

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 паралогизмов 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 энергодинамики» (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 энергодинамики 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 сис-

тема, 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 тепломассообмена, 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

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

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 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 по-

тенциалов. 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 отдельное 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 различных 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; распространение 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 преемственности квантовой 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 «термоэкономикой» 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 «бестопливной» 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. Андриющенко, привившим в своем ученике любовь к термодинамике и стремление совершенствовать ее.