

СИСТЕМНО – ЭНЕРГОДИНАМИЧЕСКИЙ ПОДХОД КАК СРЕДСТВО ПРЕОДОЛЕНИЯ КРИЗИСА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

И. Н. Дорохов¹, В. А. Эткин²

Аннотация

Показано, что применение системно – энергодинамического подхода (по принципу «от целого к части») с учётом локальной неоднородности объекта исследования и системообразующих связей существенно дополняет термодинамический (дедуктивный) метод анализа и кардинально изменяет выводы ряда фундаментальных теорий, основанных на гипотезах, постулатах и модельных представлениях. Предложены принципы построения единой теории процессов переноса и преобразования любых форм энергии, обобщающей термодинамику необратимых процессов на системы, совершающие полезную работу. Рассмотрены приложения этой теории к механике, термодинамике, электродинамике, биофизике и астрофизике, приводящие в каждой из них к ряду нетривиальных следствий, и даны ссылки на работы, содержащие их детальное обоснование и подтверждённые многочисленными наблюдательными и экспериментальными данными.

Ключевые слова: кризис физики, паралогизмы, системный подход, новые принципы, синтез наук, неравновесная термодинамика, механика и электродинамика, гравитация и космос.

1. Введение.

Современное состояние теоретической физики и естествознания в целом достаточно наглядно демонстрирует то, что можно назвать «гносеологической инверсией». Стало предпочтительным, по образному выражению Р. Фейнмана, «угадывать уравнения, не обращая внимания на физические модели или физическое объяснение» того или иного явления. Умозрительные модели и постулаты все чаще подменяют опытные факты в качестве основы современного здания науки. Ученые уже не тягостятся тем, что их теории не проясняют реальности, они уже не ставят задачей понимание причинно–следственных связей. Объяснение явлений перестало быть основной функцией науки. Все чаще раздаются голоса о *современном кризисе теоретической физики*. Однако при этом крайне редко предлагаются реальные пути преодоления этого кризиса. Цель настоящей статьи – показать роль, которую может сыграть в исправлении этой ситуации предлагаемый системно – энергодинамический метод исследования малоизученных и кажущихся хорошо изученными явлений.

2. Методологические особенности системно – энергодинамического подхода

Как известно, в основе системного подхода лежит рассмотрение объекта как целостного множества элементов со всеми присущими им связями, благодаря которым система в целом приобретает новые свойства, отсутствующие в любой её части [1]. Поскольку же «системообразующие» свойства по определению отсутствуют у любой из частей системы, главным требованием системного подхода становится изучение объекта исследования без дробления его на автономно функционирующие части (области, фазы и компоненты). Такой подход противоположен индуктивному методу познания (от частного к общему), обычно применяемому при построении «конструктивных» (в терминологии А. Эйнштейна) дисциплин. Обнаружение невозможности восстановить системообразующие

¹ Профессор кафедры «Кибернетика ХТП» РХТУ им. Д.И.Менделеева, д.т.н., Президент МАСИ.

² Советник проректора по науке Тольяттинского гос. Университета, д.т.н., проф., засл. деятель науки и техники РФ.

свойств, утраченные при дроблении системы на элементы объёма или массы, последующим интегрированием явилось, по признанию А. Пуанкаре, «самым большим и самым глубоким потрясением, которое испытала физика со времён Ньютона» [2].

Известно также, что все законы сохранения были сформулированы для изолированных систем. Однако ни одна из фундаментальных дисциплин не может исследовать такие системы, поскольку их понятийная система и математический аппарат ориентированы на частицы или части, в которых отсутствуют внутренние процессы, так что любые изменения их состояния обусловлены исключительно внешними силами и внешним энергообменом. Прорыв в этом направлении сделала термодинамика необратимых процессов (ТНП) [3], которая возникла в первой трети XIX вслед за квантовой механикой (КМ) и теорией относительности (ТО). Она обогатила теоретическую мысль XX столетия рядом принципов общезначимого характера и сделала возможным изучение кинетики внутренних релаксационных процессов, протекающих наряду с процессами внешнего энергообмена во всех без исключения объектах исследования. ТНП стала третьей теорией, изменившей облик физики XX столетия революционного характера, что было отмечено присуждением нобелевских премий Л. Онзагеру (1968) и И. Пригожину (1977).

Однако эта теория базировалась на принципе возрастания энтропии и потому исключила из рассмотрения обратимую составляющую реальных процессов, которая не влияет на энтропию. Между тем изучение процессов полезного преобразования энергии не случайно составляло основное содержание классической термодинамики. Кинетика (мощность) этих процессов интересует исследователей в области энергетики, биофизики и космофизики. Это и сделало необходимым разработку единой теории скорости переноса и преобразования энергии, которая не исключала бы из рассмотрения какую-либо (обратимую или необратимую) составляющую реальных процессов. Такая теория была предложена в докторской диссертации одного из авторов настоящей статьи [5] и названа для краткости «термокинетикой» [6]. Все её положения были обоснованы чисто термодинамическим путём (т. е. без использования гипотез, постулатов, модельных представлений и соображений статистико-механического характера. В дальнейшем она была обобщена на процессы преобразования любых форм энергии и названа «энергодинамикой» [7].

В отличие от других фундаментальных дисциплин, эта теория позволяет рассматривать в качестве объекта исследования изолированные системы, включающие в себя всю совокупность взаимодействующих (взаимно движущихся) материальных объектов. Благодаря этому она в наибольшей степени соответствует как системному подходу, так и дедуктивному методу исследования (от общего к частному), которому следует классическая термодинамика [8]. Для термокинетики и энергодинамики характерен отказ от применения в основаниях теории гипотез и постулатов, идеализации систем и рабочих тел (заключённой в понятиях типа «идеальный газ», «равновесное состояние», обратимый (квазистатистический) процесс» и т. п.), а также упрощённых моделей и представлений о молекулярном механизме процессов. В соответствии с этим особенностью их построения является отделение теоретической части, базирующейся исключительно на принципах общезначимого характера, от прикладной части, использующей модельные представления, гипотезы и постулаты. Это позволяет ей сохранить в теоретической части теории основное достоинство термодинамического метода – непреложную справедливость его следствий в границах применимости исходной парадигмы естествознания. Это свойство сохраняется и в том случае, когда и условия однозначности, привлекаемые в прикладной части теории, надёжно установлены.

В основание термокинетики и энергодинамики как «теорий принципов» (в классификации А. Эйнштейна) положены два вполне доказуемых принципа: *детерминированности (определённости) состояния*, и *противонаправленности неравновесных процессов*. Первый из них устанавливает необходимое и достаточное число аргументов энергии как наиболее общей функции состояния объекта исследования (системы). Этот принцип доказывается «от противного» на основе теоремы, согласно которой число степеней свободы системы (т. е. число независимых параметров, однозначно определяющих её состояние), равно числу независимых (специфических, качественно различимых и несводимых к другим) процессов, протекающих в ней. Этот принцип предотвращает «недоопределение» или «переопределение» системы, т. е. попытки описать их состояние недостающим или избыточным числом переменных, что является наиболее распространённой причиной ошибочности большинства теорий.

Второй принцип устанавливает факт противоположной направленности неравновесных процессов. Он доказывается с помощью теоремы сплошности, выражающей любой экстенсивный параметр системы Θ_i (её массу M , число молей k -го вещества N_k , энтропию S , заряд ϵ , импульс P , его момент L и т. п.) интегралами $\Theta_i = \int \rho_i dV = \int \bar{\rho}_i dV$ от их локальной $\rho_i = d\Theta_i/dV$ и средней $\bar{\rho}_i = \Theta_i/V$ плотности. Сопоставляя эти два представления, находим:

$$\int [(d(\rho_i - \bar{\rho}_i)/dt) dV] \equiv 0. \quad (1)$$

Обращение интеграла (1) в нуль означает, что в однородных системах, где разность $\rho_i - \bar{\rho}_i$ повсеместно равна нулю, *невозможны никакие процессы*, а скорость $d(\rho_i - \bar{\rho}_i)/dt$ любого процесса в разных элементах dV объёма V неоднородной системы должна иметь противоположный знак. Это положение можно рассматривать как математическое выражение диалектического закона «единства и борьбы противоположностей», в котором «борьба» заменена более мягким указанием на противонаправленность процессов в различных частях (областях, фазах, компонентах) неоднородных (внутренне неравновесных) систем.

Два этих принципа наряду с естественнонаучной парадигмой позволили создать теорию, выводящую основные законы и положения ряда фундаментальных дисциплин с единых концептуальных и терминологических позиций [10]. Представляет несомненный интерес показать, насколько изменяются основные положения этих дисциплин при их рассмотрении с позиций системно-энергодинамического подхода.

3. Системный подход к равновесной и неравновесной термодинамике

Из всех фундаментальных дисциплин классическая термодинамика как дедуктивная теория, основанная на принципах исключённого вечного двигателя 1-го и 2-го рода, в наибольшей степени удовлетворяла требованиям системного подхода. Она позволила получить огромное множество следствий, относящихся к различным областям знаний, и заслуженно получила статус теории, «следствия которой никогда и никем не будут опровергнуты» [11]. Однако и в ней стали возникать паралогизмы при выходе за строгие рамки справедливости её исходных концепций равновесия и обратимости [12]. Большая их часть оказалась связанной с понятием энтропии Клаузиуса, введённым им в качестве координаты теплообмена, но игравшей фактически роль носителя теплового движения [13].

Не избежала этой участи и теория необратимых процессов (ТНП) [4], созданная на основе «квазитермодинамики» Л. Онзагера [3] с использованием ряда дополнительных гипотез. Основной из них стала гипотеза локального равновесия И. Пригожина [14]. Эта

гипотеза предполагала наличие в элементах континуума равновесия (несмотря на протекание в них процессов релаксации); возможность их описания тем же набором переменных, что и в однородном состоянии (несмотря на наличие градиентов ряда потенциалов), а также справедливость для них всех уравнений термодинамики (несмотря на неизбежный переход их в неравенства). Несмотря на свою противоречивость, эта гипотеза позволяла находить основные величины, которыми оперировала теория Онзагера и без чего она была практически бесполезна. Однако это лишило ТНП полноты и строгости, свойственных классическому термодинамическому методу. Попытки преодолеть эти трудности без основательной корректировки концептуальных основ и математического аппарата классической термодинамики оказались безуспешными. Это и потребовало разработки более общей теории реальных (нестатических) процессов, каковой и стали термокинетика и энергодинамика [6,7]. Эти теории в явном виде учитывали протекание в неоднородных системах процессов релаксации, требовавших в соответствии с принципом детерминированности состояния введения недостающих экстенсивных параметров неравновесности. Эти параметры отражают протекание в неоднородных системах процессов перераспределения энергоносителей Θ_i по объёму системы V , в результате которых их плотности ρ_i в различных частях системы изменяются противоположным образом. Это приводит к отклонению положения центра \mathbf{R}_i величины Θ_i от равновесного \mathbf{R}_{io} (принимаемого за начало отсчёта), которые определяются известным образом [15]:

$$\mathbf{R}_i = \Theta_i^{-1} \int \rho_i \mathbf{r} dV; \quad \mathbf{R}_{io} = \Theta_i^{-1} \int \bar{\rho}_i \mathbf{r} dV, \quad (2)$$

где \mathbf{r} - бегущая (эйлерова) пространственная координата.

Отсюда следует, что при отклонении системы от однородного («внутренне равновесного») состояния возникает некоторый «момент распределения» энергоносителя

$$\mathbf{Z}_i = \Theta_i (\mathbf{R}_i - \mathbf{R}_{io}) = \int (\rho_i - \bar{\rho}_i) \mathbf{r} dV \quad (3)$$

с плечом $\mathbf{R}_i - \mathbf{R}_{io}$, названным нами «вектором смещения» [6]. Поскольку в равновесии \mathbf{R}_{io} совпадает с центром пространства, которое не участвует в процессах, то \mathbf{R}_{io} можно принять за начало отсчёта $\mathbf{Z}_i = \Theta_i \mathbf{R}_i$ и представить его в виде суммы трёх независимых составляющих:

$$d\mathbf{Z}_i = \mathbf{R}_i d\Theta_i + \Theta_i d\mathbf{r}_i + d\boldsymbol{\varphi}_i \times \mathbf{Z}_i, \quad (4)$$

где $\boldsymbol{\varphi}_i$ – пространственный (эйлеровый) угол вектора \mathbf{Z}_i ; $d\mathbf{r}_i$ – сдвиговая составляющая $d\mathbf{R}_i$ (при $\boldsymbol{\varphi}_i = \text{const}$).

Эти три составляющие соответствуют трём независимым категориям неравновесных процессов: *вода* энергоносителя Θ_i в систему ($d\Theta_i \neq 0$), его *перераспределения* по её объёму ($d\mathbf{r}_i \neq 0$), и *переориентации* вектора \mathbf{Z}_i в пространстве ($d\boldsymbol{\varphi}_i \neq 0$). В результате любая i -я форма U_i собственной (принадлежащей только ей) энергии системы³ U становится в общем случае функцией трёх независимых параметров: $U_i = U_i(\Theta_i, \mathbf{r}_i, \boldsymbol{\varphi}_i)$. При этом полный дифференциал dU внутренней энергии системы $U = \sum_i U_i$ как суммы «парциальных» энергий всех её форм может быть представлен в виде тождества:

$$dU \equiv \sum_i \Psi_i d\Theta_i + \sum_i \mathbf{F}_i \cdot d\mathbf{r}_i + \sum_i \mathbf{M}_i \cdot d\boldsymbol{\varphi}_i, \quad (i = 1, 2, \dots, I) \quad (5)$$

где $\Psi_i \equiv (\partial U_i / \partial \Theta_i)$ – усреднённые по объёму системы обобщённые потенциалы ψ_i (абсолютная температура T и давление p , химический потенциал k -го компонента системы μ_k , его электрический ϕ , гравитационный ψ_g и т.п. потенциал); $\mathbf{F}_i \equiv (\partial U_i / \partial \mathbf{r}_i)$ – обобщённые силы

³ В силу исторических причин она получила название внутренней.

(внешние и внутренние, механические и немеханические, полезные и диссипативные); $\mathbf{M}_i \equiv (\partial U / \partial \boldsymbol{\varphi}_i)$ – моменты этих сил.

Тождество (5) представляет собой результат совместного определения «сопряжённых» параметров Ψ_i и Θ_i , \mathbf{F}_i и \mathbf{r}_i , \mathbf{M}_i и $\boldsymbol{\varphi}_i$ независимо от того, чем вызвано их изменение: внешним энергообменом или внутренними (в том числе релаксационными) процессами. Это предотвращает известную проблему возникновения термодинамических неравенств [8] при переходе к нестатическим процессам, в которых изменение этих параметров вызвано не только внешним энергообменом, но и внутренними (релаксационными) процессами. Тем самым устраняется основное препятствие применению математического аппарата термодинамики к другим фундаментальным дисциплинам. В силу тех же причин тождество (5) применимо как к изолированным системам (у которых все процессы являются внутренними), так и для любого её материального компонента, фазы или области с неизменным объёмом V , где параметры Θ_i , \mathbf{r}_i и $\boldsymbol{\varphi}_i$ изменяются и вследствие внешнего энергообмена (теплообмена, массообмена, диффузии, ввода в неё заряда и т. п.).

Одно из важнейших достоинств тождества (5) является устранение неопределённости понятия энергии и определение её как *наиболее общей функции свойств системы, характеризующей способность её совершать любую работу* [8]. При этом три его суммы соответствуют трём принципиально различным категориям работ, совершаемым соответственно «неупорядоченным» (скалярными), «упорядоченными» (векторными) силами и их моментами. Причины и следствия этого будут рассмотрены ниже.

В однородных системах ($\mathbf{F}_i = 0$, $\Psi_i = \psi_i$) вторая и третья суммы тождества (5) обращаются в нуль, и оно переходит в объединённое уравнение 1-го и 2-го начал классической термодинамики в форме обобщённого соотношения Гиббса [9], описывающего процессы равновесного энергообмена системы с окружающей средой. В ещё более частном случае изолированных систем ($dU = 0$) тождество (5) принимает вид закона сохранения энергии в его наиболее полной форме, выраженной через содержательные величины:

$$(dU/dt)_{\text{из}} \equiv \sum_i \Psi_i d\Theta_i/dt + \sum_i \mathbf{X}_i \cdot \mathbf{J}_i + \sum_i \mathbf{M}_i \cdot \boldsymbol{\omega}_i = 0, \quad (6)$$

где $\mathbf{X}_i = \mathbf{F}_i / \Theta_i$ – напряжённости силовых полей, играющие в теории необратимых процессов (ТНП) [4] роль «термодинамических сил»; $\mathbf{J}_i = (\partial \mathbf{Z}_i / \partial t)$ – обобщённые импульсы энергоносителя Θ_i , именуемые в ТНП «потоками»; $\boldsymbol{\omega}_i = d\boldsymbol{\varphi}_i / dt$ – угловые скорости вращения (перерождения) вектора \mathbf{Z}_i .

Для изолированных систем все входящие в тождество (6) силы, потоки и поля являются внутренними, что позволяет более детально исследовать состояние тел вдали от локального равновесия. Поэтому предложенное обобщение математического аппарата термодинамики на изолированные и замкнутые системы кардинальным образом изменяет структуру фундаментальных дисциплин, для которых изоляция системы лишает смысла ключевые понятия внешней энергии, внешних сил, внешнего энергообмена и т. п.

Это касается как равновесной, так и неравновесной термодинамики. Обобщения ТНП на локально неравновесные системы путём введения дополнительных параметров неравновесного состояния \mathbf{Z}_i и $\mathbf{X}_i = \bar{\nabla} \psi_i$ (усреднённых по объёму термодинамических сил $\mathbf{x}_i = \nabla \psi_i$) изменяет не только структуру, но и методику преподавания равновесной и неравновесной термодинамики. В самом деле, современная термодинамика давно переросла первоначальные рамки теории тепловых машин и превратилась в весьма общий макрофизический метод исследования реальных физико-химических процессов в их неразрывной связи с тепловой формой движения. Однако в основе её по-прежнему лежит понятийная

система равновесной термодинамики (термостатики) с её неизбежным «багажом» в виде идеальных циклов и идеальных газов в качестве их рабочих тел. Такая «идеализация в квадрате» в самих основаниях теории не могла не создавать трудностей для её понимания и последующего обобщения. И действительно, по мере расширения сферы применимости термодинамики не раз оказывалось невозможным уложить новые опытные факты в «прокрустово ложе» её старой понятийной и концептуальной системы. В результате в казавшейся ранее безупречной термодинамике возник ряд паралогизмов, обусловленных выходом её за строгие рамки её исходных концепций равновесия и обратимости [11]. Устранить их удалось лишь путем изложенного выше, сделав излишним изложение её на основе «начал» (постулатов). Нетривиальные следствия такого подхода включают доказательство того, что истинная «линия водораздела» проходит не между теплотой Q и работой W^n , входящей в одну и ту же сумму тождества (5), а между различными суммами этого тождества, т. е. техническими W^T и нетехнических W^n видами работ, первые из которых являются количественными мерами процесса «энергопревращения», а вторые – энергопереноса (без изменения её формы). Эти два вида работ, названных «упорядоченными» и «неупорядоченными», отличающихся не только тензорным рангом их координат r_i и Θ_i , но и наличием/отсутствием результирующей преодолеваемых сил. Понимание того, что «работа работе рознь», приводит к необходимости отнесения теплообмена к категории неупорядоченных работ [13]. Эта работа связана с изменением импульса хаотического движения частиц системы («термоимпульса»), что придаёт ему простой смысл количества хаотического движения P . Декарта. Использование термоимпульса как экстенсивной меры теплового движения вместо энтропии Клаузиуса S делает излишней её трактовку как меры термодинамической вероятности состояния, которая несовместима с понятием «потока энтропии» в термодинамике необратимых процессов (ТНП) [16].

Столь же кардинальным изменениям подверглась и сама эта теория. Термокинетика и энергодинамика коренным образом изменили методологию неравновесной термодинамики [17]. Вместо характерного для ТНП выделения релаксационной (чисто диссипативной) части реальных процессов, в (5) и (6) был предложен новый метод анализа реальных процессов, не исключающий из рассмотрения какую-либо (обратимую или необратимую) их часть [16]. Это стало возможным благодаря тождеству (6), которое позволяет находить потоки J_i независимо от того, чем они обусловлены – релаксацией ($X_i \cdot dZ_i < 0$), или совершением полезной внутренней работы «против равновесия» в системе ($X_i \cdot dZ_i > 0$).

Нахождение потоков J_i и сил X_i непосредственно из тождества (6), сделало излишним составление для этой цели громоздких уравнений баланса массы, заряда, импульса, энергии и энтропии. Это исключило одновременно и характерный для ТНП произвол в разбиении произведения $J_i \cdot X_i$ на сомножители с разным смыслом, величиной и размерностью. Это кардинально облегчило приложение теории к различным физико-химическим процессам и позволило предложить новый метод их исследования [17]. Суть этого метода состоит в переводе законов Онзагера из матричной формы

$$J_i = \sum_j L_{ij} X_j \quad (7)$$

в диагональную

$$J_i = L_i \sum_j F_j, \quad (8)$$

с меньшим числом подлежащих экспериментальному определению коэффициентов L_{ij} . Это сблизило законы Онзагера с уравнениями теплопроводности, электропроводности,

диффузии и т. п. Такая их форма не нуждалась в применении условий симметрии Онзагера

$$L_{ij} = L_{ji}, \quad (9)$$

и тем не менее позволяла осуществить дальнейшее уменьшение числа коэффициентов L_{ij} от $n(n+1)/2$ в ТНП до n при сохранении всей информации об «эффектах наложения» разнородных потоков J_i и J_j .

Придание уравнениям переноса диагональной формы сделало излишним применение соотношений взаимности Онзагера, что существенно расширило сферу приложения неравновесной термодинамики ввиду нарушения этих соотношений в нелинейных процессах. Однако ещё более важной оказалась возможность применения неравновесной термодинамики к нестатическим (протекающим с конечной скоростью) процессам преобразования энергии, которые ранее рассматривались в так называемом «бездиссипативном» приближении. Это открыло возможность учёта необратимости в фундаментальных дисциплинах.

Дальнейшее обобщение ТНП на процессы полезного преобразования энергии сделало излишним применение метода циклов для анализа их эффективности [18]. Аналитический метод позволил кардинально изменить методику преподавания теплоэнергетических дисциплин, освободив от необходимости априорного знания принципа работы, схем и конструктивного оформления многочисленных энергетических установок для теоретического обоснования по существу того же самого, что составляло основную трудность этого предмета.

Вместе с тем приложение неравновесной термодинамики к системам, совершающим полезную работу, выявило неприменимость «конститутивных законов» Онзагера (7) к таким системам ввиду различного знака входящих в него членов [18]. При этом выяснилось, что феноменологические законы процесса преобразования энергии из i -й формы в j -ю имеют вид

$$J_i = L_{ii} X_i - L_{ij} X_j, \quad (10)$$

$$J_j = L_{ji} X_i - L_{jj} X_j, \quad (11)$$

т. е. их недиагональных составляющие ($i \neq j$) имеют противоположный знак.

Эти законы отражают взаимосвязь и противонаправленность потоков J_1 и J_2 в процессах преобразования любых форм энергии. Для таких процессов соотношения взаимности (9) носят антисимметричный характер и требуют независимого от них доказательства. С этой целью в [6] и [7] были предложены более общие дифференциальные соотношения взаимности

$$(\partial X_i / \partial J_j) = (\partial X_j / \partial J_i), \quad (12)$$

переходящие для линейных процессов в условия антисимметрии Казимира $L_{ij} = -L_{ji}$ [19]. Эти соотношения потребовали независимого от ТНП и последовательно термодинамического обоснования всех положений неравновесной термодинамики. Учёт противонаправленности потоков преобразуемой и преобразованной энергии в соотношениях (10,11) привёл к разработке теории подобия процессов полезного преобразования энергии, которая предложила несколько критериев их подобия и позволила предложить универсальные зависимости их КПД от конструктивного совершенства и режима работы энергетической установки [20]. Это существенно приблизило результаты термодинамического анализа

тепловых и нетепловых, циклических и нециклических, прямых и обратных машин к реальности.

Всё это объясняет, почему монография «Термокинетика» была рекомендована в 1999 г. Минвузом СССР в качестве учебного пособия для технических вузов, а монография «Энергодинамика» удостоена в 2009 г. Европейской академией естественных наук (ЕАЕН) медали Лейбница.

4. Системный подход к классической и квантовой механике

Механика занимает особое положение в ряду естественных наук. Предмет её исследования – движение макроскопических тел – наиболее нагляден для исследователя. Поэтому она первой из естественных наук достигла зрелости и до сих пор служит теоретической базой не только большинства естественнонаучных дисциплин, но и технического прогресса в целом. Построение механики обычно начинается с кинематики, которая рассматривает движение точки в пространстве и времени независимо от физических причин этого движения. При этом понятия траектории движения, положения точки на ней, её скорости и ускорения вводятся чисто умозрительно. Лишь затем вводятся понятия массы и импульса, являющиеся характеристикой материальной точки, и осуществляется переход к изучению динамики, которая выясняет, по какой причине возникает то или иное движение в различных условиях и каким законам оно подчиняется.

На первый взгляд такое построение механики кажется вполне естественным. Однако, как справедливо заметил Л. де Бройль, в основе такого подхода лежит предположение о том, что результаты абстрактного кинематического рассмотрения можно будет затем распространить на реальное движение более сложных механических объектов. Между тем это далеко не всегда так, и системный подход к механике оказывается полезен в той же мере, что и в других фундаментальных дисциплинах. С его позиций так называемые «законы» механики Ньютона предстают не более чем постулатами, которые он сам не без оснований называл «определениями». Ограниченность этих «определений» далеко не всегда очевидна и обнаруживается подчас лишь при рассмотрении более общего круга задач [11]. Таково, в частности, ньютоновское определение силы $F = dP/dt$ как производной по времени t от скалярного «количества движения» $P = Mv$, относящееся в равной мере как к хаотическому, так и направленному движению. В последнем случае понятие ускорения $a \equiv dv/dt$ стало относиться к двум принципиально различным процессам: к изменению модуля скорости без изменения её направления, и к изменению направления вектора скорости без изменения её абсолютной величины. Это привело к появлению понятия «центростремительного ускорения» при равномерном вращении точки по окружности, т. е. в отсутствие движения к центру. Это привело в дальнейшем к отвержению модели атома Резерфорда на основании ошибочного утверждения о неизбежности падения электрона на ядро вследствие излучения им энергии при ускоренном движении, несмотря на постоянство его кинетической энергии.

С позиций системного подхода обнаруживаются недостатки и других исходных концепций механики [21]. Известно, например, что движение отдельной материальной точки в отсутствие действующих на неё внешних сил будет прямолинейным и равномерным (закон инерции Ньютона). Однако равномерное движение тел конечных размеров «по инерции» может быть не только поступательным, но и вращательным. Это означает, что закон инерции давно следовало бы обобщить и на вращательное движение. Тогда не было

бы оснований отрицать существование преимущественных систем отсчёта. Эти и ряд других примеров свидетельствуют о целесообразности рассмотрения механики как равноправной ветви физической теории типа энергодинамики как единого учения о силах (от латинского *dynamia* - сила, усилие). Такой подход приводит к необходимости обобщения всех трёх «законов» Ньютона: 1-го закона (инерции) – на вращательное движение, 2-го закона (силы) – на силы любой природы (что следует из (5) $F_i = (\partial U / \partial r_i)$), 3-го закона (равенства сил действия и противодействия) - на случай одновременного действия сил i -й и j -й природы ($F_i = -\Sigma_j F_j$) [21]. Отсюда следует, в частности, что вытекающее из 3-го закона Ньютона требование направленности сил действия и противодействия относится лишь к результирующим силам F_i и не обязательно для их составляющих F_j .

Немаловажно, что все законы ньютоновской механики относились к движению точки, что позволяло исключить из рассмотрения её внутреннюю структуру и протекающие внутри неё процессы. Континуальные среды с этой целью дробят на элементы объёма, для которых роль внутренних процессов уменьшается вместе с соотношением их объёма к поверхности, а все силы становятся внешними. Однако при этом рвутся системообразующие связи, так что механика сплошных сред не гарантирует получения верных результатов. Здесь и оказывается полезной способность энергодинамики рассматривать системы как целое, без дробления на элементы объёма, что делает её «пробным камнем» любой континуальной теории.

Однако ещё более важным представляется нахождение закона гравитации для случая континуальных сред, в которых невозможно выделить ни «полеобразующие» M , ни «пробные» m тела. Такой закон можно получить непосредственно из принципа эквивалентности массы M_0 и энергии покоя $U = M_0 c^2$ А. Эйнштейна. Выражая этот принцип через плотность вещества ρ и энергии ρ_u , имеем $\rho_u = \rho c^2$. Тогда напряжённость $X_g = \rho g$ гравитационного поля F_g выразится через градиент плотности вещества $\nabla \rho$ простым соотношением [22]:

$$X_g = c^2 \nabla \rho \text{ или } g = c^2 \nabla \rho / \rho. \quad (8)$$

Этот закон не является обобщением закона Ньютона и представляет собой нечто новое, имеющее парадигмальное (мировоззренческое) значение, поскольку из него следует существование не только сил «приталкивания» ($\nabla \rho > 0$), но и сил отталкивания ($\nabla \rho < 0$), а также гравитационного равновесия ($\nabla \rho = 0$). Не меньшее значение имеет то обстоятельство, что при равных градиентах плотности энергоносителей $\nabla \rho$ силы гравитационного взаимодействия X_g являются наиболее интенсивными из всех его видов. Ниже буде показано, к каким последствиям приводит это обстоятельство в области квантовой механики (КМ).

Сейчас трудно представить себе, что квантово-релятивистская революция могла бы не состояться, если бы аппарат неравновесной термодинамик был разработан своевременно, и при анализе законов излучения пользовались не термостатикой, а термокинетикой. Тогда представление о равновесии с полостью абсолютно чёрного тела (АЧТ) сменилось бы равенством потоков поглощаемой и излучаемой энергии, что немедленно привело бы к пониманию того, что истинным квантом излучения является волна, моделируемая АЧТ в светонесущей среде и дискретная как во времени, так и в пространстве. Тогда закон излучения Планка получает термодинамическое обоснование без привлечения постулата Планка [23]. Отсюда вытекает и соотношение Де Бройля, выражающее дуализм «волна – частица», с тем лишь отличием, что речь идёт не о волновых свойствах частицы, а о ча-

стицеподобных свойствах солитона как структурно устойчивой излучаемой волны [24]. Тогда стала бы понятной и позиция Э. Шрёдингера, считавшего, что «то, что мы принимаем за частицы, есть на самом деле волны» [23].

Далее, из принципа детерминированности состояния и тождества (5) следует, что каждому независимому процессу, свойственному i -й форме энергии U_i , соответствует единственная координата состояния, т. е. параметр, с необходимостью меняющийся при его протекании и остающийся неизменным в его отсутствие. Как следует из принципа противонаправленности процессов, отклонение такой величины относительно среднего значения $\rho_i - \bar{\rho}_i$ имеет противоположный знак, как это и полагал Франклин в отношении электрического заряда. Следовательно, поиск антипода каждому энергоносителю (электрон и позитрон, частица и античастица, масса положительная и отрицательная) приводит к переопределению системы.

Наконец, если бы, следуя системному подходу, Н. Бор при исследовании процесса излучения в качестве объекта исследования рассматривал не одиночный атом, а всю их совокупность, находящуюся во внешних силовых полях и осциллирующих вместе с ними, то стало бы очевидным, что излучение или поглощение атомом энергии возможно только в случае, когда в орбитальном движении электронов преодолеваются сторонние (нецентральные) силы F . Следовательно, причиной квантования энергии излучения является не лишённый времени «перескок» электрона с одной устойчивой орбиты на другую, а ограниченная длительность воздействия на него внешнего поля.

Благодаря такому подходу удаётся не только обосновать закон формирования спектральных серий как следствие наличия гармоник, но и вывести стационарное уравнение Шрёдингера, которое не требует осмысления в терминах теории вероятности [26].

5. Системный подход в электростатике и электродинамике

Как и другие фундаментальные дисциплины, электродинамика родилась путем обобщения электростатики, изучавшей взаимодействие неподвижных зарядов. Одним из её исходных положений является закон Кулона, установленный экспериментально для двух макроскопических зарядов конечных размеров, но сформулированный для случая двух очечных зарядов. Это привело к бесконечным значениям силы и энергии при сокращении расстояния между зарядами до нуля.

Теоретический вывод этого закона базировался на абстрактной теореме Гаусса о связи объёмных и поверхностных интегралов, которая приобрела некоторый физический смысл лишь с введением Фарадеем понятия силовых линий поля и интерпретацией их плотности как плотности струй в потоке жидкости. Однако и в этом случае понятие «потока вектора напряжённости электрического поля E » не имело отношения к электростатике. Это обстоятельство породило немалые трудности, не преодоленные до сих пор.

Здесь-то и необходим системный подход, позволяющий получить математический аппарат электродинамики как частный случай энергодинамических тождеств (5) и (6) в их приложении к «токнесущим» системам [27]. В таком случае электрический заряд $\epsilon = \int \rho_e dV$ приобретает смысл той части вещества системы, которая излучает в определённом («электромагнитном») диапазоне частот и отличается от других энергоносителей лишь способом изоляции от него. Для системы как целого его распределение характеризуется моментом $Z_e = \epsilon \Delta r_e$, возникающем при поляризации системы (смещении центра величины заряда Δr_e при отклонении его распределения от однородного. При этом закон Кулона для

сплошных сред может быть получен как частный случай биполярного закона гравитации (8), в котором $\rho = \rho_e$, а гравитационный потенциал $\psi_g = c^2$ уступает место электрическому потенциалу $\varphi < c^2$. Это вскрывает их единство и подтверждает вывод энергодинамики о том, что силовые поля создаются не массами, зарядами или токами самими по себе, а их *неравномерным распределением в пространстве* [3].

Дальнейший переход к электродинамике связан с трактовкой электрического тока как потока (импульса) заряда $\mathbf{J}_e = \epsilon \mathbf{v}_e$, сопряжённого с электродинамической силой $\mathbf{X}_e = \nabla \mathbf{v}_e$. Эта сила является тензором 2-го ранга и может быть разложена на симметрическую и антисимметрическую часть, а также след тензора, образующие соответственно безвихревое, вихревое и скалярное магнитные поля. При этом возникают как крутящие моменты, так и силы Николаева, и не остаётся места для утверждений о том, что «магнитное поле не совершает работы, поскольку силы Лоренца направлены по нормали к направлению движения» [28].

Понимание электромагнитного поля (ЭМП) как распределения в пространстве векторов \mathbf{E} и \mathbf{H} принципиально отличается от его интерпретации Максвеллом как среды, переносящей энергию «после того, как она покинула одно тело и ещё не достигло другого» [29]. Становится понятным, почему такая «материализация» ЭМП не разделялась ни одним из исследователей того времени и в частности, В.Томсоном, который называл эту теорию поля «математическим нигилизмом». Действительно, существование ЭМП, «оторвавшегося» от своего источника, приводило к конфликту с законом сохранения энергии, согласно которому энергия ЭМП равна сумме $\epsilon_0 \mathbf{E}^2/2 + \mu_0 \mathbf{H}^2/2$, где \mathbf{E} и \mathbf{H} – напряжённости его электрической и магнитной составляющей; ϵ_0 и μ_0 – «диэлектрическая и магнитная проницаемость» вакуума. Поскольку в электромагнитном поле \mathbf{E} и \mathbf{H} изменяются синфазно (что было доказано ещё Фарадеем), то энергия ЭМП в отрыве от источников не может оставаться постоянной. К тому же опыты Герца, обнаружившие перенос в окружающей среде (ОС) электромагнитных колебаний от одного тела к другому, ещё не доказывали, что такого же рода колебания присущи и самой «светоносной» среде. С позиций системного подхода такой перенос осуществляется в процессе преобразования электромагнитной энергии источника в энергию колебаний плотности электронейтальной «светоносной» среды с их обратным преобразованием в ЭМ колебания в приёмнике излучения. Это и утверждал Н. Тесла, открывший особый вид «радиантного» («холодного») электричества в эфире [30].

Показательно, что применение системного подхода позволило не только дать термодинамическое обоснование уравнений Максвелла, считавшихся не выводимыми из каких-либо первичных принципов, но и показать необходимость дополнения их конвективными составляющими тока смещения зарядов. Такое дополнение объясняет явления типа эффектов Роуланда – Эйхенвальда и Вильсона – Барнета, не следовавших из уравнений Максвелла [31].

6. Системный подход в биохимии и биофизике.

В биологических системах дополнительными неаддитивными свойствами, требующими системного подхода, является существование «активного транспорта» веществ (переноса их в область повышенной концентрации), явление «сопряжения» химических реакции (когда некоторые из них идут в направлении, противоположном химическому равновесию), способность их к «самоорганизации» (структурообразованию) и т.п. Все явления такого рода носят антидиссипативный характер, что по справедливому замечанию

И. Пригожина находится «в вопиющем противоречии с термодинамикой». (И. Пригожин). В связи с этим термодинамический анализ биологических систем наталкивается на значительные трудности принципиального характера [32].

Одним из путей преодоления этих трудностей является рассмотрение любой биологической клетки как сложной (поливариантной) системы (Вселенной в меньшем масштабе). Такой подход требует учёта их структуры (пространственной неоднородности) в той же степени, что и в макросистемах. Поэтому здесь справедливы все те замечания, которые были сделаны ранее в отношении экстенсивных Z_i и интенсивных X_i параметров неравновесности исследуемых систем.

Следующим необходимым шагом является отказ от обоснования законов биофизики на основе теории необратимых процессов, поскольку последняя не учитывает обратной составляющей реальных процессов [33]. Между тем совершение биологической системой полезной работы является одним из главных признаков её жизнедеятельности. Да и поддержание неравновесного состояния биосистем осуществляется, как известно, подводом к ней свободной (упорядоченной) энергии извне. Поэтому исключение из рассмотрения процессов совершения полезной работы, описываемых второй суммой тождества (1), «выплескивает с водой и ребёнка». При системном подходе это осуществляется нахождением векторных потоков J_i и сил X_i не на основе выражения для «производства» энтропии dS/dt (как это было предложено И. Пригожиным), а на более общей основе закона сохранения энергии в форме (6). В таком случае произведение $J_i \cdot X_i$, характеризующее мощность процесса, отражает не только процессы релаксации ($J_i \cdot X_i < 0$), но и удаление системы от равновесия путем совершения в ней внутренней работы «против равновесия» ($J_i \cdot X_i > 0$). Необходим оказывается также отказ от постулирования линейных кинетических законов Онсагера – Пригожина (8) и замена их действительно «феноменологическими» законами (10, 11), содержащими обратимую составляющую (с противоположным знаком недиагональных составляющих ($i \neq j$)). Они оказались справедливыми и для процессов «активного транспорта» веществ в биологических системах, для «восходящей диффузии» в сплавах, для электролиза, диссоциации, «самоорганизации» и т. п., т. е. для всех процессов, в которых совершается работа «против равновесия».

Системный подход позволяет также устранить противоречие ТНП с принципом Кюри, согласно которому потоки J_j могут зависеть лишь от термодинамических сил X_j того же (или чётного) тензорного ранга. В частности, скалярные химические реакции, описываемые в ТНП членами $\sum_r A_r d\xi_r$ (где A_r – стандартное химическое сродство r -й химической реакции, ξ_r – степень ее полноты), не могут взаимодействовать с процессами метаболизма (обмена веществ), имеющими векторную природу. Между тем именно эти процессы играют ключевую роль в процессах обеспечения жизнедеятельности биосистем. Гипотеза «стационарного сопряжения» И. Пригожиным, выдвинутая им для преодоления этой трудности, оказалась неудовлетворительной, поскольку упомянутая взаимосвязь сохраняется и в нестационарных режимах, характерных для биологических систем.

Здесь снова приходит на помощь системный подход, согласно которому в клеточных мембранах, проточных реакторах, топливных элементах, ящиках Вант-Гоффа и т. п. химические реакции также приобретают векторный характер, причем роль термодинамической силы r -й химической реакции в этом случае играет величина $X_r = \nabla A_r \xi_r$, сопряженная с потоком участвующих в ней реагентов J_r , что соответствует принципу Кюри [6].

Таким образом, целый ряд фактов указывает на ограниченную применимость теории необратимых процессов к биологическим системам, и на необходимость отказа от «индуктивного» построения химфизики и биофизики путем экстраполяции классической ихимической термодинамики. Решающую роль в этом плане играет замена энтропийных критериев эволюции на неэнтропийные, которые выражены непосредственно моментами распределения энергоносителей Z_i или силами X_i , способными как возрастать, так и убывать в реальных процессах. Такие критерии способны отразить не только приближение системы к равновесию (её инволюцию), но и удаление от него [33]:

$$dX_i > 0 \text{ (эволюция); } dX_i < 0 \text{ (инволюция).} \quad (12)$$

Введение более «физичных» и интуитивно понятных критериев эволюции и инволюции позволяет отразить поведение не только системы в целом ($\sum_j X_j dZ_j \neq 0$), но и каждой степени её свободы, т. е. является более информативным, нежели энтропия. При этом становится очевидным, что процессы «самоорганизации» в изолированных системах ($dU = 0$) состоят в упорядочивании одних (i -х) степеней свободы за счёт «разупорядочения» других (j -х) [34].

Системный подход позволяет найти и закон биологической эволюции, не противоречащий классической термодинамике. Для этого достаточно сопоставить время, за которое биосистема достигает состояния внутреннего равновесия при наличии и отсутствии в ней эволюционных процессов $X_j dZ_j > 0$. Тогда становится ясным, что *эволюционные процессы, возникающие в биологических системах, увеличивают продолжительности их репродуктивного периода*. Здесь и находится ключ к пониманию общей направленности прогрессивной эволюции биологической системы, понимаемой как переход от простого к сложному. Такая «отсрочка» наступления в биосистемах равновесия, настолько близка дарвиновской идее выживания, что её можно рассматривать как альтернативу слишком прямолинейного тезиса «борьбы за существование».

7. Системный подход к астрофизике и космологии

В настоящее время происходит подлинная космологическая революция, порождённая совершенствованием технических средств наблюдательной астрономии и характеризующаяся лавинообразным ростом новых знаний о Вселенной. Одним из фундаментальных результатов стало подтверждение наличия во Вселенной двух форм материи – наблюдаемой и ненаблюдаемой, именованной в Европе эфиром, а после его изгнания из физики – скрытой массой, физическим вакуумом, темной материей и т. п. Удивительным оказалось то, что «видимая» масса составляет не более 5% количества материи Вселенной, а большая же её часть является «скрытой» (тёмной) и не участвует в электромагнитных взаимодействиях. Последнее означает, что из четырёх известных науке видов взаимодействия для неё остаётся лишь гравитационное, так что именно его и следует считать основной формой энергии Вселенной. Превращение гравитационной энергии в другие формы, обнаруженное ещё в экспериментах Галилея, и лежит в основе всех протекающих в ней эволюционных процессов. Однако для доказательства этого необходимо найти «первичный» материальный носитель гравитации, обладающий всепроникающей способностью и способный превращаться в любые другие формы вещества Вселенной. Здесь и оказываются полезными дошедшие до нас из глубины тысячелетий знания о существовании невидимой и неосязаемой «тонкой» материи, изначально заполнявшей всё предоставлен-

ное ей пространство, из которой путем уплотнения и образовалась «грубая» материя, имеющая границы и именуемая веществом. В древней Индии эта среда именовалась «акашей», в Европе времён средневековья – эфиром, а в постклассической физике – «скрытой массой», «физическим («космическим») вакуумом», «тёмной материей», «тёмной энергией» и т. п. Современная парадигма относит эту форму материи к полевой, отличающейся от вещества сплошностью (отсутствием структуры). Именно из неё возникли все известные формы вещества Вселенной. Главная особенность «полевой среды» – отсутствие границ, т. е. способность занимать всё пространство без каких-либо пустот. Это свойство означает, что она является неизменным компонентом любой материальной системы и входит в тождества (5) и (6) наравне с другими вещественными компонентами.

По современным данным, плотность полевой среды ρ_o составляет $\sim 10^{-27}$ г см⁻³, что на десятки порядков меньше плотности звёзд типа «белых карликов». Это свидетельствует о неоднородности материи Вселенной и справедливости для неё принципа противонаправленности со всеми вытекающими из него следствиями. Одно из них означает возможность считать тождество (6) «уравнением Вселенной», тем более что оно описывает всю совокупность протекающих в ней процессов, а не только взаимосвязь кривизны пространства–времени с тензором энергии-импульса. Главным преимуществом этого «уравнения Вселенной» перед известной моделью Эйнштейна – Гильберта – Фридмана состоит в том, что оно не требует привлечения каких-либо гипотез и постулатов, не содержит каких-либо понятий, не известных классической физике, не противоречит закону сохранения энергии и не навязывает Вселенной одновременного протекания одних и тех же процессов во всех её областях («мультивселенных»). Напротив, оно указывает на неизбежность противоположной направленности процессов эволюции ($dZ_i > 0$) и инволюции ($dZ_i < 0$) в различных областях Вселенной (галактик и метagalactic) и на возможность одновременного протекания таких процессов в одних и тех же её областях [35].

Другим следствием системно-энергодинамического подхода к Вселенной является справедливость для неё биполярного закона гравитации (8) со всеми его предсказательными возможностями [36]. Согласно этому закону, гравитация не является «врождённым свойством» скрытой материи, а обусловлена *неравномерным распределением её плотности в пространстве*. Далее, согласно (8) действие гравитационных сил F_g в данной точке пространства направлено по градиенту плотности скрытой массы $\nabla \rho_o$ в ней. Это означает, что в области, где $\rho_o > \bar{\rho}_o$, на любую материальную точку действуют силы «приталкивания» к области повышенной плотности, усиливающие спонтанно возникшую в ней неоднородность поля, а там, где $\rho_o < \bar{\rho}_o$, напротив, действуют силы «отталкивания», стремящиеся «раздвинуть» такие области. Подобно поведению жировых пятен на поверхности воды, это приводит к возникновению «войдов» и объясняет «разбегание» галактик друг от друга при их уплотнении без увеличения и без того бесконечного пространства Вселенной. Это позволило построить теорию гравитации, предсказывающую образование локальных сгущений скрытой материи в виде сферических солитонов, образующих ядра будущих атомов, образование вокруг них сферических оболочек атомов различных веществ, их объединение в молекулы, газы, жидкости, твёрдые тела и т. п. вплоть до галактик и их скоплений [37]. Эта эволюционная ветвь кругооборота материи Вселенной заканчивается, когда слабеющие с ростом плотности ρ силы сжатия звезды уже не могут сдержать роста внутреннего давления под влиянием термоядерных реакций. Тогда и наступает «взрыв

сверхновой», означающий начало её инволюции и распада вплоть до исходного состояния.

Другим важнейшим следствием закона (8) является признание гравитации *наиболее сильным из всех взаимодействий*. Это следует из того, что коэффициент пропорциональности c^2 в (8) максимален у скрытой массы, уменьшаясь в оптически плотном веществе соответственно показателю его преломления. По этой причине кулоновские силы слабее гравитационных, тем более что плотность зарядов в веществе ρ_e меньше его плотности ρ . Это делает скрытую массу «топливом Вселенной», поскольку энергия $c^2\Delta M_0$, выделяющаяся при «конденсации» (овеществлении), равна 931,5 МэВ/а.е.м., на порядки меньше тепловыделения термоядерных реакций. Об этом свидетельствует более высокая температура фотосферы.

Находят экспериментальное подтверждение и другие следствия закона гравитации (8): обусловленный градиентом плотности вещества спиральных галактик характер их ротационных кривых, существование автономных зон гравитации у Земли и Луны (гравитационных воронок с различным знаком $\nabla\rho_0$), перетекание вещества с одной галактики на другую (с бóльшим $\nabla\rho$) в отсутствие сближения их центров, концентрическое расположение звёздных скоплений на определённом расстоянии от центральных, свидетельствующее об их гравитационном равновесии, и т.д. [38].

Следствия системно-энергодинамического подхода ставят под сомнение и сценарий возникновения и гибели Вселенной. Вытекающий из анализа известного уравнения вселенной Эйнштейна-Гильберта-Фридмана. Действительно, достаточно было представить это уравнение в форме интеграла по объёму (с учётом пространственной неоднородности Вселенной), как стало бы очевидным, что все следствия из его анализа следовало бы отнести лишь к какой-либо её области. При этом нестационарность Вселенной в целом не вызывала бы никаких сомнений, равно как и противонаправленность и несинхронность процессов в них из-за запаздывания возмущений. Стала бы очевидной и возможность неограниченного временем и пространством функционирования Вселенной, минуя состояние равновесия [39].

Всё вышеизложенное позволяет осуществить синтез фундаментальных дисциплин на единой концептуальной, понятийной и математической основе, минуя обусловленные переходом на постулативный путь развития физики паралогизмы [40].

Литература

1. *Дорохов ИИ*. Системный анализ природных и технологических процессов. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2022. – 313 с.
2. *Пуанкаре А*. Избранные труды. - М.: «Наука», 1974.- с.429-433.
3. *Onsager L*. Reciprocal relations in irreversible processes. //Phys. Rev., 1931. – 237(14). – P.405...426; 238(12). – P.2265...2279.
4. *Де Гроот С., Мазур П*. Неравновесная термодинамика. – М.:Мир, 1964.
5. *Эткин ВА*. Синтез и новые приложения теорий переноса и преобразования энергии: Дисс. ...д-ра техн. наук. М., МЭИ, 1998.
6. *Эткин ВА*. Термокинетика (термодинамика процессов переноса и преобразования энергии). – Тольятти: «Акад. бизнеса, 1999. – 228 с.; *Etkin V*. Thermokinetics (Synthesis of Heat Engineering Theoretical Grounds).- Haifa, «Lulu Inc/ Publ.», 2010.

7. *Эткин В.А.* Энергодинамика (синтез теорий переноса и преобразования энергии) – СПб.; «Наука», 2008.- 409 с.; *Etkin V.* Energodynamics (Thermodynamic Fundamentals of Synergetics).- N.Y., Lulu Inc. Publ., 2011.- 480 p.
8. *Эткин В.А.* Устранение неопределённости понятия энергии //Проблемы науки, 7 (43), 2019. 6-15; *Etkin VA.* Eliminating the uncertainty of the concept of energy. // International Journal of Energy and Power Engineering. 8(3). 2019. 35-44.doi: 10.11648/j.ijep.20190803.
9. *Базаров И.П.* Термодинамика. Изд. 4–е. М.: Высшая школа, 1991.
10. *Эткин В.А.* Синтез основ инженерных дисциплин (энергодинамический подход к интеграции знаний). – Lambert Acad. Publ., Saarbrücken, 2011, 290 с.; *Etkin V.* Energodynamics (Thermodynamic Fundamentals of Synergetics).- New York, 2011.- 480 p.
11. *Эйнштейн А.* Творческая биография // В кн. «Физика и реальность». – М.: «Наука», 1985. – С. 131-166.
12. *Эткин В.А.* Паралогизмы термодинамики. – Saarbrücken: Palmarium Ac. Publ., 2015.
13. *Эткин В.А.* Альтернатива термодинамической энтропии. //Annali d'Italia, 35(2022).47-56; *Etkin VA.* Alternative to the entropy increase principle // The Papers of independent Authors 49(2020).130-145.
14. *Пригожин И.Р.* Введение в термодинамику необратимых процессов. – М.: «Изд-во иностр. лит.», 1960.
15. *Эткин В.А.* Недостающие параметры неравновесности макросистем. // Доклады независимых авторов, 48(2021). 140-146; *V.A. Etkin.* Missing Parameters of Non-Equilibrium Macro system. // Journal of Applied Physics (IOSR-JAP), 13(5).2021.3-10. DOI: 10.9790/4861-1305030310.
16. *Эткин В.* Энтропия или термоимпульс? /В кн. В.А.Эткин «Синтез термостатики и термокинетики», Хайфа, 2020, с. 207-225; *tkin V.A.* Thermoimpulse as a True Extensive Measure of Heat. //Global Journal of Researches in Engineering: G Industrial Engineering, 23(1)2023.21-31.
17. *Эткин В.А. Etkin V.* New methodological principles of non-equilibrium thermodynamics. // The Papers of independent Authors, 37(2016).72-76; *Etkin V.A.* Method of studying linear and non-linear irreversible processes. //Russian Journal of Physical Chemistry, 65(3) 1991.339-343.
18. *Эткин В.А.* К неравновесной термодинамике энергопреобразующих систем // Изв. СО АН СССР. Сер. техн. наук, 6(1990).120...125; *Etkin V.A.* To the non-equilibrium thermodynamics of energy transformation systems. // Soviet. Journal of Appl. Physics, 6(1990).720-725.
19. *Эткин В.А.* Соотношения взаимности обратимых процессов. //Сиб. Физ.–техн. журн., 1(1993). 2117-2121; *Etkin VA.* Reciprocal relations of irreversible processes. // Soviet Journal of Appl. Physics, 1(1993).62-64.
20. *Эткин В.А.* Теория подобия энергетических установок. // Сборник научных трудов «Проблемы теплоэнергетики», Саратов, 2(2012).10-19; *Etkin VA.* To the similarity theory of power plants. //Atti del 49° Congresso Nat. ATI.-Perugia, 4(1994).433-443.
21. *Эткин В.А.* Коррекция и обобщение принципов механики. //Доклады независимых авторов, 51(2021). 84-104; *V.A. Etkin.* Synthesis of Thermodynamics and Continuum Mechanics. //Global Journal of Science Frontier Research: A Physics and Space Science, 22(4).2022. Online ISSN: 2249-4626 & Print ISSN: 0975-5896.
22. *Эткин В.А.* Биполярный закон гравитации. //Доклады независимых авторов, 53(2021). 144-156; *Etkin V.* Gravitational repulsive forces and evolution of universe. // Journal of Applied Physics (IOSR-JAP), 8(6), 2016. 43-49 (DOI: 10.9790/4861-08040).
23. *Шрёдингер Э.* Новые пути в физике. – М.: Наука, 1971.
24. *Etkin V.A.* Роковая ошибка М. Планка. // III International Scientific and Practical Conference «New problems of science and ways of their solution», April 4-5, 2023, Paris. France. Pp. 40-47. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7810249>; *V. A. Etkin.* Plank's Radiation Law as a

- Consequence of Nonequilibrium Thermodynamics. // International Journal of Thermodynamics (IJOT) 22 (4), 2019. 203-206, doi: 10.5541/ijot.611107.
25. *Эткин В.А.* Одиночная волна как истинный квант излучения. // Danish Scientific Journal 64(2022).57-61. /doi.org/10.5281/zenodo.7140125; *Etkin V.A.* Wave as a real quantum of radiation. // World scientific news, **66** (2017), p. 293-300
 26. *Эткин В.А.* Переосмысление основ квантовой механики. // Проблемы современной науки и образования, 12(132).2018, 6-14. DOI с 10.20861/2304-2338-2018-132-003; *Etkin, V.A* Rethinking Quantum Mechanics. //IOSR Journal of Applied Physics (IOSR-JAP),10(6).2018.1-8. DOI: 10.9790/4861-1006010108.
 27. *Эткин В.А.* Коррекция электродинамики с позиций энергодинамики. // Доклады независимых авторов. 34(2015).193-208; *V. A. Etkin.* Correction of Electrodynamics in the Question of the Magnetic Field Work. //Journal of Applied Physics (IOSR-JAP), 9(5). 2017. 71-75 DOI: 10.9790/4861-0905037175.
 28. *Ландау Л.Д., Лившиц Е.М.* Теоретическая физика. Т.8. Электродинамика сплошных сред. – М.,Наука, 1982, с.166.
 29. *Максвелл Дж. К.* Трактат по электричеству и магнетизму. – М.: Наука, 1989, Т.1,2.
 30. *Тесла Н.* Лекции. Статьи. – М., Tesla Print.- 2003. 386 с.
 31. *Эткин В.А.* Альтернатива уравнениям Максвелла. // Österreichisches Multiscience Journal, 5(1).2020.55-62; *V. A. Etkin.* Alternative to the Maxwell Equations. //London Journal of Engineering Research . 20(2)2020.36-45.
 32. *Эткин В.А.* К энергодинамической теории эволюции. // Danish Scientific Journal, 21(1),2019 45-50; *Etkin VA.* Elimination of the Contradiction between Thermodynamics and Evolution. // Global Journal of Science Frontier Research: A Phys. and Space Science, 22(6)2022.45-56.
 33. *Эткин В.А.* К неравновесной термодинамике биологических систем. // Биофизика, 40(3).1995.668-676; *Etkin V.A.* The free energy of biological systems. // Biophysics, 48(4).2003.695-701 (translated from Biofizika, 2003, V.48, N4, pp. 740-746).
 34. *Эткин В.* О диалектическом единстве эволюции и инволюции. /В кн. В.А.Эткин «Нетривиальные следствия энергодинамики», Хайфа, 2020. с. 359-378; *Etkin VA.* New Criteria of Evolution and Involution of the Isolated Systems. // International Journal of Thermodynamics, 21(2). 2018.120-126. doi: 10.5541/ijot.341037.
 35. *Эткин В.А.* Критерии эволюции Вселенной. // Проблемы науки, (2)38, 2019. 5-17; *Etkin VA.* On the Dialectic Unity of Evolution and Involution. //Global Journal of Science Frontier Research: A. Physics and Space Science. 20(10)2020.9-17.
 36. *Эткин В.* О существовании гравитационных сил отталкивания. //Вестник Дома Ученых Хайфы, 2017.-Т.37. С. 33-41; *Etkin V.A.* Generalized Law of Gravitation. // World Scientific News, 74 (2017) 272-279.
 37. *Эткин В.* Энергодинамическая теория гравитации и левитации. /В кн. В.А.Эткин «Нетривиальные следствия энергодинамики», Хайфа, 2020. С. 174-196; *Etkin VA.* Energodynamic theory of gravitation. // Aeronautics and Aerospace Open Access Journal, 3(1).2019. 40 – 44. DOI: 10.15406/aaaj.2019.03.00079.
 38. *Эткин В.* Разрешение загадок Вселенной с позиций энергодинамики. /В кн. В.А.Эткин «Нетривиальные следствия энергодинамики», Хайфа, 2020. с. 408-422; *Etkin V.* Gravitational repulsive forces and evolution of universe. // Journal of Applied Physics, 8(6), 2016. 43-49. (DOI: 10.9790/4861-08040).
 39. *Эткин В.А.* Вечный двигатель Вселенной. // Вестник Дома Ученых Хайфы, 52(2022). 4-19; *V.A. Etkin.* Perpetual Movement of the Universe. //Aeronautics and Aerospace Open Access Journal, 6(2). 2022.29–36.
 40. *Эткин В.А.* Альтернативный путь развития физики. // Вестник Международной академии системных исследований, 25(1).2023.77-89; *V.A. Etkin.* The Way to New Physics. // Journal “Scientific Israel – Technological Advantages”, 23(3,4).2021.193-204.