

ЭНЕРГОДИНАМИЧЕСКАЯ ТРАКТОВКА ЗАКОНОВ ДИАЛЕКТИКИ

Д.т.н., проф. В.Эткин

Показано, что в основе энергодинамики как единой теории процессов переноса и преобразования любых форм энергии лежат известные законы материалистической диалектики, которые предопределяют ее исходные принципы и обеспечивают непреложную справедливость ее следствий

Введение.

Для решения проблем, возникающих в различных областях естествознания, необходима единая теория, позволяющая описать все физические, физико-химические, биофизические, психофизические и тому подобные свойства материального мира. Такая универсальная теория, как подчеркивал А.Эйнштейн, должна быть *теорией принципов*, т.е. устанавливать *систему взглядов*, применимую к различным областям знания, и предлагать единый язык для описания природы явлений. В этом, по его убеждению, ее отличие от *конструктивных теорий* типа механики, термодинамики, гидродинамики и электродинамики, которые основаны на ряде гипотез и постулатов и «сконструированы» для описания отдельных явлений в терминах специфических физических и математических моделей [1].

Суть профессионального метода принципов в понимании его основоположника И.Ньютона (противопоставившего его методу гипотез или «проб и ошибок») состоит в формулировании путём индукции на основе наблюдений и измерений наиболее общих положений, допускающих опытную проверку и многократное воспроизведение результатов. Из них дедуктивным путём в качестве следствий выводятся законы и положения, подлежащие дальнейшей проверке опытом и составляющие физическую теорию [2].

Из известных на сегодняшний день междисциплинарных теорий этим требованиям в наибольшей степени удовлетворяет, на наш взгляд, энергодинамика, изучающая разнообразные явления путем их сведения к процессам переноса и преобразования различных форм энергии [3]. Наилучшим способом убедиться в этом является демонстрация того, как в этой теории реализуются законы диалектического материализма [4] как одного из величайших достижений человеческой мысли.

1. Закон единства и борьбы противоположностей.

Современная критика одного из основных законов материалистической диалектики, утверждающего единство и борьбу противоположностей, основывается главным образом на расплывчатости таких понятий диалектики, как «противоречие», «борьба», «отрицание» и т.п., что воспринимается противниками диалектического материализма как софистика. В связи с этим вполне понятно стремление облечь этот весьма плодотворный закон в строгие математические формы.

Начнем с приложения этого закона к наиболее общим проблемам мироздания. Рассмотрим Вселенную в целом, понимая под ней всю совокупность взаимодействующих (взаимно движущихся) материальных объектов, не разделяя их на вещество (имеющее форму и границы) и межвещественную среду, не придерживаясь при этом какой-либо ее модели (эфир, поле или физический вакуум). Такая система материальных объектов по

определению изолирована, замкнута и закрыта, поскольку вне ее не существует ни материи, ни пространства, т.е. ничего, что могло бы служить источником энергии, силы или вещества. В таком случае в силу известных законов сохранения её энергия Θ , а также большинство экстенсивных параметров ее состояния Θ_i (масса покоя M , числа молей k -х N_k , заряд Q , импульс \mathbf{P} , его момент \mathbf{L} и т.п. остаются неизменными во времени t ($d\Theta/dt = 0$; $dM/dt = 0$; $dQ/dt = 0$; $d\mathbf{P}/dt = 0$; $d\mathbf{L}/dt = 0$). Представляя эти параметры в виде интеграла по объему системы V от их плотности $\rho_i = d\Theta_i/dV$, найдем в условиях его постоянства:

$$d\Theta_i/dt = \int (d\rho_i/dt) dV = 0. \quad (1)$$

Интеграл (1) обращается в нуль в двух случаях: когда во всех элементах объема V изолированной системы $d\rho_i/dt = 0$, т.е. когда соответствующие процессы отсутствуют, и когда знак производных $d\rho_i/dt \neq 0$ хотя бы в некоторых областях изолированной системы противоположен. Такая «противонаправленность» процессов в различных частях наблюдаемой Вселенной является твердо установленным фактом. Он свидетельствует о том, что Вселенная как система неравновесна (пространственно неоднородна). Эта пространственная неоднородность свойственна не только Вселенной в целом, но и ее отдельным областям. Такие подсистемы в общем случае уже не являются изолированными, закрытыми и замкнутыми, т.е. для них законы сохранения энергии, массы, заряда, импульса и его момента в форме (1) уже не применимы. Тем больший интерес представляет убедиться в противонаправленности процессов и в таких системах, если только они пространственно неоднородны. С этой целью разобьем изолированную систему на области с объёмом V' и V'' , в пределах которых плотность $\rho_i(\mathbf{r}, t) = d\Theta_i/dV$ любого экстенсивного параметра системы Θ_i (массы M , энтропии S , заряда Q , числа молей k -х частиц или веществ N_k и т.д.), будучи функцией пространственных координат (радиус-вектора \mathbf{r}) и времени t , больше и меньше средней их величины $\bar{\rho}_i(t) = V^{-1} \int \rho_i dV = \Theta_i/V$. Тогда в силу очевидного равенства $\int \rho_i dV = \int \bar{\rho}_i dV = \Theta_i$ имеем:

$$\Theta_i' + \Theta_i'' = \int [\rho_i'(\mathbf{r}, t) - \bar{\rho}_i(t)] dV' + \int [\rho_i''(\mathbf{r}, t) - \bar{\rho}_i(t)] dV'' = 0, \quad (2)$$

где $\Theta_i' = \int [\rho_i'(\mathbf{r}, t) - \bar{\rho}_i(t)] dV'$; $\Theta_i'' = \int [\rho_i''(\mathbf{r}, t) - \bar{\rho}_i(t)] dV''$ – избыточное и недостающее значение параметра Θ_i в соответствующих частях системы.

Отсюда следует, что и в неизолированной системе имеются *подсистемы* (области, фазы, компоненты), в которых отклонение параметров от их среднего значения $d(\rho_i' - \bar{\rho}_i)$ и $d(\rho_i'' - \bar{\rho}_i)$, а также скорости их изменения $d\Theta_i'/dt$ и $d\Theta_i''/dt$, имеют противоположный знак. Указанная «противонаправленность» имеет место в любой сколь угодно малый промежуток времени dt , так что её нельзя трактовать как результат попеременного изменения знака производных $d\rho_i/dt$ в разные моменты времени.

Предложенное доказательство не зависит от того, остается ли $\bar{\rho}_i$ постоянной или изменяется вследствие обмена между неоднородной системой в целом или её элементом dV с окружающей средой теплом, веществом, импульсом или энергией. Не зависит оно и от того, каков конкретный смысл параметров Θ_i , какова структура и физико-химические свойства системы, скорость протекающих в ней процессов, отлично ли от нуля среднее значение параметра $\bar{\rho}_i$, изменяется ли оно, и т.д. Это позволяет утверждать существование общезначимого принципа противонаправленности процессов, согласно которому «в нестационарных пространственно неоднородных системах всегда имеются процессы, вызывающие

противоположные изменения её свойств» [5]. В изолированных системах такие процессы являются всегда самопроизвольными, независимо от того, приближают ли они систему в целом к равновесию (т.е. являются релаксационными), или удаляют ее от равновесия того или иного рода в результате совершения в ней внутренней работы «против равновесия» (т.е. являются «антирелаксационными»). В последнем случае говорят о «самоорганизации» системы.

Несложно показать, что этот принцип имеет непосредственное отношение к упомянутому выше закону материалистической диалектики, который вскрывает внутренний источник (причину) развития (эволюции или инволюции) системы любой сложности. Таковой оказывается противоположность ее свойств в отдельных частях системы $\rho_i' > 0$, $\rho_i'' < 0$ при $\bar{\rho}_i = 0$ или в более общем случае избыточность $\rho_i' - \bar{\rho}_i > 0$ и недостаточность $\rho_i'' - \bar{\rho}_i < 0$, этого свойства (при $\bar{\rho}_i \neq 0$), т.е. неоднородность системы. При этом под «единством противоположностей» следует понимать сосуществование в любой развивающейся (неоднородной) системе упомянутых выше противоположностей. Именно такого рода противоположности Гегель назвал «противоречиями». В их отсутствие, когда $\rho_i' - \bar{\rho}_i = 0$ и $\rho_i'' - \bar{\rho}_i = 0$, никакие процессы в системе $d(\rho_i' - \bar{\rho}_i)/dt$ и $d(\rho_i'' - \bar{\rho}_i)/dt$ невозможны, ибо под процессом понимается изменение каких-либо ее свойств во времени. Следовательно, под гегелевской «борьбой противоположных сторон» скрывается стремление системы к взаимоуничтожению указанных противоположностей в соответствующем релаксационном процессе.

Таким образом, расплывчатым философским категориям в энергодинамике придается вполне определенный и к тому же общезначимый смысл. Это позволяет рассматривать принцип противоположности процессов как математическое выражение этого закона диалектики.

2. Закон перехода количественных изменений в качественные

В трактовке Ф. Энгельса этот закон диалектики оперирует категориями количества, качества и меры [4]. Чтобы придать этим категориям естественнонаучный смысл, найдем сначала количественную меру неоднородности исследуемой системы. Будем называть процесс создания пространственной неоднородности произвольной системы ее *поляризацией* в самом общем понимании этого термина. С этой целью обратим внимание на то, что суть этого процесса состоит в пространственном разделении центров \mathbf{R}_i' и \mathbf{R}_i'' величин Θ_i' и Θ_i'' , найденных известным образом:

$$\mathbf{R}_i' = (\Theta_i')^{-1} \int (\rho_i' - \bar{\rho}_i) \mathbf{r} dV'; \quad \mathbf{R}_i'' = (\Theta_i'')^{-1} \int (\rho_i'' - \bar{\rho}_i) \mathbf{r} dV'', \quad (3)$$

где \mathbf{r} – бегущая (эйлерова) координата. Поскольку $\Theta_i' = -\Theta_i''$ в силу (2), мы немедленно приходим к выводу о существовании в неоднородных системах некоторого момента распределения \mathbf{Z}_i параметра Θ_i , выражающегося соотношением:

$$\mathbf{Z}_i = \Theta_i' \mathbf{R}_i' + \Theta_i'' \mathbf{R}_i'' = \Theta_i' \Delta \mathbf{R}_i, \quad (4)$$

где $\Delta \mathbf{R}_i = \mathbf{R}_i' - \mathbf{R}_i''$ – плечо диполя, образованного путем разделения в пространстве параметров Θ_i' и Θ_i'' . Таков, в частности, вектор диэлектрической поляризации $\mathbf{Z}_e = \mathbf{P}$, где ρ_e' , ρ_e'' – плотности электрических зарядов разного знака.

В системах, где параметры ρ_i' и ρ_i'' имеют повсюду одинаковый знак, моменты \mathbf{Z}_i удобнее выразить через смещение $\Delta\mathbf{R}_i$ центра величины $\Theta_i = \int \rho_i dV$ системы в целом

$$\mathbf{Z}_i = \Theta_i \Delta\mathbf{R}_i = \int [\rho_i(\mathbf{r}, t) - \bar{\rho}_i(t)] dV. \quad (5)$$

Таков, например, вектор электрического смещения \mathbf{D} . Таким образом, моменты \mathbf{Z}_i характеризуют отклонение системы от состояния внутреннего равновесия i -го рода (термического, механического, электрического, химического и т.п.), что позволяет перейти к описанию поведения поляризованных по любому свойству систем как целого [6].

Поскольку отклонение системы от внутреннего равновесия в процессе поляризации системы требует затраты определенной работы, т.е. увеличения энергии системы \mathcal{E} , в неоднородных системах последняя становится функцией моментов \mathbf{Z}_i . По характеру изменения этих аргументов все протекающие в системе процессы можно разделить на три независимые группы. Первую группу составляют процессы *переноса* Θ_i через границы системы без нарушения ее однородности ($d\Theta_i \neq 0; \Delta\mathbf{R}_i = 0$). К ним относятся процессы равновесного теплообмена, объемной деформации и массообмена, рассматриваемые классической термодинамикой [7], процессы поляризации или намагничивания системы, рассматриваемые термодинамикой сложных (поливариантных) систем [8], а также процессы ускорения относительного поступательного и вращательного движения компонентов (частей) системы, изучаемые электродинамикой [9], механикой сплошных сред [10] и т.п.

Другую (новую) группу составляют процессы *перераспределения* этих параметров Θ_i между различными частями одной и той же системы при сохранении их величины для системы в целом и неизменном направлении базисного вектора \mathbf{e}_i ($d\mathbf{R}_i = \mathbf{e}_i dR_i \equiv d\mathbf{r}_i$ ($d\Theta_i = 0, d\mathbf{r}_i \neq 0$)). Таковы, в частности, колебательные процессы в незамкнутой электрической цепи, например, в диполе Герца.

Третью, также новую группу составляют процессы *переориентации* векторов \mathbf{Z}_i ($d\mathbf{e}_i \neq 0; dR_i = 0$), обусловленные изменением направления вектора смещения $\Delta\mathbf{R}_i$ под действием внешних полей. Поскольку в этом случае изменяются пространственные углы θ_i между векторами \mathbf{Z}_i и неподвижной декартовой системой отсчета ($d\mathbf{R}_i = R_i d\mathbf{e}_i = R_i (d\theta_i \times \mathbf{e}_i) = d\theta_i \times \mathbf{R}_i$), они и служат *координатами* таких процессов, т.е. физическими величинами, изменение которых однозначно свидетельствует о протекании того или иного процесса. Согласно изложенному, в общем случае полная энергия неоднородной системы \mathcal{E} как функция ее состояния имеет вид $\mathcal{E}(\Theta_i, \mathbf{r}_i, \theta_i)$, т.е. характеризуется тремя группами независимых аргументов Θ_i, \mathbf{r}_i и θ_i , где $i=1, 2, \dots, n$ – число независимых составляющих \mathcal{E}_i полной энергии системы $\mathcal{E} = \sum_i \mathcal{E}_i$. Это позволяет придать ее полному дифференциалу $d\mathcal{E}$ вид тождества [3]:

$$d\mathcal{E} \equiv \sum_i \Psi_i d\Theta_i - \sum_i \mathbf{X}_i \cdot d\mathbf{Z}_i - \sum_i \mathbf{M}_i \cdot d\theta_i. \quad (6)$$

где $\Psi_i \equiv (\partial\mathcal{E}/\partial\Theta_i)$ – усредненные по объему интенсивные свойства системы ψ_i (температура T , давление p , химические потенциалы k -х веществ μ_k , скорость \mathbf{v} системы и ее заряда \mathbf{v}_e и т.п.), именуемые *обобщенными потенциалами*; $\mathbf{X}_i \equiv -(\partial\mathcal{E}/\partial\mathbf{Z}_i)$ – интенсивные параметры пространственной неоднородности, именуемые в неравновесной термодинамике «термодинамическими силами в их энергетическом представлении» [11]; $\mathbf{M}_i \equiv -(\partial\mathcal{E}/\partial\theta_i)$ – их моменты.

Смысл термодинамических сил \mathbf{X}_i станет более понятным, если их выразить через силы $\mathbf{F}_i \equiv -(\partial\mathcal{E}/\partial\mathbf{r}_i)$ в их наиболее общем понимании как отрицательного градиента энергии

Θ_i . Поскольку производные $(\partial\Theta_i/\partial\mathbf{r}_i)$ находится в условиях постоянства всех Θ_i , то после внесения последних под знак производной находим, что $\mathbf{F}_i \equiv \Theta_i \mathbf{X}_i$. Таким образом, термодинамические силы $\mathbf{X}_i = \mathbf{F}_i/\Theta_i$ представляют собой удельные (отнесенные к единице переносимой ими величины Θ_i) значения механических, электрических и т.п. сил. Поскольку $\Theta = \sum_i \Theta_i = \sum_i \Psi_i/\Theta_i$ [3], то $\mathbf{X}_i = -(\partial\Psi_i/\partial\mathbf{r}_i) \equiv -\nabla\Psi_i$, т.е. представляют собой усредненные по системе значения отрицательных градиентов потенциала данной формы энергии Θ_i (подобно напряженностям электрического и гравитационного полей [9]).

Таким образом, энергодинамика вслед за введением общефизического понятия меры неоднородности какой-либо системы $\mathbf{Z}_i = \mathbf{Z}_i(\Theta_i, \mathbf{r}_i, \theta_i)$ дает четкое разграничение количественных и качественных мер энергии системы как наиболее общей функции ее состояния. При этом к количественным мерам относятся те параметры системы Θ_i , F_i и M_i , которые зависят от массы системы M как меры количества заключенного в ней вещества, а к качественным

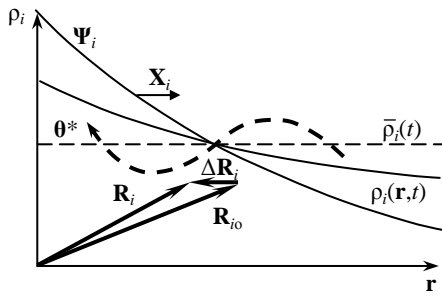


Рис. 1. К образованию момента распределения.

мерам Ψ_i , \mathbf{r}_i и θ_i – параметры, которые, напротив, не зависят от массы M . Так философским категориям количества и качества придается общефизический смысл, позволяющий придать закону перехода количества в качество вполне верифицируемую форму.

С этой целью обратим внимание на моменты $\mathbf{Z}_i = \mathbf{Z}_i(\Theta_i, \mathbf{r}_i, \theta_i)$ как наиболее общие количественные меры i -го свойства системы, определяемые выражением (5). Наглядное представление об этих моментах дает рис.1, на котором изображены кривые произвольного распределения по одному из направлений \mathbf{r} плотности $\rho_i(\mathbf{r}, t) = d\Theta_i/dV$ какой-либо термодинамической величины Θ_i и сопряженного с ней потенциала Ψ_i в момент времени t . Как следует из рисунка, при отклонении распределения Θ_i от равномерного с плотностью $\bar{\rho}_i(t)$ некоторое количество этой величины Θ_i^* переносится из одной части системы в другую в направлении, указанном стрелкой. Такое «перераспределение» экстенсивной величины Θ_i вызывает смещение центра этой величины из первоначального положения \mathbf{R}_{i0} в текущее \mathbf{R}_i . При этом как из рис.1, так и из выражения (5) следует, что при «стягивании» системы в точку ($dV \rightarrow 0$) вектор смещения $\Delta\mathbf{R}_i$ обращается в нуль ввиду $\rho_i \rightarrow \bar{\rho}_i(t)$. Это означает, что параметры пространственной неоднородности $\mathbf{Z}_i = \Theta_i \Delta\mathbf{R}_i$ неаддитивны, т.е. их значение для системы в целом не равно сумме их значений для отдельных частей системы¹⁾. Действительно, при сохранении средней плотности $\bar{\rho}_i(t)$ всех термодинамических параметров системы, с увеличением ее массы M или объема V растет не только величина Θ_i , но и вектор смещения $\Delta\mathbf{R}_i$, что обуславливает нелинейное возрастание параметров \mathbf{Z}_i с увеличением размеров системы. Указанная неаддитивность и является одной из главных причин перехода количества в качество, поскольку с увеличением размеров (объема, массы) неоднородных систем у них появляются новые степени свободы, которые отсутствовали у их элементарных частей. Такие свойства не случайно называют «системообразующими», поскольку именно благодаря им система отличается от беспорядочной совокупности ее частей.

Одним из таких свойств, предопределяющим все остальные, является способность системы к превращению одних форм энергии в другие, т.е. к совершению полезной рабо-

¹⁾ Исключение составляет случай, когда суммируются отдельные «слои» системы с одинаковой величиной $\Delta\mathbf{R}_i$.

ты. Действительно, если система пространственно однородна (т.е. $\Delta \mathbf{R}_i = 0, \mathbf{Z}_i = 0$) и неподвижна ($\mathbf{P}, \mathbf{L} = 0$), то в основном тождестве энергодинамики (6) исчезают 2-я и 3-я суммы, характеризующие работу, совершаемую термодинамическими силами \mathbf{X}_i или их моментами \mathbf{M}_i . Причина очевидна, поскольку энергия такой системы \mathcal{E} перестает зависеть от внешних параметров \mathbf{r}_i и $\boldsymbol{\theta}_i$, т.е. становится внутренней (неупорядоченной) энергией $U = U(\Theta_i)$, которая не может совершать работу без нарушения равновесия с окружающими телами. Лишь с появлением пространственной неоднородности ($\mathbf{X}_i \neq 0, \mathbf{Z}_i \neq 0$) часть энергии системы \mathcal{E} становится упорядоченной (внешней) $E = \sum_i \mathbf{X}_i \cdot \mathbf{Z}_i$. Это позволяет ввести понятие *степени упорядоченности* той или иной формы энергии η_i и системы в целом η соотношением [12]:

$$\eta_i = E_i/\mathcal{E}_i; \quad \eta_\varepsilon = E/\mathcal{E}. \quad (7)$$

Эти выражения характеризуют соотношение качества (превратимости) энергии к ее количеству и поэтому является важнейшей характеристикой любой формы энергии. Согласно ему, степень упорядоченности системы возрастает даже при неизменной величине Θ_i благодаря противонаправленности протекающих в неоднородных системах процессов, поскольку \mathbf{Z}_i в выражении $E_i = \mathbf{X}_i \cdot \mathbf{Z}_i$ возрастает не только с увеличением количества носителя данной формы энергии Θ_i (как и знаменатель), но и с увеличением $\Delta \mathbf{R}_i$ при неизменной величине степени неоднородности X_i . Тем самым выражение (7) отражает опережающее возрастание *качества* энергии по мере увеличения её *количества*. Это и есть наиболее общее математическое выражение диалектического закона перехода количества в качество. Полученный результат показывает, что такой переход осуществляется детерминировано и повсеместно, примером чего может служить процесс «самосборки» биологических систем из элементов с различной степенью неоднородности. Это проливает новый свет на процесс эволюции, которому следует как живой, так и неживой мир.

3. Закон отрицания отрицания

Третий закон материалистической диалектики отражает, по Энгельсу, направленность и характер процесса эволюции. Это находит отражение и в энергодинамической теории эволюции, позволившей сформулировать ее основной закон в форме *принципа выживания*. Указанная теория базируется на использовании критерия упорядоченности энергии (7), согласно которому поведение любой поливариантной системы как целого определяется суммой изменений упорядоченной энергии E всех присущих ей степеней свободы. Для изолированных термодинамических систем ($\mathcal{E} = \text{const}$) в силу закона возрастания энтропии эта степень упорядоченности системы $\eta_\varepsilon = (E/\mathcal{E})$ может лишь убывать. При этом в соответствии с (6):

$$-dE/dt = \sum_i \mathbf{X}_i \cdot \mathbf{J}_i > 0, \quad (8)$$

где $\mathbf{J}_i \equiv d\mathbf{Z}_i/dt$ – обобщенная скорость переноса i -го энергоносителя (вещества, заряда, импульса, энтропии и т.д.), именуемая его *потоком*. В общем случае убывание какой-либо i -й формы упорядоченной энергии системы $-dE_i$ обусловлено как превращением ее в другие упорядоченные формы (т.е. совершением внутренней работы W_i^w против равновесия в

системе), так и ее диссипацией (релаксацией данной степени свободы системы свободы (превращением ее в неупорядоченную (тепловую) энергию). Иными словами, $\mathbf{J}_i = \mathbf{J}_i^w + \mathbf{J}_i^r$, т.е. поток \mathbf{J}_i складывается из скоростей ее обратимого \mathbf{J}_i^w и необратимого \mathbf{J}_i^r преобразования энергии E_i . Предположим теперь, что приближение системы к равновесию происходит только в результате ее релаксации. Тогда согласно (8) время релаксации τ_p , за которое данная система достигнет состояния полного равновесия (где $E = 0$ и все процессы прекращаются) определится интегралом [12]:

$$\tau_p = \int dE / \sum_i \mathbf{X}_i \cdot \mathbf{J}_i^r . \quad (9)$$

Предположим теперь обратное, что в системе отсутствуют необратимые процессы, т.е. $\mathbf{J}_i^r = 0$. Тогда $\tau_p = \int dE / \sum_i \mathbf{X}_i \cdot \mathbf{J}_i^w = \infty$, поскольку $dE = 0$. Следовательно, время «функционирования» (жизни) любой системы колеблется в пределах от τ_p до ∞ в зависимости от степени необратимости процессов $\sum_i \mathbf{J}_i^r / \sum_i \mathbf{J}_i$, увеличиваясь по мере ее уменьшения. Отсюда следует, что протекание в неоднородной системе «антирелаксационных» процессов ($\mathbf{J}_i^w = \mathbf{J}_i^r$), с необходимостью вытекающее из принципа противонаправленности, увеличивает время «жизни» биосистемы. Поскольку же противоположные релаксационным процессы относятся к структурообразующим, любые процессы упорядочивания системы, её усложнения (повышения числа степеней свободы) также оказываются направленными на увеличение продолжительности жизни системы. Здесь и находится ключ к пониманию общей направленности эволюции биологической системы, понимаемой как переход от простого к сложному. Такая направленность эволюции не является самоцелью или чем-то, навеянным высшим разумом или дарвиновской «борьбой за существование» – достижение максимальной продолжительности жизни биосистем является следствием чисто физических причин, отраженных в принципе противонаправленности процессов. Вместе с тем такую «отсрочку» наступления равновесия в объектах живой и неживой природы можно вполне отнести и к третьему закону диалектики, поскольку любые релаксационные явления можно рассматривать как отрицание эволюции (инволюцию), в то время как возникновение антидиссипативных процессов – как отрицание самого этого отрицания. Такое отрицание эволюцией естественных с точки зрения 2-го закона термодинамики процесса инволюции настолько близка дарвиновской идее «выживания», что сам «принцип выживания», согласно которому «эволюционные процессы, возникающие в биологических системах, направлены в сторону увеличения продолжительности их жизни», можно считать следствием этого закона.

4. Обсуждение результатов.

Приложение законов материалистической диалектики к естественнонаучным дисциплинам предъявляет к их теоретической базе новые, не вполне осознанные ранее требования. Выясняется, прежде всего, что объектами исследования этих дисциплин должны стать пространственно неоднородные среды, поскольку в противном случае в них исчезают те «противоположности», которые являются причиной возникновения в них каких-либо процессов. Хотя это положение признавалось многими научными дисциплинами и в термодинамике даже именовалось ее «общим началом», фактически все они явно или не-

явно прибегали к «гипотезе локального равновесия» И. Пригожина, которая предполагает наличие равновесия в элементах континуума (несмотря на отсутствие в них необходимого признака равновесия – прекращения каких-либо макропроцессов); возможность описания их состояния тем же набором параметров, что и в равновесии (несмотря на фактическое использование дополнительных переменных – термодинамических сил) и справедливость для этих элементов основного уравнения равновесной термодинамики (несмотря на неизбежный переход его в неравенство в случае необратимых процессов) [13]. Хотя такой подход во многих случаях упрощает описание, он исключает из рассмотрения 2-ю и 3-ю суммы энегродинамического тождества (6) и тем самым лишает возможности анализировать внутренние причины возникновения тех или иных процессов в указанных элементах объема, вынуждая рассматривать их как лишенные внутренней структуры «частицы». Особенно далекими от диалектики оказываются при этом корпускулярные теории, лишаящие такие частицы и процессы с их участием неотъемлемых свойств любого материального объекта – его протяженности в пространстве и времени.

Не менее опасным оказывается отказ многих естественнонаучных теорий от другого закона диалектики – перехода количества в качество. Этот отказ проявляется в стремлении ряда дисциплин оперировать исключительно интенсивными переменными. Такова, в частности, теория электромагнитного поля, параметры которого **E** и **D**, **H** и **B** – интенсивные величины¹⁾. Между тем свойства системы бесконечно малого dV и конечного V объема различны в той же мере, что и свойства однородных и неоднородных сред. Действительно, отмеченная выше «противонаправленность» процессов не свойственна элементам объема, рассматриваемым как однородные. Это означает наличие у неоднородных сред новых свойств, которыми не обладала любая их однородная часть. Такие дополнительные свойства называет обычно «системообразующими». Эти свойства заведомо неаддитивны, т.е. их нельзя отразить путем «суммирования» изменений параметров Θ_i в различных частях системы. Наглядным примером неаддитивности демонстрируют моменты распределения Z_i , которые по мере «стягивания» системы в точку обращаются в нуль, в отличие от параметров Θ_i , которые в аналогичной ситуации определяют отличную от нуля плотность этой величины. Таковы вообще все противоположные свойства, о которых говорит основной закон диалектики, поскольку они при суммировании взаимно компенсируются. Это имеет непосредственное отношение к традиционному индуктивному методу исследования сплошных сред «от части к целому». При этом система дробится на бесконечно малые элементы объема с целью упрощения дифференциальных уравнений для каждого из них в надежде перейти затем к свойствам системы в целом путем нахождения подходящих интегралов. Такой подход заведомо не может выявить и отразить системообразующие свойства объекта исследования. Осознание того, что «физические явления перестают подчиняться законам, которые можно выразить с помощью дифференциальных уравнений» явилось, по утверждению А. Пуанкаре «самым большим потрясением, которое испытала физика со времен Ньютона» [14]. Выходом из положения может быть только переход к исследованию систем «от целого к части». Такова основная особенность и необходимость системного подхода как разновидности дедуктивного метода исследования. Наглядным проявлением преимуществ такого подхода является возможность выделения и описания утроенного по сравнению с равновесной термодинамикой числа независимых процессов в

¹⁾ Это достигается рассмотрением в качестве объекта исследования системы единичного объема, хотя в различных системах единиц этот «единичный» объем может достигать внушительных размеров.

основном тождестве энергодинамики (6). Результатом является возможность охватить ее методами все виды «динамик», включая механодинамику и термодинамику, гидрогазодинамику и электродинамику.

Столь же важен для научной постановки исследования оказывается и закон отрицания отрицания, который обычно иллюстрируется примерами, мало относящимися к существу дела. Будучи в ряде отношений следствием основного закона диалектики, этот закон акцентирует внимание исследователя на необходимости учета всех присущих исследуемой системе степеней свободы, поскольку эволюция системы в целом определяется характером и направлением всех действующих в ней сил. Это выдвигает задачу нахождения для каждой исследуемой системы необходимого и достаточного числа аргументов энергии как наиболее общей функции ее состояния. Такому требованию в энергодинамике отвечает «принцип адекватности» математической модели системы, который позволяет избежать «недоопределения» или «переопределения» системы²⁾, являющихся главным источником методологических ошибок и парадоксов современных теорий [15].

Таким образом, все три закона материалистической диалектики находят свое достаточно общее воплощение в принципах энергодинамики, которая в отличие от феноменологических и конструктивных (в классификации А. Эйнштейна) дисциплин становится междисциплинарной *теорией принципов*.

Литература

1. *Фельдман И.И.* Эйнштейновский метод принципов. Деп. ИНИОН АН СССР №3207 от 01.03.1979.
2. *Ньютон И.* Оптика или трактат об отражениях, преломлениях, изгибаниях и цветах света. — М.: Гостехиздат, 1954.
3. *Эткин В.А.* Энергодинамика (синтез теорий переноса и преобразования энергии). С-П.: «Наука», 2008, 409 с.
4. *Энгельс Ф.* Диалектика природы. — М.-Л.: ГСЭИ, 1931.
5. *Эткин В.А.* Принцип противонаправленности процессов. <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/12063.html>. 9.06.2012.
6. *Эткин В.А.* Параметры пространственной неоднородности неравновесных систем vixra.org. 1205.0087v1. 22.05.2012.
7. *Базаров И.П.* Термодинамика. Изд. 4-е. М.: Высшая школа, 1991.
8. *Сычев В.В.* Сложные термодинамические системы. — М.: Энергия, 1970.
9. *Максвелл Дж. К.* Трактат по электричеству и магнетизму. — М.: Наука, 1989, Т.1,2.
10. *Лойтянский Л.Г.* Механика жидкости и газа. — М., Наука, 1978. 736 с.
11. *Дьярмати И.* Неравновесная термодинамика. Теория поля и вариационные принципы. — М.: Мир, 1974, 304 с.
12. *Эткин В.А.* К энергодинамике биологических систем. http://samlib.ru/editors/e/etkin_w_a/kenergodynamikebiologicheskisistem.shtml. 28.03.2005.
13. *Пригожин И.* Время, структура и флуктуации (нобелевская лекция по химии 1977 года). // Успехи физических наук, 1980. — Т. 131. — С.185...207. есс, 1986.
14. *Пуанкаре А.* // Избранные труды. — М.: «Наука», 1974.- С.429-433.
15. *Etkin V.A.* Methodological principles of modern thermodynamics. [//arxiv.org/abs/1401.0550](http://arxiv.org/abs/1401.0550). 02.01.2014

²⁾ т.е. попыток описать ее недостающим или избыточным числом параметров состояния.

