а при малой – будет расширяться вечно. Пограничным случаем является Вселенная критической плотности, которая будет расширяться, но с постоянно уменьшающейся скоростью. Отсюда следовало, что «геометрия» и конечная судьба Вселенной связаны между собой. Первоначально А. Эйнштейн не согласился с таким выводом. Однако, когда в 1929 году американский астроном Э. Хаббл обнаружил «красное смещение» спектральных линий излучения галактик и истолковал его как следствие их «разбегания», Эйнштейн признал правоту Фридмана. Последующие измерения скорости разлета галактик показали, что время Хаббла («возраст Вселенной») имеет порядок всего 15...20 миллиардов лет. В связи с этим в астрофизике развернулась настоящая битва за то, чтобы защитить определенные мировоззренческие системы. Эволюционисты, верящие в то, что материя развивается без всякого вмешательства «Божественной Сущности», считали время Хаббла безнадежно коротким периодом времени, чтобы атомы могли преобразоваться в живое существо. Креационисты (сторонники «молодой» Вселенной), опираясь на вольное прочтение Библии, напротив, настаивали на том, что время её образования — всего 6...10 тысяч лет назад. Немало исследователей потратили невероятное количество энергии и сил, пытаясь примирить эти концепции.

В 1922 году Р. Толмэн, основываясь на термодинамических представлениях, предположил, что в момент «зарождения» Вселенная имела исключительно высокие температуры. К такому же выводу пришел Г. Гамов в 1946 году, выясняя температурные условия, которые необходимы для возникновения того разнообразия элементов во Вселенной, которое мы наблюдаем сегодня. Это послужило основанием концепции «Большого взрыва», которая утверждает, что вся Вселенная возникла из «сингулярности» - бесконечно малого объема, в котором заключалась вся масса будущей Вселенной, находящаяся в состоянии бесконечных (или близких к бесконечным) значений плотности, температуры и давления, в результате чрезвычайно быстрого расширения. Эта теория до сих пор остается наиболее признанной, хотя по мнению ряда астрофизиков, в том числе нобелевского лауреата Х. Алвена, являет собой «оскорбление здравого смысла» [2].

Характерно, что сторонники концепции «Большого взрыва», признавая 2-й закон термодинамики в отношении неизбежности «тепловой смерти» Вселенной (и, следовательно, существования её «начала»), в то же время обходят молчанием вопиющее противоречие с тем же 2-м законом процесса концентрации энергии

перед «Большим взрывом». Согласно этому закону, удалить какую-либо систему от состояния равновесия с окружающей средой можно, лишь затратив определенную внешнюю работу. Однако в окружающей конечную Вселенную «пустоте» необходимый для этого источник энергии заведомо отсутствует. Одного этого было достаточно, чтобы отбросить любые аргументы, послужившие основанием теории «Большого взрыва». Однако последняя живет и признается многими за «твердо установленный факт». Поэтому мы вынуждены хотя бы кратко рассмотреть те аргументы, которые послужили основанием этой теории.

Один из главных вопросов состоит в том, является ли нестационарность процессов во Вселенной основанием для утверждения о нестационарности её границ. Ответ на этот вопрос становится особенно ясным с позиций доказанного выше принципа дихотомии (противоположной направленности) процессов в различных областях Вселенной. Из этого принципа следует неизбежность возникновения в ней одновременно протекающих процессов расширения одних и сжатия других ее частей. Именно такие процессы приводят к концентрации масс в определенных участках Вселенной, образованию в них звездных скоплений, аккреции, коллапсу, рождению «сверхновых» с последующим рассеиванием вещества и его скоплению в других её частях Вселенной.

Следствием этой *дихотомии* является недопустимость рассмотрения Вселенной как однородной системы, направление эволюции которой в целом совпадает с направлением эволюции любой её части. Поэтому уравнение (2) следует переписать, учитывая переменную плотность тензора энергии-импульса $\rho_{\mu\nu} = \delta T_{\mu\nu} / \delta V$, в виде интеграла:

$$G_{\mu\nu} = 8\pi G \int \rho_{\mu\nu} dV \quad (3)$$

Отсюда следует, что в соответствии с анализом уравнения Эйнштейна, данным А.Фридманом, поведение отдельных областей Вселенной будет различным в зависимости от их плотности: в областях с высокой плотностью материи она будет сжиматься вплоть до коллапса, а в областях с малой плотностью - будет расширяться. Таким образом, нестационарность модели Вселенной Эйнштейна-Фридмана следует понимать не как расширение или сжатие её границ, а как непостоянство параметров в её внутренних областях, т.е. в полном соответствии с содержанием этого понятия. Такое понимание вовсе не противоречит бесконечности Вселенной и вполне согласуется с представлениями о «пульсирующей» Вселенной, которых придерживались еще тысячи лет назад индийские, а позже и римские философы.

Таким образом, признание нестационарности процессов во Вселенной отнюдь не означает необходимости расширения её границ. Более того, концепция «Большого взрыва» с очевидностью противоречит принципу дихотомии. Действительно, этот принцип справедлив всегда, когда соблюдаются законы сохранения, в том числе и во время расширения Вселенной. Однако в теории «Большого взрыва» процессам, противоположным «разбеганию» галактик, нет места, поскольку скорость «разбегания» галактик, согласно измерениям «красного смещения», одинакова во всех направлениях.

Вьясним теперь, в какой мере может служить основанием для вывода о неизменном расширении Вселенной факт наличия красного смещения. Характерно, что величина этого смещения оказалась одинаковой во всех направлениях, как будто Вселенная разбегалась именно от наблюдателя, в какой бы точке Вселенной он ни находился в момент измерения. Уже одно это должно было бы насторожить сторонников «разбегающихся галактик», поскольку центр «Большого взрыва» отнюдь не совпадал с нынешним местоположением измерительных приборов, а относительная скорость набегающих и удаляющихся от них галактик была явно различной. Следовало поэтому найти другое, более естественное объяснение красному смещению. Одно из них связано с неизбежной диссипацией лучистой энергии по мере ее распространения в поглощающей среде. Эта диссипация обусловлена

взаимодействием излучения с межзвездным веществом (космической пылью) и многократным переизлучением фотонов, что с необходимостью приводит к уменьшению частоты волны (её красному смещению), и притом в тем большей степени, чем длиннее путь от звезд и звездных скоплений. Особенно очевидно это с позиций квантовой теории, согласно которой энергия фотона определяется исключительно его частотой. Однако сторонники теории «Большого взрыва» отвергают такое объяснение, ссылаясь на то, что в таком случае красное смещение было бы пропорциональным частоте. Чтобы показать несостоятельность такого «контраргумента», учтем, что плотность энергии E_e , переносимой бегущей волной (акустической, гидравлической, электромагнитной и любой другой) определяется в классической физике известным выражением:

$$E_e = \rho A^2 \omega^2 / 2, \quad (4)$$

(где ρ – плотность среды распространения волны; A – амплитуда колебания; ω – его круговая частота).

Отсюда следует, что диссипация энергии волны – dE_e по мере её распространения в межзвездном пространстве равна:

$$-dE_e = -\rho A \omega dA \omega, \quad (5)$$

т.е. действительно пропорциональна частоте излучения ω . Однако при этом величина «красного смещения» – $d\omega$ от частоты не зависит.

Выясним теперь обоснованность утверждения об остывании Вселенной по мере её расширения в процессе «Большого взрыва». Поскольку такое расширение происходит в пустоту (с нулевым противодействием), внешняя работа при этом не совершается. Из термодинамики известно, что при таком расширении температура реального газа изменяется только в меру отклонения его свойств от идеального газа. Это явление, известное как эффект Джоуля-Томсона, в области температур, превышающих температуру инверсии (равную для водорода 216 К, а для гелия 223 К) приводит не к понижению, а к повышению температуры газа [3]. Во всяком случае, в начальный период «Большого взрыва», когда температура её была близка к бесконечности, она заведомо выше температуры инверсии. Таким образом, объяснение охлаждения Вселенной ссылкой на термодинамику несостоятельно. Кроме того, состояние вещества Вселенной в точке бифуркации вообще нельзя считать газообразным. Оно, скорее всего, твердое. А для твердых тел, как известно из механики, при разлете его частей их температура вообще не изменяется. Следовательно, гипотеза Толмена ни на чем не основана.

Рассмотрим теперь обоснованность самой исходной идеи об односторонней направленности процессов во Вселенной. Наличие такой «стрелы времени» вытекает из принципа возрастания энтропии, установленного Р. Клаузиусом в рамках равновесной термодинамики и затем распространенного им на всю Вселенную. Между тем, оставаясь в рамках равновесной термодинамики пространственно однородных систем, доказать принцип возрастания энтропии невозможно. Чтобы убедиться в этом, рассмотрим достаточно общий случай системы, внутренняя энергия которой U является функцией её энтропии S , массы M , заряда Z , импульса \mathbf{P} и его момента \mathbf{M} , т.е. $U = U(S, M, Z, \mathbf{P}, \mathbf{M})$. Этого достаточно, чтобы записать энтропию такой системы в виде обратной функции энергии системы U и остальных независимых аргументов:

$$S = S(U, M, Z, \mathbf{P}, \mathbf{M}). \quad (6)$$

Поскольку в изолированной системе типа Вселенной все аргументы этой функции неизменны ($U, M, Z, \mathbf{P}, \mathbf{M} = \text{const}$), то неизменна и энтропия такой системы. Таким образом, сколь изошренными и пространственными ни были бы рассуждения в обоснование принципа возрастания энтропии, доказать его невозможно

до тех пор, пока среди аргументов рассматриваемой функции (6) не появятся параметры неравновесности, «самопроизвольно» (без вмешательства извне) изменяющиеся в изолированных системах. В подтверждение справедливости такого вывода приведем высказывание одного из видных термодинамиков, К. Путилова, давшего обстоятельный анализ выражающих этот принцип неравенств для энтропии: «неравенства для энтропии давно и безоговорочно признаны не потому, что они были строго доказаны в рамках макроскопической физики, а потому, что к ним, как неизбежному выводу, привело статистическое толкование 2-го начала термодинамики» [4].

Неприменимость энтропии к анализу эволюции Вселенной обусловлена также ее неспособностью отразить дихотомию протекающих в ней процессов: удаление от равновесия одних её частей по мере приближения к равновесию других. Этой цели служат введенные нами экстенсивные параметры пространственной неоднородности неравновесных систем – моменты распределения по системе масс, зарядов, импульсов и т.п. \mathbf{Z}_i , сопряженные с градиентами или перепадами температур, давлений, химических, электрических, гравитационных и т.п. потенциалов (термодинамическими силами) \mathbf{X}_i так же, как температура T – с энтропией S , давление p – с объемом V , химический потенциал μ_k – с количеством вещества M_k [1]. Это позволило выделить в составе внутренней энергии неравновесной системы её упорядоченную (неравновесную, превратимую) часть – инергию системы $E = \sum_i \mathbf{X}_i \cdot \mathbf{Z}_i$. Она обобщает понятие свободной энергии Гиббса и Гельмгольца на пространственно неоднородные среды, позволяя отразить не только приближение какой-либо i -й части Вселенной к равновесию

$$dE_i = -\mathbf{X}_i \cdot d\mathbf{Z}_i < 0, \quad (7)$$

но и удаление от него:

$$dE_i = -\mathbf{X}_i \cdot d\mathbf{Z}_i > 0. \quad (8)$$

Наличие таких критериев сразу обнаруживает существование в природе тенденции к упорядочиванию состояния. Во Вселенной такого рода антидиссипативные процессы связаны, в частности, с перераспределением масс по её объему (в том числе с процессами аккреции), которые приводят к коллапсу соответствующих космических объектов, возникновению в них термоядерных реакций, повышению их температуры, вспышке сверхновой, её взрыву, разбросу звездного вещества и к последующему повторению того же «цикла» в других областях Вселенной. Вследствие этих процессов Вселенная развивается, минуя состояние равновесия.

Обсуждение результатов

Рассмотрим с изложенных позиций ряд «трудных» вопросов, которые поставила перед астрономами теоретическая физика и наблюдательная астрономия.

1. В 1744 году швейцарский астроном Ж.Ф. Шезо, усомнившись в правильности представления о бесконечной Вселенной, поставил вопрос: если количество звезд во Вселенной бесконечно, то почему все небо не сверкает, как поверхность единой звезды? В настоящее время этот «парадокс темного неба» служит аргументом в пользу конечности Вселенной. Между тем, как следует из выражения (5), плотность волновой формы энергии, как и потока излучения, пропорциональна плотности ρ излучающей среды (межзвездного вещества), в которой распространяются электромагнитные колебания. Ввиду низкой плотности этой среды столь же низкую интенсивность имеет и интенсивность излучения.

2. В 1850...1860 годах немецкий физик Р. Клаузиус ввел в термодинамику понятие энтропии S . Первоначальной его целью было найти координату процесса

обратимого теплообмена, т.е. величину, с необходимостью изменяющуюся в этом процессе и остающуюся неизменной в его отсутствие. Однако вскоре он обнаружил, что в отличие от других экстенсивных параметров состояния (E , M , Z , I , L) энтропия в изолированных системах самопроизвольно возрастает в случае протекания в системе необратимых (диссипативных) процессов. Его утверждение «энтропия Вселенной возрастает» равноценно признанию неизбежности приближения её к состоянию теплового равновесия. Это положение также легло в основание теории «Большого взрыва». Его теоретическая несостоятельность показана выше. Однако имеются и данные наблюдательной астрономии: за предполагаемые 15...20 млрд лет существования Вселенной тепловое равновесие в ней так и не наступило. Заработавший в 1994 году телескоп «Кек» (самый большой оптический прибор в мире) обнаружил в ней объекты (газовые облака) с температурой $7,4 \pm 0,8$ К, в то время как температура в недрах звезд достигает миллионов градусов (достаточных для протекания термоядерных реакций). Это означает, что Вселенная вовсе не стремится к состоянию теплового равновесия, а тепловую форму движения нельзя считать конечным результатом процессов взаимопревращения энергии в ней.

3. В 1895 г. немецкий астроном Х. Зелигер пришел к выводу, что представление о бесконечном пространстве Вселенной, заполненном веществом при конечной его плотности, несовместимо с законом тяготения Ньютона. Если каждые две частицы по закону Ньютона взаимно притягиваются, то сила тяготения, действующая на любое тело, была бы бесконечно большой, и под ее воздействием тела получили бы бесконечно большое ускорение. Поэтому А.Эйнштейн в своей ОТО предположил, что наряду с силами гравитации может существовать еще не открытая сила, функционирующая везде во Вселенной. Эта сила антигравитации должна была действовать таким образом, чтобы массивные тела отталкивались друг от друга с интенсивностью, возрастающей по мере удаления двух тел друг от друга. Она должна была совершенно аннулировать эффект притяжения и, таким образом, позволять Вселенной оставаться в динамическом равновесии. С этой целью он ввел в левую часть (2) член вида $\Lambda g_{\mu\nu}$ (где Λ - космологическая постоянная, $g_{\mu\nu}$ - метрический тензор). Этот «космологический член» был взят им «с потолка» и понимался как некоторое свойство кривизны самого пространства. Однако сама эта модель тел, активно взаимодействующих друг с другом в разных концах космоса и совершенно неактивных, когда они рядом, выглядела настолько странной с точки зрения физики, что известный астрофизик С. Хокинг назвал эту предполагаемую силу «отталкивающей» во всех смыслах этого слова». Характерно, что и сам А.Эйнштейн в 1931 году отказался от этого космологического члена как от «теоретически неудовлетворительного». Между тем согласно энергодинамике [1], гравитационное поле порождается неравномерным распределением масс, а не ими самими. В замкнутой бесконечной системе с однородной плотностью результирующая сил притяжения равна нулю, так что для неё необходимость введения космологического члена отпадает сама собой. Примечательно, что еще сам И.Ньютон дал изящное доказательство отсутствия результирующей сил притяжения в любой внутренней точке однородной массивной сферы, основанное на равенстве и противоположной направленности любой пары сил.

4. В 1920-х годах Д. Джинс предположил, что во Вселенной, не имеющей ни начала, ни конца, должно существовать неизменное во времени и единое для всех ее областей соотношение между количеством вновь созданных, молодых, средних, старых и угасших звезд (галактик). Однако по данным Д. Гамильтона все галактики были сформированы примерно в одно и то же время. Если судить о возрасте по величине того же красного смещения, то наблюдается преобладание «молодых» звезд с возрастом до примерно шестнадцати миллиардов лет (что значительно меньше среднего возраста жизни звезды - более восьмидесяти миллиардов лет). При этом очень мало вновь образованных галактик. Что же касается старых и угасших галактик, то астрофизики их вообще не находят. Отсюда также делается вывод в пользу расширяющейся Вселенной. Однако заключение о возрасте галак-

тик делается на основе того же красного смещения, которое как мы показали, зависит только от их расстояния до наблюдателя. Между тем упомянутая неоднородность свидетельствует скорее о неравномерности эволюции в различных областях Вселенной, т.е. подтверждает её дихотомию. Так, недавно группа астрономов под руководством А. Дресслера обнаружила, что в скоплении галактик, находящемся от нас на расстоянии в четыре миллиарда световых лет, отношение молодых галактик (спиральных) к старым галактикам (эллиптическим) примерно в шесть раз выше, чем в нашем скоплении галактик. Далее, следует учесть, что астрофизики наблюдают преимущественно те звезды и галактики, которые с позиций внутренне нестационарной бесконечной Вселенной находятся на стадии светимости, и совсем не наблюдают старые, угасшие звезды (галактики). Ведь если бы светимость зависела не от стадии эволюции конкретной звезды или галактики, а от возраста однородной и изотропной Вселенной, то все галактики, считающиеся сейчас приблизительно «равновозрастными», располагались бы примерно на одном и том же удалении от нас, в то время как «молодые» звезды и галактики - на другом, более близком к нам и тоже примерно одинаковом расстоянии. Поскольку этого не наблюдается, упомянутое распределение их является еще одним свидетельством ошибочности определения возраста Вселенной. Кстати, одним из важнейших астрономических открытий прошлого столетия как раз и является обнаружение Х. Арпа в 1960-х годах того, что квазары являются местными и сегодняшними объектами, а не космогоническим прошлым Вселенной, существовавшим, судя по их высокому красному смещению, многие миллиарды лет назад.

5. В 1948 году группа астрофизиков Г. Гамова пришла к выводу, что только теория «Большого Взрыва» может объяснить наблюдаемое разнообразие элементов: если бы Вселенная расширялась очень медленно, произошло бы слишком интенсивное слияние нуклонов (протонов и нейтронов) в ядра тяжелых металлов, в результате оказалось бы недостаточно легких элементов, являющихся основой жизни (наблюдаемая нами вселенная состоит из 73% водорода, 24% гелия и 3% более тяжелых элементов). С другой стороны, если бы расширение шло быстрее, слияние ядер привело бы к слишком интенсивному образованию легких элементов, что, в свою очередь, ограничило бы количество тяжелых элементов, также необходимых для жизни. Между тем именно концепция бесконечной во времени и пространстве Вселенной с протекающими в ней нестационарными процессами дает больше шансов получить такое многообразие и осуществить переход в ряде её областей от простейших химических элементов до разумных существ.

6. К 1964 году А. Пензиас и Р. Вильсон сконструировали прибор, который успешно измерил на радиоволнах температуру космического фонового излучения, которая не превысила 3К. С того времени эта температура была измерена с более высокой точностью и на значительно большем числе радиоволн. В частности, в проекте COBE, где интенсивность излучения измерялась дифференциальным микроволновым радиометром, она оказалась равной 2.726 К. При этом не было обнаружено температурных отклонений в каком-либо направлении, превышающих сотую долю процента. Некоторое время спустя эти данные были подтверждены с помощью радиометров, производивших измерения на трех разных волнах, более длинных, чем в эксперименте COBE, а также на радиометрах, установленных на аэростатах (размер угла, под которым производятся измерения) равнялось 5,5R. В 2000 г. были проведены достаточно точные измерения угловых размеров вариаций реликтового излучения по небосводу, при которых угловое разрешение было доведено до 1R. Эти измерения показали, что в фоновом излучении существуют флуктуации, оцениваемые величиной всего 10^{-3} %. Эти данные также были истолкованы в пользу «Большого взрыва». Между тем согласно термодинамике именно нестатичность (конечная скорость) реальных процессов является причиной нарушения неравновесности системы и необратимости протекающих в ней процессов. Поэтому при столь быстром расширении мы вправе ожидать и более существенной анизотропии температуры межзвездного вещества. Поэтому эти данные соответствуют скорее о бесконечном времени релаксации излучения.

7. С 1965 года, когда модель пульсирующей Вселенной была впервые оценена как серьезная теория, многие астрономы пустились в поиски того количества массы, которое могло бы остановить и повернуть вспять расширение Вселенной. Было выдвинуто предположение о существовании «тёмной материи» с размерами от элементарных частиц до массивных черных дыр, которая не испускает свет и не собирается в «сгустки», но обладает гравитационным притяжением. Однако и с учетом экзотической «тёмной материи» все современные оценки плотности массы Вселенной колеблются между одной или тремя десятками необходимой «критической» массы Вселенной. Поэтому в настоящее время потребность во введении космологического члена возникла уже не в рамках теории относительности, а из квантовой механики. Новая концепция космологического члена уже отлична от предложенной А.Эйнштейном. Теперь этот член предполагает существование новой загадочной формы «тёмной энергии», которая остается постоянной даже при расширении Вселенной с тем, чтобы итоговая гравитация оказывалась силой отталкивания, а не притяжения. В противовес этому, в модели бесконечной во времени и пространстве Вселенной такой проблемы не существует, и необходимость в экзотической «тёмной материи» и еще более экзотической «тёмной энергии» попросту исчезает.

8. Теория относительности требует, чтобы в качестве источников гравитации рассматривались все формы энергии, включая энергию пустоты. В конце 1960-х годов советский физик Я. Зельдович предпринял первые попытки оценить плотность энергии вакуума. С тех пор теоретики бьются над вопросом, почему их расчеты дают абсурдно большие значения энергии, которые на 55-120 порядков превышают энергию всей материи и излучения в наблюдаемой области Вселенной. В связи с этим многие исследователи полагают, что подавляющую часть энергии, если не всю ее, должен аннулировать какой-то неизвестный ныне механизм. В противоположность этому другие теоретики, придерживаясь определения физического вакуума как состояния с наименьшей энергией, считают, что самым правдоподобным значением плотности энергии вакуума должен быть ноль. Это же следует и из энергодинамики (пустота, даже квантовая, не должна ни на что влиять). В таком случае физический вакуум не может быть источником «тёмной энергии», и концепция расширяющейся Вселенной оказывается в тупике.

9. Основываясь на общей теории относительности, астрофизики считают, что потеря кривизны по мере расширения Вселенной каким-то образом трансформируется в материю, в результате чего якобы возникает «огромная энтропия». И поскольку рост энтропии столь велик, процесс невозможно повернуть вспять - материя не может вновь превратиться в «искривленное пространство». Теоретизируя относительно состояния Вселенной спустя 10^{-43} секунды после «Большого взрыва», астрофизики в то же время отказываются считать «вечностью» десятки миллиардов лет её существования. Отрицается и возможность циклических изменений состояния Вселенной в целом. Между тем в соответствии с принципом дихотомии речь должна идти не о Вселенной в целом, а о непериодических изменениях состояния отдельных её областей, что и составляет сущность эволюционных процессов во Вселенной.

10. В 1998 г. две исследовательские группы астрофизиков на основании данных о величине красного смещения пришли к выводу, что в последние 5 млрд. лет расширение Вселенной не замедлялось, а ускорялось. Это побудило астрофизиков к выдвиганию самых невероятных гипотез о природе неизвестных доселе сил и источников энергии, вызывающих такое ускорение. Между тем достаточно отказаться от ошибочной трактовки красного смещения как следствия разбегания галактик, чтобы объяснить возрастание красного смещения просто усилением поглощения фонового излучения в наблюдаемой части Вселенной вследствие постоянно протекающих в ней процессов перераспределения масс галактик и плотности межзвездного вещества.

11. Подлинное смятение в мировые научные круги внесли новейшие данные, полученные с американского комического зонда WMAP. Предназначенный для замеров температуры радиационного излучения разных частей галактик, он

обнаружил наличие на космических просторах странной линии, которая насквозь пронизывает Вселенную и формирует ее пространственную модель. Ученые уже назвали эту линию "осью зла", поскольку она ставит под сомнение все современные представления о зарождении Вселенной и ее развитии. Согласно ОТО, «развертывание пространства и времени» после первоначального «Большого взрыва» происходило хаотично, а сама Вселенная в целом однородна и имеет тенденцию к расширению на всем протяжении своих границ. Однако данные зонда опровергают эти постулаты: замеры температуры фоновой радиации свидетельствуют не о хаосе в распределении различных зон Вселенной, а об определенной её структуре. При этом существует некоторая ось симметрии, относительно которой происходит ориентация этой структуры.

Таким образом, попытки различных теорий представить Вселенную конечной во времени и пространстве, навязав ей при этом тот или иной сценарий поведения, беспочвенны. Такие теории лишь запутывают ситуацию, порождая гораздо больше вопросов, чем дают ответов.

Литература

1. *Эткин В.А.* Энергодинамика (синтез теорий переноса и преобразования энергии). С-П.: «Наука», 2008, 409 с.
2. *Арп Х.* Слабые квазары дают неопровержимые доказательства нескоростной природы красного смещения (<http://bourabai.kz/arp/index.htm#abstracts>)
3. *Базаров И.П.* Термодинамика. Изд. 4-е. М.: Высшая школа, 1991, 447 с.
4. *Путилов К.А.* Термодинамика. М.: Наука, 1971, 376 с.

УДК 531.1: 532.5:534: 536: 536.2: 536.75: 538.3: 541.1: 621.1

ББК 22.3

Э89

Эткин. В. А. Энергодинамика (синтез теорий переноса и преобразования энергии). – СПб.: Наука, 2008. – 409 с.
ISBN 978-5-02-025318-6

В монографии предложен системный подход к интеграции наук на основе единой термодинамической (безгипотезной) теории скорости процессов переноса и преобразования любых форм энергии независимо от их принадлежности к той или иной области знания. Теория, названная для краткости энергодинамикой, базируется на введении дополнительных параметров пространственной неоднородности, позволяющих перейти к изучению части через целое и рассматривать объекты с любым конечным числом степеней свободы вплоть до изолированных систем. Обобщая классический термодинамический метод характеристических функций на пространственно неоднородные и локально неравновесные системы, она позволяет осуществить синтез равновесной и неравновесной термодинамики, классической и квантовой механики, теории теплообмена и массообмена, гидродинамики и электродинамики. При этом важнейшие принципы, законы и уравнения этих дисциплин получены дедуктивным путем как логические и математические следствия энергодинамики. Значительное внимание уделено в книге устранению ряда парадоксов термодинамики, обусловленных ее необоснованной экстраполяцией, и анализу нетривиальных результатов, полученных практически в каждой области приложения энергодинамики.

Книга ориентирована на широкий круг читателей, интересующихся базовыми концепциями современного естествознания, явлениями на стыках наук, проблемами эволюции и альтернативной энергетикой. Она может быть полезной также и для специалистов, заинтересованных в поиске путей преодоления современного кризиса теоретической физики, укреплении концептуальной базы естествознания, в междисциплинарной подготовке студентов и интеграции знаний.

Издание осуществлено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. За создание этой монографии Европейская академия естественных наук наградила её автора памятной медалью Лейбница. С содержанием книги "Энергодинамика" и отзывами на неё можно ознакомиться на сайте автора (http://zhurnal.lib.ru/e/etkin_w_a).

ОТ АВТОРА

Современные тенденции развития естествознания в целом достаточно наглядно демонстрируют то, что можно назвать «гносеологической инверсией»: стало более предпочтительным, по образному выражению Р. Фейнмана, «угадывать уравнения, не обращая внимания на физические модели или физическое объяснение» того или иного явления. Ученые перестали тяготиться тем, что их теории не проясняют реальности, они уже не ставят задачей понимание причинно-следственных связей в проявлениях тех или иных законов. Объяснение явлений перестало быть основной функцией науки. В этих условиях появляются, как грибы после дождя, эффектные «теории», обещающие возможность двигаться вспять во времени, преодолеть световой барьер скорости, извлекать энергию из «пустоты» или использовать всю энергию покоя тела, мгновенно перемещаться в пространстве, переходить в «параллельные миры» и т.п. Такие «теории всего и вся» будоражат воображение и богаты на сенсации, однако от них бессмысленно ждать отдачи, поскольку объекты их фантазии находятся далеко за пределами современных возможностей их обнаружения и изучения.

Другая негативная тенденция заключается в стремлении избежать любыми путями пересмотра основ научных дисциплин, поскольку это лишает исследователя столь желанной опоры. Отсюда – попытки уложить новые опытные факты в «прокрустово ложе» старой понятийной системы с помощью всевозможных гипотез и постулатов, и крайне болезненное восприятие узкими специалистами любых (в том числе конструктивных) попыток изменить что-либо в самом фундаменте теорий. Поэтому на такие попытки решаются, как правило, лишь немногие из исследователей, которым, как говорят, «терять больше нечего». Автор этих строк принадлежит к их числу. На протяжении нескольких десятков лет он доказывает необходимость и полезность отказа от ряда устоявшихся заблуждений, приведших к утрате термодинамикой ее былой славы логически безупречной и математически наиболее строгой теории макрофизических процессов. В ряде книг «Термодинамика неравновесных процессов...» (1991), «Основы энегергодинамики» (1992), «Термокинетика» (1999) автор на конкретных примерах пытался исправить создавшееся положение. Этой цели посвящена и настоящая монография, содержащая материалы исследований последних лет.

Автор далек от мысли, что предложенное «безгипотезное» построение энегергодинамики и целый ряд нетривиальных ее следствий будут с воодушевлением приняты сторонниками устоявшихся концепций. Поэтому книга ориентирована на непредвзятого читателя, способного к восприятию новых идей и стремящегося не только к расширению, углублению и систематизации накопленных знаний, но и к критическому их осмыслению. Все замечания и предложения таких читателей автор примет с благодарностью.

Светлой памяти
Александра Адольфовича Гухмана
– «некоронованного короля термодинамики» –
посвящается

ВВЕДЕНИЕ

Неизбежна критика классических теорий, однако это отнюдь не означает принижения великолепных достижений мастеров науки, чья интуиция вывела нас на правильный путь – нужно только отвести в сторону мусор, который не отваживалась удалить наша чересчур почтительная традиционность.

Макс Борн

Для решения проблем, возникающих на стыках фундаментальных наук, необходима теория, позволяющая единым образом описать физические, химические, биологические, астрофизические и тому подобные свойства и формы движения материального мира. Самые большие научные достижения прошлого были шагами к этой цели. К ним можно отнести объединение земной и небесной механики И. Ньютоном в XVII в., оптики с теорией электричества и магнетизма Д. К. Максвеллом в XIX в, химии и атомной физики в квантовой механике 20 столетия. Значительным шагом на этом пути стало создание теории элементарных частиц и сил, известной как Стандартная Модель, и объединение электромагнетизма со слабыми взаимодействиями.

Однако попытки создания единой теории всех взаимодействий сопровождается нарастанием негативных тенденций в развитии фундаментальных наук. В этих условиях представляется целесообразным обратиться к термодинамике, о которой А.Эйнштейн отозвался как о «единственной физической теории общего содержания, относительно которой я убежден, что в рамках применимости ее основных понятий она никогда не будет опровергнута (к особому сведению принципиальных скептиков)». Главным достоинством термодинамики всегда было получение огромного множества следствий, относящихся к различным явлениям, на основе небольшого числа первичных принципов (начал), отсутствие необходимости в модельных представлениях о микроструктуре вещества и молекулярном механизме явлений, и, наконец, непреложная справедливость ее следствий. За эти свойства классическую термодинамику издавна называют «королевой наук». Как справедливо отмечал М. Планк, «это замечательная научная система, детали которой ни по красоте, ни по блестящей законченности не уступают всей системе в целом». Мощь термодинамического (феноменологического в своей основе) метода общеизвестна. В XX столетии это еще раз проявилось при создании термохимии (В. Нернст, 1929 и др.), биофизики (Паттон А., 1964 и др.), феноменологической теории сверхтекучести (Л. Ландау, 1941), сверхпроводимости (Л. Ландау, В. Гинзбург, 1950) и теории необратимых процессов (Л. Онсагер, 1933, И. Пригожин, 1960 и др.). Как подчеркнул в своей нобелевской лекции И. Пригожин (1978), термодинамические концепции призваны сыграть все возрастающую роль в современном естествознании.

Настоящая книга ставит своей целью обобщение термодинамики и создание на ее основе *энергодинамики*¹ – фундаментальной дисциплины, изучающей общие закономерности *реальных* (протекающих с конечной скоростью) процессов переноса и преобразования *любых форм энергии* независимо от их принадлежности к той или иной области знания. Эта теория призвана «перекинуть мостик» между отдельными естественнонаучными дисциплинами и дать дедуктивное обоснование их основных принципов и законов как следствий единой теории в ее приложении к системам, обладающим тем или иным набором степеней свободы. В таком случае энергодинамика «вырождается» по мере исчезновения некоторых степеней свободы в электродинамику и механику сплошных сред, биохимию и биофизику, гидроаэродинамику и теорию теплообмена, классическую термодинамику и механику твердого тела и, в конечном счете, в кинематику точки. Такое (дедуктивное) построение фундаментальных дисциплин приводит, как будет показано далее, к целому ряду нетривиальных следствий практически в каждой области приложения энергодинамики.

Известно, что теоретическая физика как фундамент современного естествознания может быть построена из условия однородности и изотропности времени и пространства (Л. Ландау, Е. Лившиц, 1940...2004). Однако сами эти условия вытекают из принципа наименьшего действия (Е. Noether, 1918), который также нуждается в обосновании. Поэтому при построении безгипотезной дисциплины, каковой по замыслу является энергодинамика, такой подход не может быть положен в основу. В соответствии с этим мы будем базироваться исключительно на тех положениях, которые не требуют дополнительной экспериментальной проверки.

Предлагаемая читателю книга состоит из нескольких частей. В первой части «Безгипотезное построение теории» (главы 1 и 2) раскрываются особенности энергодинамики как последовательно феноменологической (т.е. опирающейся исключительно на опыт) и дедуктивной (т.е. придерживающейся системного подхода) научной дисциплины, изучающей разнообразные физико – химические, биофизические, космологические и т.п. явления путем сведения их к процессам переноса и преобразования различных форм энергии. В этом разделе дается обоснование целесообразности построения энергодинамики на максимально общей понятийной и концептуальной основе, которой не чужды идеи переноса и необратимости, а также понятия скорости и производительности реальных процессов. При этом обосновывается необходимость расширения пространства переменных для адекватного описания свойств континуальных сред термодинамическими методами, и предлагается простой способ перехода от описания поведения каждого элемента континуума к параметрам системы в целом. Он связан с введением специфических параметров неоднородности систем в целом, определяемых на основе полей термостатических переменных.

Важнейшей особенностью предлагаемого подхода к построению энергодинамики является исключение из ее оснований каких-либо гипотез или постулатов и отказ от идеализации процессов и систем вне рамок их условий однозначности. Такой подход позволил вернуть энергии ее простой и ясный изначальный смысл способности системы к совершению работы. Последующее деление энергии на упорядоченную и неупорядоченную части и введение характеристических функций, выражающихся различными группами параметров неравновесных систем, дает не только количественную, но и качественную характеристику упорядоченности и превратимости различных форм энергии. Обобщение термодинамического метода потенциалов позволило развить математический аппарат энергодинамики, в равной мере пригодный к исследованию реальных процессов с любой степенью необратимости. Особенностью этого аппарата является то, что он привлекает конкретные данные о свойствах исследуемых систем только на

¹ Термин «энергодинамика», предложенный А. Вейником, подчеркивает, что речь в ней идет не только о тепловой форме движения.

заключительной стадии их исследования, и только в качестве своего рода условий однозначности. Это позволяет сохранить основное достоинство термодинамического метода – непреложную справедливость его следствий в пределах применимости указанных условий однозначности. Последующее применение этого метода к различным научным дисциплинам подтверждает уникальность и эвристическую ценность такого подхода.

Во второй части «Фундаментальные дисциплины как следствие энергодинамики (главы 3...8) дается дедуктивное обоснование важнейших принципов, законов и уравнений ряда фундаментальных дисциплин (классической и квантовой механики, равновесной и неравновесной термодинамики, теории тепло-и массообмена, гидро-и аэродинамики, электростатики и электродинамики) как следствий энергодинамики. При этом значительное внимание уделяется анализу тех допущений, которые были изначально заложены в их основание, и выводу их основных уравнений в их отсутствие. Следствием такого (дедуктивного) подхода к построению этих дисциплин явилась возможность получения их важнейших результатов кратчайшим путем, свободным от исторических наслоений, гипотез, постулатов, модельных представлений и соображений молекулярно – кинетического или статистико – механического характера. В механике такими результатами стало обоснование принципа наименьшего принуждения, вывод всех законов Ньютона (включая его закон тяготения) и дальнейшее обобщение всех ее принципов. В квантовой механике таким путем удалось получить важнейшие положения теории на детерминистской основе. В термодинамике это выразилось в обобщении принципа исключенного вечного двигателя на нетепловые и нециклические машины, в нахождении точных аналитических выражений теплоты и работы в неравновесных системах и расширении границ применимости классического термодинамического метода потенциалов. В неравновесной термодинамике такой подход выявил несостоятельность многих положений существующей «квазитермодинамической» теории необратимых процессов и дать последовательно термодинамическое (не опирающееся на гипотезы, постулаты и соображения статистико–механического характера) обоснование всех ее положений, расширить эту теорию на нелинейные системы и состояния, далекие от равновесия, и распространить ее на процессы полезного преобразования энергии в тепловых и нетепловых машинах. В электростатике и электродинамике такой подход позволил дать термодинамический вывод уравнений Максвелла, дополнив их конвективными составляющими токов смещения, обосновать и обобщить законы Кулона и Ома, уточнить закон запаздывания потенциала и дать раздельное описание потоков энергии электрического и магнитного поля.

Однако наиболее ценным результатом этого раздела следует считать возможность методологически единого изложения всех упомянутых дисциплин как следствий энергодинамики, что является весомым вкладом в формирование концептуальных основ современного естествознания.

В третьей части монографии «Негативные последствия экстраполяции термодинамики» (главы 9...13) обнажаются противоречия, возникшие в термодинамике вследствие необоснованной ее экстраполяции за пределы справедливости их базовых концепций. К ним относятся, в частности, вывод о неизбежном «скачке» энтропии при смешении невзаимодействующих и сколь угодно мало различимых газов (парадокс Гиббса); возникновение термодинамических неравенств при переходе к необратимым процессам; вывод о нарушении принципа исключенного вечного двигателя 2-го рода в открытых, спиновых, релятивистских и т.п. системах; расширение запрета на использование тепла окружающей среды на процессы преобразования энергии в открытых системах; заключение о диссипативном характере любых самопроизвольных процессов; теория «тепловой смерти Вселенной», применение релятивистских преобразований к абсолютным величинам, введение отрицательной абсолютной температуры, подмена термодинамической энтропии статистико-информационной, отрицание преэминентности кван-

товой механики по отношению к классической, признание исключительности законов преобразования теплоты, попытки применения теории необратимых процессов к обратимым биологическим процессам и т.д. Здесь показывается, что подобные выводы являются в действительности паралогизмами – ошибочными заключениями, выглядящими правдоподобными в отсутствие экспериментальной проверки полученных выводов. При этом в каждом случае вскрываются истоки возникших трудностей и указывается способ их преодоления с позиций энергодинамики. Такой подход позволяет вернуть термодинамике утраченный ею статус теории, следствия которой имеют характер непреложных истин.

В последней, четвертой части книги «Нетривиальные следствия энергодинамики» (главы 14...22) излагаются новые результаты, полученные в ряде фундаментальных дисциплин благодаря расширению возможностей термодинамического метода. Среди них – теория подобия процессов энергопревращения, обобщающая теорию тепловых машин на нетепловые и нециклические двигатели (в том числе мускульные движители биоорганизмов); теория производительности технических систем, объединяющая термодинамику с «термозкономикой» и «термодинамикой при конечном времени», теория нелинейных процессов переноса, расширяющая сферу применимости теории необратимых процессов на системы, далекие от равновесия; теория самоорганизации биологических, экологических и космологических систем, обнаруживающая существование в них самопроизвольных антидиссипативных процессов, и, наконец, теория «альтернаторов», т.е. нетепловых двигателей, использующих полевые формы энергии и расширяющих перспективы создания «бестоливной» энергетики.

В физической химии таким путем удалось вскрыть векторную природу обратимых химических реакций, объясняющую их сопряжение с процессами метаболизма и вскрыть природу периодического изменения свойств элементов. В неравновесной термодинамике такими результатами стало обобщение существующей теории необратимых процессов переноса на состояния вдали от равновесия некоторые классы нелинейных систем. В механике новыми результатами стало обоснование принципа наименьшего принуждения, теоретический вывод закона тяготения Ньютона и дальнейшее обобщение всех трех принципов созданной им механики. В квантовой механике таким путем удалось получить важнейшие положения теории на детерминистской основе, дополнив их расчетом электронных орбит. В электростатике и электродинамике такой подход позволил обобщить законы Кулона и Ома и вывести уравнения Максвелла, дополнив их конвективными составляющими токов смещения.

В заключение автор считает своим долгом почтить светлую память заслуженных деятелей науки и техники РФ, д-ра физ.-мат. наук А. А. Гухмана и д-ра техн. наук А. И. Андрющенко, привившим в своем ученике любовь к термодинамике и стремление совершенствовать ее.